



Universidad Nacional  
de La Matanza

# 2018 - 2021

ANUARIO

RESÚMENES EXTENDIDOS

**DIIT**

Departamento de Ingeniería e  
Investigaciones Tecnológicas

## **Autoridades UNLaM**

*Rector/*

Prof. Dr. Daniel Eduardo Martínez

*Vicerrector/*

Dr. Fernando Luján Acosta

*Vicerrector Ejecutivo/*

Mag. Gustavo Duek

*Decano Dto. de Ciencias Económicas/*

Dr. Alejandro Martínez

*Decano Dto. de Derecho y Ciencia Política/*

Dr. Luis Busnelli

*Decana Dto. de Humanidades y Ciencias Sociales/*

Lic. Cecilia Viviana Laclau

*Decano Dto. de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas/*

Mag. Gabriel Blanco

*Decana Dto. de Ciencias de la Salud/*

Dra. Fabiana Lartigue

*Vicedecana Dto. de Ciencias Económicas/*

Mag. Romina Kabobel

*Vicedecano Dto. de Derecho y Ciencia Política/*

Dr. Luis Alberto Deuteris

*Vicedecano Dto. de Humanidades y Ciencias Sociales/*

Mag. Carlos Roba

*Vicedecano Dto. de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas/*

Mag. Jorge Eterovic

*Vicedecano Dto. de Ciencias de la Salud/*

Dr. Mario Elmo

*Secretario General/*

Lic. Sebastián Garber/

*Secretaria Académica/*

Mag. Ana Bidiña

*Secretario de Ciencia y Tecnología/*

Lic. Juan Pablo Piñeiro

*Secretario de Extensión Universitaria/*

Lic. Roberto Luis Ayub

*Secretario Administrativo/*

Cdor. Leonardo Minoli

*Secretario de Informática y Comunicaciones/*

Mag. Ing. Osvaldo Mario Sposito

*Secretario Legal y Técnico/*

Dr. Sergio Olivar

*Secretaria Técnica/*  
Dra. María Mercedes González

*Pro Secretaria General/*  
Lic. Ana María Turdó

*Pro Secretaria Académica/*  
Lic. Yanina Martínez

*Pro Secretario de Ciencia y Tecnología/*  
Cdor. Adrián Sancci

*Pro Secretario de Extensión Universitaria/*  
Lic. Nicolás Martínez

*Pro Secretario Administrativo/*  
Cdor. Mariano Guerra

*Pro Secretario de Informática y Comunicaciones/*  
Ing. Claudio D'amico

*Pro Secretario de Planeamiento y Control de Gestión/*  
Dr. Federico Faggionato

*Decana Escuela de Formación Continua/*  
Dra. María Victoria Santorsola

*Decano de Escuela de Posgrado/*  
Dr. Rubén Marx

*Decana de Escuela de Artes y Medios de Comunicación/*  
Mag. Lorena Turriaga

*Vicedecano de Escuela de Formación Continua/*  
Dr. José Paquez

*Vicedecano de Escuela de Posgrado/*  
Dr. Cristian Javier Cabral

*Vicedecano de Escuela de Artes y Medios de Comunicación/*  
Lic. Ariel Dell'Aquila

*Director Instituto de Cooperación Internacional/*  
Mag. Federico Scremin

*Director Instituto de Medio Ambiente/*  
Dr. Mariano Jäger

*Director Instituto de Transferencia Servicios y Téc./*  
Dr. Alejandro Sánchez

*Director Instituto de Ciencias Jurídicas/*  
Dr. Jorge Rodríguez

*Secretario Instituto de Ciencias Jurídicas/*  
Dr. Franco Fiumara

*Auditor Titular Interno/*  
Cdra. Beatriz Rodríguez

## **Autoridades DIIT**

*Decano Dto. de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas/  
Mag. Gabriel Blanco*

*Vicedecano Dto. de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas/  
Mag. Jorge Eterovic*

*Secretario Académico/  
Ing. Santiago Igarza*

*Secretaria de Investigaciones/  
Dra. Bettina Donadello*

*Secretaria Administrativa y de Extensión/  
Cdora. Mariángeles Vanesa Gallo*

*Coordinadora Ingeniería Informática/  
Ing. Andrea Vera*

*Coordinador Ingeniería Electrónica/  
Ing. Hugo Tantignone*

*Coordinador Ingeniería Industrial/  
Ing. Mauro Vidal*

*Coordinador Ingeniería Civil/  
Ing. Fabián Montero*

*Coordinador Arquitectura/  
Arq. Juan Enrique Amoroso*

*Coordinador Ingeniería Mecánica/  
Ing. Guillermo Rodofile*

*Coordinadora Tecnicatura en Desarrollo Web/  
Mg. Cintia Gioia*

*Coordinadora Tecnicatura en Desarrollo de Aplicaciones Móviles/  
Mg. Cintia Gioia*

*Coordinador Tecnicatura en Electrónica. Orientación Sonido y Grabación/  
Ing. Alejandro Fourcade*

Donadello, Bettina Laura

Anuario de investigaciones : resúmenes extendidos 2018-2021 / Bettina Laura Donadello. - 1a ed - San Justo : Universidad Nacional de La Matanza, 2023.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-8931-73-9

1. Anuario. 2. Ingeniería. I. Título.

CDD 620

### **Comité editorial**

#### **Compiladora**

Bettina Laura Donadello

#### **Responsable de edición**

Cecilia Gargano

#### **Editor**

Alfredo Vazquez

#### **Equipo Técnico**

Elida Contreras

Natalia Cacherosky

Natalia Salcovsky

#### **Diseñadora**

Yamila Tesolin

© Universidad Nacional de La Matanza, 2023

Florencio Varela 1903 (B1754JEC)

San Justo / Buenos Aires / Argentina

[www.unlam.edu.ar](http://www.unlam.edu.ar)

Diseño: Editorial UNLaM

Hecho el depósito que marca la ley 11.723

Prohibida su reproducción total o parcial

Derechos reservados

**ANUARIO DE INVESTIGACIONES  
RESUMENES EXTENDIDOS  
2018-2021**



**1989 - 2023**

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA E  
INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA MATANZA

<http://www.unlam.edu.ar>

email: [investigacionesDIIT@unlam.edu.ar](mailto:investigacionesDIIT@unlam.edu.ar)

1 de julio 2023

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA MATANZA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA E INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS**

**Comité de Lectura Científico Tecnológico**

Ing. Alfredo Vazquez

Dra. Alicia Mon

Mg. Gladys Kaplan

Mg. Osvaldo Sposito

**Compiladora**

Dra. Bettina Laura Donadello

**Responsable de edición**

Esp. Cecilia Gargano

**Editor** Ing. Alfredo Vazquez

# PRÓLOGO

El propósito de esta publicación es el de difundir en el ámbito de la Universidad Nacional de La Matanza, las actividades que sobre investigación se están llevando a cabo en el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas. Se tiene confianza que un alto porcentaje de estas investigaciones resulte exitoso. Este libro es de carácter informativo y en él, se sintetizan los proyectos de investigación que se están desarrollando en el ámbito del Departamento los cuales abarcan un amplio espectro, integrando diferentes disciplinas científico-tecnológicas y complementarias que se extiende a la ciencia, la tecnología, la didáctica, modalidades y métodos de enseñanza, ciencias sociales, derecho, enfoques jurídicos, economía, cibernética y se puede extender a las más variadas formas del conocimiento, todas ellas de fundamental importancia en la formación académica del profesional de nuestras carreras.

Siendo su finalidad la divulgación de los trabajos, se evita en ellos generar dificultades de comprensión para el lector y proporcionar un panorama que le aporte una visión general y básica, estando exentos de desarrollos matemáticos complejos o detalles tecnológicos dificultosos para ser interpretados y comprendidos por interesados en el tema, aún por lectores ajenos a nuestro ámbito, quienes podrán, en caso de interesarse, solicitar ampliación o detalles a la Secretaría de Investigaciones del Departamento o al Director del Proyecto e intercambiar diálogo con los investigadores a cargo del mismo.

La importancia de la investigación condujo a los avances de la informática y las comunicaciones, lo cual paulatinamente nos lleva a formar una sociedad internacional unificada, tanto en lo tecnológico como en lo social y lo cultural.

Si bien se tiene confianza que un aceptable porcentaje de las investigaciones que se están llevando a cabo en el Departamento de Ingeniería de UNLaM resulte exitoso, el éxito puede alcanzarse cuando los resultados son positivos y los conocimientos o los avances alcanzados por los equipos de investigación son difundidos debidamente a través de publicaciones en revistas de su especialidad, en anuarios, exposiciones, congresos, jornadas, simposios, libros específicos, páginas informáticas o cualquier otro medio de conocimiento público.

Actualmente el Departamento cuenta con investigadores de buen nivel que están colaborando con destacados directores a cargo de la confección y seguimiento de los proyectos de investigación que corresponden a las diferentes disciplinas ya citadas.

Por último, queremos agradecer a nuestro Señor Rector, Dr. Daniel Martínez, a otras autoridades de la Universidad y a todos aquellos que colaboraron, ya sea en lo económico, entrega de información, acercamiento de bibliografía o de cualquier otra manera, en alguno de los proyectos que menciona este compendio para llevar adelante los proyectos desarrollados y los que se encuentren en etapas de desarrollo.

Mg. Gabriel Blanco  
Decano

Mg. Jorge Eterovic  
Vicedecano

Ing. Alfredo E. Vázquez



# ÍNDICE

PRÓLOGO .....	7
---------------	---

## TECNOLÓGICOS

ANÁLISIS DE MICRO HIDRO TURBINAS TIPO GORLOV (C-228).....	13
ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO, TÉCNICO Y LEGAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y GESTIÓN DE UN LABORATORIO DE INFORMÁTICA FORENSE EN EL DIIT (C2-ING-073) .....	17
CIENCIA DE DATOS APLICADA AL DIAGNÓSTICO Y SEGUIMIENTO DE LA ENFERMEDAD DE PARKINSON (C224).....	23
COMANDOS DE VOZ Y RECONOCIMIENTO FACIAL PARA APLICACIONES DE REALIDAD AUMENTADA (C-231) .....	29
COMUNICACIÓN INALÁMBRICA DE BAJA ENERGÍA PARA APLICACIONES ELECTROMÉDICAS (C2-ING-061).....	35
CRITERIOS DE DISEÑO EN REDES DE MICRO DRENAJE URBANO (C2-ING-057)	39
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA EXPERTO COMO APOYO AL PROCESO DE DESPACHO DE TRÁMITES DE UN ORGANISMO JUDICIAL (C236/PII).....	46
DISPOSITIVO DE ASISTENCIA DE PERSONAS MEDIANTE MONITOREO Y ANÁLISIS DE DATOS EN LA NUBE (C2-ING-056).....	53
ENTORNO DE INTEGRACIÓN CONTINUA PARA VALIDACIÓN DE SISTEMAS EMBEBIDOS DE TIEMPO REAL (C2-ING-067) .....	60
EVALUACIÓN Y MONITOREO DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO EN EL SECTOR INDUSTRIAL DE LA MATANZA (C221) .....	65
EXPLOTACIÓN DE DATOS DEL MICROBIOMA DE PACIENTES CON CÁNCER COLO-RECTAL (C220).....	71
FACTIBILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA DE LA OBTENCIÓN DE ÁCIDO POLILÁCTICO A PARTIR DEL LACTOSUERO RESIDUAL DE LA INDUSTRIA LECHERA (C2-ING-058).....	78
HABITACION: REHABILITACION ESTRATEGIAS, ACCIONES Y PRODUCTOS (C2-ING-055) .....	84
INTERACCIÓN ENTRE SISTEMAS BASADOS EN IOT Y REDES DE DATOS DUAL STACK (C2-ING059).....	90

INTERNET DE LAS COSAS EN MINIBOYAS AMBIENTALES (C232).....	96
INTERNET DE LAS COSAS Y SUS APLICACIONES EN LAS CIUDADES INTELIGENTES (C207).....	103
MODELACION DE ACCION VIENTO Y NIEVE SOBRE ESTRUCTURAS EN CASO DE CLIMA EXTREMOS (C2-ING-072) .....	109
OPTIMIZACIÓN DE MICRO HIDRO TURBINAS POR APLICACIÓN DEL EFECTO VENTURI (C-208).....	115
POSIBILIDADES DEL RECURSO EÓLICO EN ÁREA URBANA DEL PARTIDO DE LA MATANZA (C2-ING-053) .....	122
RESOLUCIÓN EFICIENTE DE LA DESCOMPOSICIÓN EN VALORES SINGULARES EN UNA ARQUITECTURA HÍBRIDA Y SU POSTERIOR INSERCIÓN EN UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE INFORMACIÓN (C225) .....	129
SISTEMAS DE SEGMENTO TERRENO SATELITAL DE PRÓXIMA GENERACIÓN (C211).....	136
VIRTUALIZACIÓN DE FUNCIONES DE RED (C210).....	141

### **PEDAGÓGICOS**

ANÁLISIS Y PROPUESTAS SOBRE LA INFLUENCIA DEL USO DE LA GAMIFICACIÓN Y HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN CONTINUA EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE EN “PROGRAMACIÓN AVANZADA” (C216) .....	147
COMPETENCIAS LINGÜÍSTICAS PREVIAS EN INGLÉS: UNA ACCIÓN DE DOCENCIA Y VINCULACIÓN ENTRE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA Y LA UNIVERSIDAD (C227) .....	153
DISPOSITIVO MÓVIL COMO RECURSO DIDÁCTICO EN LA ENSEÑANZA DE ANÁLISIS MATEMÁTICO (C212) .....	159
GAMIFICACIÓN PARA LA EVALUACIÓN CONTINUA (C2-062-ING) .....	163
RECURSOS DIDÁCTICOS CON TECNOLOGÍA EN MATEMÁTICA Y RENDIMIENTO ACADÉMICO (C229) .....	169
VISUALIZACIÓN DE ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS EN ENTORNOS GAMIFICADOS (C233).....	174

# TECNOLÓGICOS

---



# ANÁLISIS DE MICRO HIDRO TURBINAS TIPO GORLOV (C-228)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

**Director:** Mg. Eterovic, Jorge E. e-mail: [jeterovic@unlam.edu.ar](mailto:jeterovic@unlam.edu.ar)

**Co-Director:** MgFauroux, Luis E. e-mail: [lfauroux@unlam.edu.ar](mailto:lfauroux@unlam.edu.ar)

**Integrantes:**

**Investigadores**

Degaetani, Omar J.

González, Ricardo

Pirker, Elizabeth Silvia

**Investigador Externo**

Rinaldi, Pablo

**Alumnos Ad-Honorem**

Capeans, Mariano E.

Moscato, Néstor A.

Vázquez, Juan P.

### Síntesis del contenido:

Este trabajo se encuentra enmarcado dentro una línea de investigación sobre la aplicación del efecto Venturi en general. La primera etapa consistió en la simulación de micro turbinas hidráulicas std en gabinetes no std, y en una segunda etapa montadas en gabinetes de geometría simple. Ambos trabajos de desarrollo teórico, dadas las dificultades para poder acceder e implementar una turbina de esas características en ríos de llanura, debido a la velocidad de los mismos. Las turbinas micro hidráulicas son una opción para la obtención de energía limpia, mediante una corriente de agua. Si el curso de agua, sobre el que se colocan, es de régimen permanente o con fluctuaciones dentro de sus especificaciones, entonces serán una fuente continua de electricidad. Se trata de dispositivos simples, de baja potencia. El presente trabajo tomó aquellas de hasta 1 kw. Si bien existen, en el mercado, algunas que alcanzan los 6 kw, éstas tienen un diámetro considerablemente mayor, lo que implica mayor requisito en la profundidad del cauce, restringiendo los posibles beneficiarios.

**Palabras clave:** Turbinas, Hidráulicas, Gorlov

### Problemática a resolver:

El estudio busca dar una solución alternativa para localidades alejadas del suministro de red. Locaciones que no disponen del servicio eléctrico por el costo que supone, ya sea derivar líneas de tensión para abastecer comunidades urbanas de escasa población, por un lado, de difícil acceso por otro, y el impacto ambiental que resulta de atravesar ecosis-

temas con tendidos eléctricos en zonas protegidas. Puntualmente el trabajo se focaliza en la zona de El Soberbio, Misiones, localidad cercana a los Saltos del Moconá.

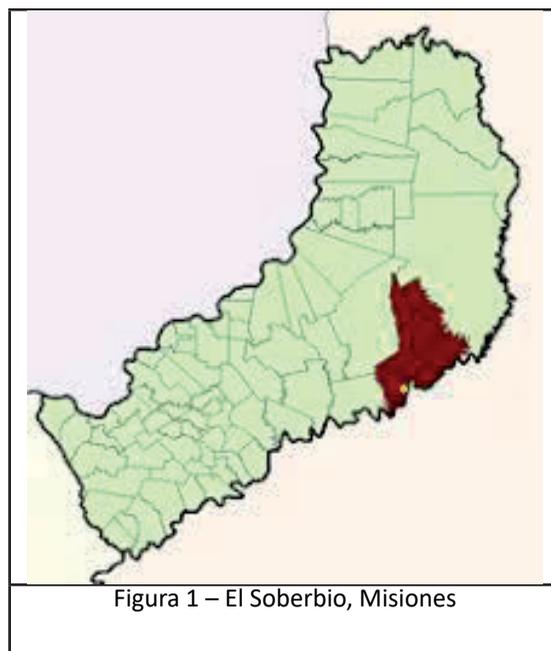


Figura 1 – El Soberbio, Misiones

Las turbinas estudiadas son dispositivos simples y de baja potencia. Si bien existen en el mercado, algunas tienen un diámetro considerablemente alto, lo que implica mayor requisito en la profundidad del cauce, restringiendo el abanico de posibles beneficiarios. La problemática radica en que todo objeto que se interponga a un flujo genera turbulencia, así el agua fluirá por el camino que menor resistencia oponga. La turbulencia actúa como un efecto “tapón” para el ingreso del fluido en la turbina, lo que implica que, respecto la velocidad del flujo de agua, la velocidad dentro de la turbina será sensiblemente menor, y por lo tanto su rendimiento. Como es de esperar, todo equipo tiene especificaciones técnicas, siendo relevantes para este proyecto sus dimensiones físicas, y la velocidad mínima requerida por parte de la vía fluvial.

### **Metodología del trabajo desarrollado:**

La implementación de microturbinas hidráulicas es una alternativa evaluada, por barrios cerrados y/o clubes ribereños, para la obtención de energía limpia, y de bajo costo. Sin embargo, la eficiencia de una turbina flujo es afectada por la turbulencia que se genera a su entrada, la que actúa como un efecto “tapón” para el ingreso del fluido. La incorporación de una segunda carcasa produciría un efecto Venturi, provocando una depresión aguas abajo, la que se traduce en una succión dentro la turbina, y el consiguiente incremento en la velocidad de paso. El beneficio de esta implementación es una mejor relación costo-beneficio en la producción de energía. La dimensión de la turbina entonces es, indirectamente, una función de la velocidad del curso de agua, y la profundidad de su cauce.

Se utilizaron las ecuaciones de Navier-Stokes para describir los fenómenos en mecánica de fluidos. Las fuerzas internas son producto de la presión y la viscosidad del fluido. El contorno del dominio del fluido se asume como una superficie cerrada y suficientemente regular. Así, el flujo dependiente del tiempo de un fluido viscoso e incompresible está go-

bernado por el balance de momentos. Se asignaron, un valor de velocidad a una porción del contorno, y la tracción del contorno en la porción complementaria. No se requiere condiciones iniciales para la presión del fluido, ya que no existe derivada de tiempo. La presión está presente mediante su gradiente, y determinada por una constante arbitraria, es usual imponer la presión promedio, o el valor en un punto, para definir de manera única el campo de presión. En el planteo numérico de un flujo newtoniano, el tensor de esfuerzo, y el de deformación del fluido, están linealmente relacionados, agregando la condición de incompresibilidad se obtiene la ley de Stokes, por lo que la presión tiene una interpretación puramente mecánica. La forma adimensional de las ecuaciones de Navier-Stokes se obtiene reemplazando la viscosidad cinemática por la inversa del número de Reynolds ( $Re$ ).

En los estudios anteriores se ha confirmado que todo objeto que se interponga a un flujo genera turbulencia, y el agua fluirá por el camino que menor resistencia oponga. La turbulencia actúa como un efecto “tapón” para el ingreso del fluido en la turbina, lo que implica que, respecto la velocidad del flujo de agua, la velocidad dentro de la turbina será sensiblemente menor, y por lo tanto su rendimiento. La distribución seleccionada, corresponde a la simulación de la variación de la turbina Gorlov horizontal, su montaje supone agregar dificultades de construcción.

### **Desarrollo y resultados obtenidos:**

Se probó el prototipo en diciembre 2021, momento en el que se pudo corroborar la factibilidad de la propuesta, aunque se observaron problemáticas de diseño que se pueden salvar y que darán lugar a la continuación del proyecto. Se detectó la necesidad de colocar baffles que permitieran el redireccionamiento del flujo, de manera tal que acometa a la turbina en una forma angular respecto de la axial propuesta originalmente. También se detectó que la cantidad de álabes dispuestos puede aumentarse, y que el generador elegido requiere de una mayor velocidad del cauce.

### **Conclusiones.**

El prototipo respondió conforme su diseño. detectándose que mejora su eficiencia al aumentar el ángulo de incidencia del flujo sobre los álabes. Asimismo, se comprobó que la resistencia al flujo es menor con una menor cantidad de álabes y que la producción de energía aumentaría con una mayor cantidad de baffles. Por último, dado que se probó el prototipo en un período de bajos caudales en los arroyos, la velocidad del cauce no fue la suficiente para alcanzar el requerimiento óptimo del generador, por lo que se sugiere reemplazarlo por un generador a menor cantidad de revoluciones por minuto.

### **Publicaciones y/o transferencias empleadas:**

1. Luis E. Fauroux, Jorge E. Eterovic, Omar J. Degaetani. El efecto Venturi y su incidencia en el rendimiento de turbinas micro-hidráulicas. Revista Digital del Departamento de Ingeniería y Investigaciones Tecnológicas. Vol 3, N° 1, Julio 2018. ISSN 2525-1333

2. Jorge E. Eterovic, Luis E. Fauroux, Omar J. Degaetani, Ricardo G. Aplicación teórica del efecto Venturi en micro turbinas hidráulicas. VI Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica. San Miguel de Tucumán, Argentina. Octubre 2018. ISBN 978-987-46987-0-4
3. Luis E. Fauroux, Pablo Rinaldi, Jorge E. Eterovic. Simulación del efecto Venturi en una micro turbina hidráulica montada en gabinetes de geometría imple. X Congreso Argentino de Ingeniería Química. Santa Fe, Argentina. Agosto 2019. ISSN 1850-3519 / ISSN 1850-3500
4. Luis E. Fauroux, Pablo Rinaldi, Jorge E. Eterovic. Simulación del efecto Venturi sobre una turbina microhidraulica tipo Gorlov. XII Congreso Argentino de Ingeniería Industrial. Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina. Noviembre 2019. ISBN en trámite.

### **Bibliografía Utilizada**

- Landau, L. D.; Lifshitz, E. M. (1987). Fluids Mechanics. Pergamon Press.
- Giles, Ranald V. (1974). Mecánica de los Fluidos e Hidráulica. MacGraw-Hill, 2nd Ed, Serie Schaum.
- Donea, J.; Huerta, A. (2003). Finite Element Method for Flow Problems. John Wiley & Sons Ltd.
- Zienkiewics, O.C.; Taylor, R. L. (2000). The Finite Element Method, The Basis. Butterworth-Heinmann, 5th edición.
- Zienkiewics, O.C.; Taylor, R. L. (2000). The Finite Element Method, Vol3, Fluid Dynamics. Butterworth-Heinmann, 5th edición.
- Eterovic, Jorge E.; Fauroux, Luis E.; Degaetani, Omar J. (2018). Aplicación teórica del efecto Venturi en micro turbinas hidráulicas. VI Congreso de Ingeniería Mecánica. San Miguel de Tucumán.
- Fauroux, Luis E., Rinaldi, Pablo; Eterovic, Jorge E. (2019). Simulación del efecto Venturi en una microturbina hidráulica montada en gabinetes de geometría simple. X Congreso Argentino de Ingeniería Química. Santa Fe.
- Baranger, D.; Barney, E.; Fogeler, M. R. (1997). Guía metodológica para la implementación de pequeños emprendimientos hidráulicos. Investigación y Desarrollo. Imagen Año 2, N° 3 y 4. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones.

# ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO, TÉCNICO Y LEGAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y GESTIÓN DE UN LABORATORIO DE INFORMÁTICA FORENSE EN EL DIIT (C2-ING-073)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

**Director:** Mg. Ing. Cintia Verónica Gioia e-mail: [cgioia@unlam.edu.ar](mailto:cgioia@unlam.edu.ar)

**Co-Director:** Mg. Lic. Nora Gigante e-mail: [ngigante@unlam.edu.ar](mailto:ngigante@unlam.edu.ar)

**Integrantes:**

**Investigadores**

**Dr. Allonca, Juan Cruz González, Ing. Krajnik, Mario Juan,  
Mg. Lic. Ureta, Walter, Lic. Zárate, Emiliano Alejandro**

**Alumnos Ad-Honorem**

**Bonavento, Sergio Gabriel  
Saldaña, Fernando Ezequiel**

### Síntesis del contenido:

En vista a los acontecimientos delictivos informáticos y el propio devenir tecnológico es crucial disponer de Laboratorios de Informática Forense que brinden servicios profesionales complejos y que dispongan de multiplicidad de equipamiento y tecnologías. La diversidad de tecnologías y el volumen de información a analizar exigen que se dispongan de equipamientos de cómputos de alta prestaciones, variedad de tecnologías forenses y multiplicidad de expertos.

Se necesitan implementar Laboratorios de Informática Forense que ofrezcan servicios periciales seguros y de calidad basados en un sistema de gestión con metodologías claras de trabajo, procedimientos operativos de actuación, asignación de roles y responsabilidades y la disponibilidad de herramientas para responder a las necesidades tecnológicas según la naturaleza de la evidencia digital a tratar.

Se presenta el desarrollo de un marco de referencia para la puesta en marcha de Laboratorios Informáticos Forenses que esclarece cómo abordar una implementación de un laboratorio de este tipo y su posterior gestión, basado en una estrategia enfocada en la infraestructura y tecnología, como también en los procesos y metodologías de trabajo. También se han desarrollado propuestas de implementación según sus capacidades y objetivos, acompañados de una guía integral, que sirve de referencia para la implementación de los mismos.

**Palabras clave:** Laboratorio informático forense, Informática Forense, Evidencia Digital, Pericia Informática

## **Problemática a resolver:**

Hoy en día la demanda mundial de Laboratorios de Informática Forense es cada vez mayor. Dada la variedad de tecnologías involucradas en delitos informáticos se hace indispensable disponer de laboratorios que brinden soporte pericial a múltiples tecnologías, garantizando la aplicación de herramientas adecuadas por parte de personal calificado. El tratamiento de la evidencia digital en todo su ciclo de vida es uno de los puntos más críticos en un trabajo pericial forense, ya que si el proceso de adquisición y recolección de la misma no es el adecuado desde un principio, se tiende a que todo el proceso pierda su validez.

Se necesita esclarecer cómo abordar una implementación y gestión de un Laboratorio Informático Forense basado en una estrategia enfocada tanto en la infraestructura y tecnología como en los procesos y metodologías de trabajo que ordenen, guíen y garanticen la confiabilidad de los datos recogidos, la integridad de los medios y el análisis detallado de los datos.

Muchos de los actuales laboratorios pertenecientes a organismos gubernamentales, fuerzas de seguridad o cuerpos judiciales se encuentran colapsados por la cantidad de casos a procesar y la disponibilidad limitada de recursos humanos o tecnológicos.

## **Metodología del trabajo desarrollado:**

En primer lugar se investigaron las diferentes normativas, estándares, guías de buenas prácticas y metodologías relacionadas a la implementación y gestión de un Laboratorio Informático Forense, tanto a nivel nacional como internacional. Se han estudiado y comparado importantes trabajos relacionados con la implementación y gestión de laboratorios informáticos que proporcionaron significativos antecedentes y elementos para abordar el desarrollo del presente proyecto.

Se realizó un relevamiento de Laboratorios Informático Forense implementados a nivel privado, en cuerpos de investigaciones judiciales y diferentes fuerzas o entidades.

Se investigaron, analizaron y compararon las diferentes herramientas y tecnologías forenses disponibles, sean gratuitas o bajo licencia.

Se validó la información analizada y estudiada con profesionales expertos mediante entrevistas y la revisión de informes de avance producidos como parte del proyecto de investigación.

## **Desarrollo y resultados obtenidos:**

Se desarrolló un marco de referencia para la puesta en marcha de Laboratorios Informáticos Forenses (LabIF) aplicable tanto a la implementación como gestión de los mismos. Dicho marco de referencia, alineado al marco regulatorio legal nacional, posibilita el desempeño eficiente y de calidad por parte equipos de profesionales en un ámbito de trabajo seguro. Disponer del mismo, favorece la cooperación entre laboratorios de diferentes organismos y entidades al generar una mayor confiabilidad y aceptación del trabajo pericial. El marco de referencia desarrollado facilitó el desarrollo de una guía para la pue-

ta en funcionamiento de un LabIF basado en recomendaciones y mejores prácticas, como también del análisis, evaluación y prueba de plataformas y tecnologías necesarias para la implementación y gestión de los mismos.



Figura 1. Marco de referencia para la implementación y gestión de Laboratorios de Informática Forense.

En primer lugar se plantea primordial previo al diseño de la estrategia de implementación, determinar la misión, la visión, los objetivos y el análisis de contexto del laboratorio a implementar. Definir la misión, cuál es la razón de ser, el propósito, a quién está dirigido, qué lo distingue y las aspiraciones que se proponen realizar por parte de la institución que lo promueve y en el contexto en que se llevaría a cabo. Analizar y determinar la proyección futura del mismo, con visión estratégica para delinear el camino a seguir y la definición de los objetivos en concordancia con los de la institución a la que responden. Es preciso analizar el contexto interno y externo de la organización donde se implementará el laboratorio, los contextos tecnológicos, sociales, jurídicos, la evolución de la comisión de delitos y las investigaciones, entre otros, los cuales afectan directa e indirectamente a la estrategia a plantear.

El público objetivo abarca desde cuerpo de profesionales judiciales, fiscalías de departamentos judiciales, organismos gubernamentales, empresas, fuerzas de seguridad, entre otros. También se considera como público aquellos estudiantes universitarios, profesionales y funcionarios públicos interesados en formarse y especializarse en informática forense e investigación digital. También se plantea beneficioso trabajar en cooperación con otros laboratorios afines.

En segundo lugar, el marco plantea una estrategia de implementación progresiva y evolutiva según los objetivos y capacidades de recursos humanos y técnicos, basado en un plan estratégico como base de la propuesta, con previa definición de la misión, visión, objetivos, análisis contexto del mismo y la identificación del público objetivo.

Como estrategia se propone una implementación evolutiva basada en diferentes etapas de maduración, en las cuales gradualmente se amplía el espectro de servicios, en base a disponibilidad y previsiones de recursos tecnológicos, humanos y profesionalización de los mismos. La misma garantiza una implementación escalonada para dar respuesta a la demanda creciente y cada vez más especializada de servicios del laboratorio.

En tercer lugar presenta un modelo de trabajo basado en una metodología de informática forense de desarrollo propio, llamada ForenseUDE aplicable a cualquier tipo de evidencia digital (UDE, Universal Digital Evidence), que establece los lineamientos para garantizar la aplicación adecuada de los procedimientos, herramientas y resultados sobre los medios informáticos analizados, considerando al abordaje de pericias informáticas de distinta naturaleza y definiendo roles y responsabilidades en la administración de los casos. Este modelo es la base del desarrollo de protocolos de trabajo y actuación en base a la política institucional del organismo donde se implementa el laboratorio y del desarrollo de procedimientos operativos estandarizados y especializados, según diversos escenarios y tecnologías.

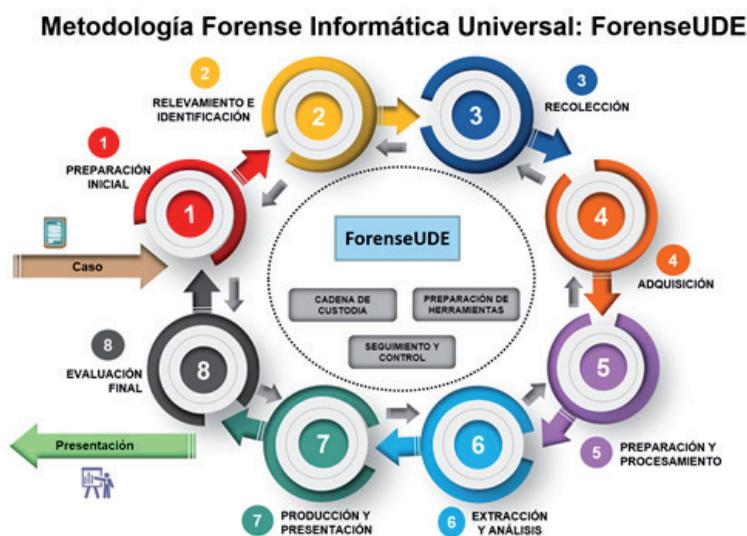


Figura 2. Metodología Forense Informática Universal: ForenseUDE

En ForenseUDE se definen y describen las etapas y actividades comunes aplicables a cualquier fuente de evidencia digital garantizando la confiabilidad de las tareas a realizar por parte del investigador y/o perito informático forense y la admisibilidad de la evidencia digital obtenida. ForenseUDE ha sido diseñado acorde al marco legal y procesal en el que se desarrollan las actividades forenses informáticas en la República Argentina. Parte de las metodologías propuestas se sustentan en ideas y conceptos del modelo PURI (Proceso Unificado de Recuperación de Información) [6-7] y del modelo EDRM (Electronic Discovery Reference Model) [8], como también en la norma ISO/IEC 27.037 [9].

ForenseUDE surge ante la necesidad de disponer de un proceso universal de tratamiento de la evidencia digital integral y detallado. Los modelos existentes hacían énfasis en determinadas etapas o el nivel de detalle no era suficiente como para tomarlos como referencia única. En consecuencia, a partir de dichos modelos y la experiencia profesional se definieron las fases, actividades y el detalle de las tareas aplicables a cada una. La metodología se plantea justificable, auditable, repetible y reproducible cumpliendo con los requisitos de confiabilidad. A partir de la misma se plantea el desarrollo de protocolos de implementación, preparación de infraestructura tecnológica y protocolos de actuación.

Las actividades se encuentran vinculadas de tal forma que sugieren un orden en el que podrían ser llevadas a cabo en las diferentes fases. Las fases se presentan en un mo-

delo iterativo, donde cada una puede retroalimentar a las fases previas y el final de cada iteración retroalimenta a un nuevo inicio.

Por último se presentan diferentes propuestas de infraestructura tecnológicas para la implementación evolutiva de un laboratorio de informática forense en base a las capacidades y los servicios a ofrecer. La investigación de equipos, herramientas de informática forense y de laboratorios afines nacionales e internacionales, permitió desarrollar diferentes propuestas de implementación de infraestructura tecnológica en base a la disponibilidad de recursos tecnológicos, económicos, físicos y humanos. Las propuestas se efectuaron también en base a información obtenida a través de entrevistas a profesionales referentes en la materia. Se llevó a cabo un análisis y evaluación de las diversas herramientas y equipamientos forenses informáticos existentes y necesarios para la operatoria del laboratorio en su inicio, como en etapas avanzadas, según el tipo de dispositivos involucrados, incluyendo tanto los que poseen licencias pagas, de uso gratuito o de código abierto:

## **Conclusiones**

El marco propuesto promueve un modelo de tratamiento de la evidencia digital y gestión de causas donde se optimiza la adquisición y análisis de datos, mejorando la brecha de tiempos para resolver los casos basado en el paralelismo de operaciones y el escalamiento gradual para dar respuesta a la demanda, garantizando la confidencialidad de la información digitalizada y electrónica, en base a un modelo ágil de gestión Forense para la comunidad judicial y privada.

En el proyecto de investigación se han avanzado en diferentes aspectos que no han sido detallados en el presente documento a fines de respetar la extensión del mismo. Quedaron por fuera del alcance de este documento lo que refiere a la infraestructura edilicia, estructura organizacional, seguridad física de las instalaciones, el detalle de las propuestas de Infraestructura Tecnológica, entre otros.

Como parte de las futuras líneas de investigación, se destaca la necesidad de investigar en detalle los procesos de certificación y acreditación que deben poseer los laboratorios que brindan servicios a la Justicia y a diferentes organismos públicos y privados tanto a nivel nacional como internacional.

## **Publicaciones y/o transferencias empleadas:**

Se han desarrollado informes internos y el desarrollo de las guías mencionadas, acompañadas de presentaciones visuales. Los resultados han sido presentados en el Congreso CADI – Encuentro Argentino y Latinoamericano de Ingeniería.

Se han diseñado y dictado diferentes cursos de capacitación de Informática Forense a profesionales y a la comunidad en general desde el DIIT-UNLaM, bajo la coordinación de la Mg. Ing. Cintia Gioia. Integrantes del proyecto de investigación han sido capacitados a través de estos cursos, con una beca otorgada a través del DIIT a los integrantes del proyecto de investigación.

La directora del proyecto ha sido convocada a brindar diversas capacitaciones, entrevistas y seminarios a nivel nacional e internacional en representación de la Universidad Nacional de la Matanza.

Se han desarrollado actividades y videos de prevención en el uso de Internet como aporte a la comunidad en general.

## **Bibliografía utilizada**

- [1] Di Iorio, A. et.al. (2019). Guía técnica para el diseño, implementación y gestión de laboratorios de informática forense. Universidad FASTA Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- [2] Di Iorio, A et al. (2016). Consideraciones para el diseño de un Laboratorio Judicial en Informática Forense. REDI - Repos. Digital. la Univ. FASTA.
- [3] Semprini, G. (2016). Lineamientos para la creación de laboratorios informáticos forenses. SID 2016, 16º Simposio Argentino de Informática y Derecho, CABA, Argentina.
- [4] Appendino, S. et.al. (2015). Plan Estratégico para la implementación de un Centro de Servicios de Informática Forense. XXI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, IV Workshop de Seguridad Informática (WSI), Buenos Aires, Argentina.
- [5] Gioia, C. (2019). Metodología de análisis forense informático para la obtención de evidencia digital en Base de Datos. Tesis de Maestría en Informática. Universidad Nacional de la Matanza. Escuela de Posgrado, Buenos Aires, Argentina, 85-189.
- [6] Di Iorio, A.; Castellote, M.; Bruno, C. (2017). El Rastro Digital del Delito. Aspectos técnicos, legales y estratégicos de la Informática Forense. Universidad FASTA. Ediciones. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina, Cap. 3.
- [7] Di Iorio, A. H. (2016). Guía Integral de Empleo de la Informática Forense en el Proceso Penal (2da edición). Universidad Fasta, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina, 47-57.  
Recuperado de <http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1592/PAIF.pdf?sequence=1>
- [8] EDRM. (2014). Modelo EDRM. EDRM (Electronic Discovery Reference Model) Recuperado de <https://www.edrm.net/frameworks-and-standards/edrm-model/>
- [9] ISO/IEC 27037:2012. (2012). Information Technology – Security techniques – Guidelines for identification, collection, acquisition, and preservation of digital evidence. ISO. Estados Unidos.

# CIENCIA DE DATOS APLICADA AL DIAGNÓSTICO Y SEGUIMIENTO DE LA ENFERMEDAD DE PARKINSON (C224)

RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE A INFORME DE FINAL

---

**Directora:** Giuliano, Mónica. [mgiuliano@unlam.edu.ar](mailto:mgiuliano@unlam.edu.ar)

**Co-Directora:** Pérez, Silvia. [sperez@unlam.edu.ar](mailto:sperez@unlam.edu.ar)

**Integrantes: Investigadores:** Maldonado, Evangelina; Fernández, Luis; Sandonato, Selva; Verónica Aubin; Luis Alberto Fernández; Renata Guatelli, Selva Sandonato Darío Adamec, Francisco Díaz, Luis Miguel Pozo Coronado; Gastón Berretta

**Alumnos ad honorem:** Bondar, Pablo

## Síntesis del contenido

En el marco de los Departamentos de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT) y de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de la Matanza (UNLaM) se desarrolló este trabajo de investigación en forma colaborativa. En dicho trabajo se ha construido una base de datos con grabaciones de la voz en personas con y sin enfermedad de Parkinson (EP).

Las grabaciones fueron realizadas en cabinas acústicas con el aval del Hospital Rivadavia y UNLaM, en condiciones similares.

La utilización de parámetros acústicos de la voz como método objetivo y no invasivo para la detección y seguimiento de la EP, ha ganado creciente interés en la comunidad académica. Los Investigadores, han realizado análisis de la base construida observando el grado de afectación de la voz por la EP. Se grabaron frases y palabras, logrando construir una base completa y equilibrada. También se compararon los resultados de la base propia restringida a la fonación de la vocal /a/, con los resultados obtenidos a partir del análisis de otras bases públicas. Se espera ampliar la investigación analizando la incidencia de diferentes características acústicas y métodos de inteligencia artificial.

**Palabras clave:** Ciencia de Datos, Algoritmos de Clasificación, Análisis Vocal Acústico, Enfermedad de Parkinson.

## Problemática a resolver

Este proyecto C224 se presenta como continuación del Proyecto C199 del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT), UNLaM. Cuenta con investigadores con formación en Matemáticas, tratamiento de señales y minería de datos, así como especialistas en sonido, interesados en aplicar sus conocimientos y desarrollar

investigaciones relacionadas en estas problemáticas. Desde este lugar, se propuso trabajar colaborativamente con el Departamento de Ciencias de la Salud de la UNLaM. Cuenta con la colaboración de Investigadores externos del grupo de investigación Informática Aplicada al Procesado de Señal de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), quienes tienen experiencia estudiando el tema. Se realizaron varios avances expresados en publicaciones (Berretta et al., 2017; Díaz Pérez et al., 2017; Sposito et al., 2017)

De la misma manera contamos con el soporte del Dr. Jorge Gurlekian, quien es director del Laboratorio de Investigaciones Sensoriales (LIS) y miembro del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), quien desarrolló en dicho laboratorio los software ANAGRAF, EVAPER y ATR (Gurlekian et al., 2016, 2018), que con fondos de este proyecto fueron adquiridos.

Este proyecto se propone el análisis estadístico de parámetros acústicos de la voz como método objetivo y no invasivo para el diagnóstico y seguimiento de la enfermedad de Parkinson (EP).

Las manifestaciones motoras “marcadoras” de la EP, están representadas por temblor de reposo, rigidez y bradicinesia (Jankovic 2008). En su evolución natural se agregan otros síntomas como: trastornos de la marcha, desequilibrio, caídas frecuentes limitando la movilidad y alteraciones de la voz (severa disartria), lo que implica un marcado impacto en la calidad vida con aislamiento social. (Kollensperger y Wenning 2008). La rigidez asociada afecta al sistema respiratorio encargado de facilitar el flujo y la presión de aire necesarios para la emisión vocal, lo que se traduce en una disminución de presión sub-glótica.

Dada la discrepancia actual de resultados observados en la literatura se propone investigar las características acústicas de la voz en pacientes con EP en nuestra población.

El uso del análisis acústico puede ser útil, dada su capacidad para identificar cambios.

En investigaciones anteriores, los resultados muestran que no hay consenso en cuanto a la selección de las características adecuadas de la señal acústica para establecer modelos predictivos de la EP, siendo este tema de creciente interés en la comunidad académica (Skodda et al 2008; Martínez-Sánchez 2010; Tsanas et al., 2012; García et al., 2016). Por tanto, se hace necesario ampliar la investigación, analizando la incidencia de diferentes características y proponiendo posibles nuevas variables.

Se propone por ello, investigar por medio de un método objetivo los valores de parámetros acústicos de la voz en pacientes con EP en diferentes momentos evolutivos de la enfermedad.

El objetivo es desarrollar herramientas de análisis para el seguimiento y diagnóstico de la EP a partir de una base propia de datos de voz, y brindar aportes junto con los datos públicos.

## **Metodología del trabajo desarrollado**

La investigación se encuadra en un contexto de aplicación, siendo además de tipo multidisciplinar puesto que el conocimiento y las acciones a lograr van más allá de una

disciplina particular. El equipo de trabajo se compone de ingenieros, docentes e investigadores de medicina, matemática y estadística.

Para el trabajo de campo y construcción de la base de datos con voces de pacientes con EP se contó con el trabajo colaborativo de los dos hospitales. La evaluación se llevo a cabo en el Servicio de Neurología del Hospital Nacional Alejandro Posadas y en el Servicio de Otorrinolaringología y Fonoaudiología del Hospital Municipal Bernardino Rivadavia. Se selecciono pacientes de menos de 15 años de evolución, en ambas instituciones, exentos de gastos de financiamiento para dichos hospitales.

La toma de datos en pacientes con EP fue aprobada por el Comité de Ética en Investigación (CEI) del Hospital B Rivadavia en 2018. Esta investigación respetó y cumplió con todas las legislaciones y reglamentaciones, pertinentes para este estudio, a las cuales adhiere el CEI según su Manual de Procedimientos operativos (POE) vigentes al momento de la ejecución de esta investigación.

Se completó la evaluación de pacientes con EP, con un estudio de laringoscopia y estroboscopia laríngea con naso-fibroscopio flexible HENKE-SASS WOLF GmbH modelo: 6903003600 y estroboscopio Stroboled (óptica rígida STORZ de 70° con fuente de luz Led de alta potencia 80W y cámara de video PROCAM) con sistema endodigi, pertenecientes al Servicio de Otorrinolaringología del Hospital B. Rivadavia, con el fin de descartar patología laríngea excluyente a los cambios que pueden observarse en la laringe en relación a la EPI (Mamolar et al. 2017).

Se realizaron grabaciones a grupos etarios similares a los pacientes en el ámbito de la UNLaM con el soporte de equipo y profesionales de la misma UNLaM.

Las grabaciones de voz se realizaron en cabina acústicamente aislada, volumen y sampling controlados, estandarización de grabaciones 44.100 Hz y resolución de 16 bit de profundidad estandarizada. Estuvo basada en emisiones de las vocales, lectura en voz alta de frases y palabras. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado

## **Desarrollo y resultados obtenidos**

Las actividades más importantes realizadas en el año 2019 se basaron en la construcción de las bases de datos de voces de personas con EP y personas sin EP. En dicho período se finalizó con la construcción de ambas bases con la correspondiente evaluación médica en el caso de la base de pacientes con EP. Las actividades de análisis se realizaron durante 2020.

Desde enero de 2019 hasta septiembre de 2019 se realizó en el hospital Rivadavia la grabación de 58 voces, trabajando conjuntamente técnicos de la UNLaM y profesionales médicos, donde cada paciente dio su consentimiento informado. Cada enfermo fue evaluado neurológicamente por un médico Neurólogo con el test neurológico UPDRS. La voz fue evaluada perceptualmente por una fonoaudióloga y una médica otorrinolaringóloga, mediante laringoscopia, evaluó la garganta. Se realizó un informe con las características demográficas y médicas de cada paciente.

Durante noviembre y diciembre 2019 se realizó en la UNLaM la grabación de 64 voces de personas sanas del mismo grupo etario de los enfermos. Cada persona firmó consentimiento informado.

Antes de contar con las bases propias, durante 2019 se continuó el análisis de la base pública mPower, obteniéndose resultados relevantes en cuanto la diferenciación de grabaciones de personas con EP y sin EP. Para ello se utilizaron varias herramientas informáticas: OpenSmile, Praat, Matlab y Python. Se consideraron métodos de minería de datos a partir de la parametrización de las voces y se realizaron análisis predictivos de la clasificación enfermo no enfermo.

Se agregó además el análisis de la imagen de fonetogramas o espectrogramas obtenidos a partir de los audios de la base mPower, lo que permitirá hacer una comparación con la clasificación obtenida con otros parámetros obtenidos directamente del sonido.

Se recopiló material bibliográfico sobre redes neuronales convolucionales (CNN), sus arquitecturas y sus aplicaciones. Se desarrollaron algoritmos en Python para convertir las señales de audio en espectrogramas. Se evaluaron distintas formas de seleccionar las partes más significativas de los audios para la clasificación de la EP. Se implementaron CNNs para realizar las experimentaciones preliminares con los espectrogramas.

La base de datos cuenta, 55 pacientes con EP (24 mujeres y 31 varones) una vez excluidos los casos a partir de un análisis preliminar.

Además, se grabaron las voces de 64 personas sin enfermedad de Parkinson con el mismo protocolo y herramientas de grabación. Los primeros resultados descriptivos de la base de datos muestran diferenciación de personas con y sin EP, aunque falta la identificación de parámetros y métodos que optimicen y sinteticen las diferencias.

La base de datos de pacientes con EP, tienen un rango etario entre 38 y 79 años, promedio de 64 años. La antigüedad de la enfermedad se encuentra entre 1 año y 16 años con un promedio de 6 años.

Los resultados generales en cuanto al estado de las cuerdas vocales y la ronquera de la voz muestran diferencias apreciables en promedio respecto a personas sanas

## **Conclusiones**

El análisis acústico de señales de voz, ha demostrado ser útil para la predicción de severidad de enfermos con EP y facilita el seguimiento remoto no invasivo de la progresión de la enfermedad, identificando cambios tempranos. En este proyecto se trabajó de modo multidisciplinar para realizar aportes significativos a las investigaciones en esta área. Fueron presentados trabajos en varios congresos y se trabajó con profesionales de la salud en reuniones de discusión.

Los análisis realizados muestran diferencias significativas en la fonación de la /a/ entre personas con y sin EP, pero falta la identificación de parámetros y métodos que optimicen y sinteticen las diferencias.

El trabajo colaborativo de este grupo interdisciplinario permitirá en el futuro próximo dar una herramienta a bajo costo que ayudará al seguimiento de enfermos de Parkinson, con resultados confiables que sea útil y de fácil utilización para los profesionales de la salud.

Se considera además, que la construcción de la base de datos propia constituye un aporte relevante a las investigaciones de la EP e indica la dirección de trabajo para el futuro del proyecto. Se trabajará próximamente en la publicación de la base en el repositorio de UNLAM.

## Publicaciones y/o transferencias empleadas

- Giuliano, D. Adamec, M. I. Debas, S. Pérez, E. Maldonado, C. A. Morales, L. de León, A. Yanco, J. M. Birelli, M. Martínez Ribaya, M. L. Lacaze, P. Bondar, D. Linari, Ing. Dr. Jorge A. Gurlekian. Construcción de una base de habla de personas con y sin Parkinson. REDDI en etapa de evaluación
- Giuliano Monica; Luis Fernandez; Pérez, Silvia N. "Selection of Dysphonia Measures for the Identification of Parkinson's Disease". 2020 IEEE Biennial Congress of Argentina, 1 (2020): 1 - 8. 978-1-7281-5957-7/20
- Giuliano, M., García-López, A., Pérez, S., Pérez, F. D., Spositto, O., y Bossero, J. (abril, 2019). Selección de parámetros de voz para la predicción de la enfermedad de Parkinson a partir de datos móviles recopilados. En 2019 XXII Simposio sobre Imagen, Procesamiento de Señal y Visión Artificial (STSIVA) (pp. 1-3). IEEE DOI: [10.1109 / STSIVA.2019.8730219](https://doi.org/10.1109/STSIVA.2019.8730219). <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8730219>
- Giuliano, M., García, A., Pérez, S., Díaz, F., Spositto, O; Bossero, J. (2019). Selection of voice parameters for parkinson's disease prediction from collected mobile data. Bucaramanga, Colombia. Abril 2019.
- Díaz, F., Giuliano, M., García, A., Pérez, S., Blanco, G., Sandomato, S., Maldonado, E. (2019). Classification of parkinson's disease patients through voice parameters collected by mobile devices. 13th World Congress on Controversies in Neurology (CONy2019), Madrid, Spain.
- Perez Silvia - Giuliano Mónica (2019). Utilización de grabaciones con teléfonos móviles para la predicción de la enfermedad de Parkinson. CoNallSI 2019 7mo Congreso Nacional de Ingeniería Informática – Sistemas de Información 14 y 15 de Noviembre de 2019 – Universidad Nacional de La Matanza – San Justo, Buenos Aires, Argentina
- Linari, Daniela - Giuliano Mónica (2019). Análisis Acústico del Habla de Pacientes con Diagnóstico de Enfermedad de Parkinson Utilizando el Software ANAGRAF. CoNallSI 2019 7mo Congreso Nacional de Ingeniería Informática – Sistemas de Información 14 y 15 de Noviembre de 2019 – Universidad Nacional de La Matanza – San Justo, Buenos Aires, Argentina

## Bibliografía utilizada

- Berretta G.; Giuliano M.; Maldonado E.; Blanco G. (2017). Identificación de perfiles de la voz en enfermos de Parkinson con redes neuronales. CIE Rosario. Santa Fe entre el 17 y el 20 de octubre de 2017. <http://www.cie2017.s-a-e.org.ar/congreso.php?modulo=1>
- Díaz-Pérez. F. García-López. A. Rubio-Sánchez. M and Álvarez-Marquina (2017) A. Using Classification Algorithms for Telemonitoring Parkinson's Disease Severity. in Advances in Data Mining 17th Industrial Conference on DM
- García, A M., Carrillo, F., Orozco-Arroyave, J.R., Trujillo N., Vargas-Bonilla J. F., Fittipaldi, S., Adolphi, 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,
- Gurlekian, J. A., Torres, H. M., & Cediell, M. R. (2018). A Perceptual Method to Rate Dysphonic Voices. *Journal of Voice*.
- Jankovic, J. (2008). Enfermedad de Parkinson: características clínicas y diagnóstico. *Revista de neurología, neurocirugía y psiquiatría*, 79 (4), 368-376.
- Kollensperger, M; Wenning, M.S.A.S.G. European, Red flags for multiple system atrophy, *Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society* 23(8) (2008) 1093-9.
- Mamolar Andrés, Santamarina Rabanal, Granda Membiela, María José Fernández Gutiérrez, Paloma Sirgo Rodríguez, César Álvarez Marcos, Trastornos de la deglución en la enfermedad de Parkinson. Vol 68, Núm. 1. Enero-Febrero 2017. Pág. 1-68
- Martínez-Sánchez, F. (2010). Trastornos del habla y la voz en la enfermedad de Parkinson. *Revista de Neurología*, 2010. 51(9), 542-550.
- Skodda S, Schlegel U (2008). Speech rate and rhythm in Parkinson's disease. *Mov Disord* 2008; 23: 985-92.
- Tsanas, A., Little, M.A., McSharry, P. E., Spielman, J. y Raming, L. O. (2012) Novel speech signal processing algorithms for high-accuracy classification of Parkinson's disease. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 59(5): 1264-1271 doi: 10.1109/TBME.2012.2183367

# COMANDOS DE VOZ Y RECONOCIMIENTO FACIAL PARA APLICACIONES DE REALIDAD AUMENTADA (C-231)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

**Director:** Dr. Ierache Salvador e-mail: jierache@unlam.edu.ar

**Co-Director:** Ing. Igarza Santiago e-mail: asigarza@unlam.edu.ar

### **Integrantes:**

#### **Investigadores**

**Dr. Ierache Jorge.**

**Mg. Ing. Mangiarua Nahuel.**

**Ing. Becerra Martín.**

**Ing. Sanz Diego**

#### **Alumnos Ad-Honorem:**

**Maurice Hernan**

### **Síntesis del contenido:**

La propuesta del proyecto se orienta al desarrollo de una arquitectura y demostrador tecnológico para el reconocimiento facial a sistemas de realidad aumentada (RA) que otorga una nueva capa de robustez a los sistemas permitiéndoles potencialmente reconocer usuarios autorizados, inferir información emocional, étnica o etaria, etc., permitiéndoles reaccionar y adecuarse en consecuencia.

Sumado al reconocimiento facial, se propone un framework que tiene como finalidad asistir a usuarios en sus tareas diarias mediante la creación y explotación de procedimientos reutilizables a través del uso de tecnologías web semántica en aplicaciones de RA.

Una interface de comandos por voz permite al usuario interactuar con el sistema sin la necesidad de ocupar sus manos, liberándolas para la práctica de otras actividades. La capacidad de disponer procedimientos otorga a los sistemas la posibilidad de guiar a las personas en entornos aumentados.

### **Objetivos**

- Reconocer usuarios autorizados, inferir información emocional, étnica o etaria, etc., permitiéndoles reaccionar y adecuarse en consecuencia en aplicaciones de realidad aumentada mediante reconocimiento facial.
- Asistir personas en sus tareas diarias mediante framework para la creación y explotación de procedimientos reutilizables en aplicaciones de RA.

- Interacciones sistemas de RA sin la necesidad de ocupar sus manos, liberándolas para la práctica de otras actividades mediante comandos de voz.

## **Palabras clave**

Realidad aumentada, Reconocimiento facial, comandos de voz, Catálogos Virtuales Aumentados, Procedimientos, Ontologías.

## **Metodología del trabajo desarrollado**

Para lograr los objetivos se aplicó una metodología iterativa e incremental para cada fase del proyecto y como técnica de representación de modelos: modelado unificado (UML).

## **Desarrollo y resultados obtenidos**

Durante el primer año del presente proyecto se avanzó en las tareas detalladas en la presentación del mismo: el estudio del estado del arte, pruebas y prototipado de uso de bibliotecas de reconocimiento facial. En este orden, se priorizó la búsqueda de aquellos algoritmos o bibliotecas de acceso público cuyas características intrínsecas resultaran idóneas para su aplicación en el contexto de tiempo real de la realidad aumentada. Cabe destacar que la tarea de reconocimiento de rostros humanos puede dividirse en múltiples subtareas: detectar la presencia y posición de un rostro, analizar el rostro y determinar la identidad.

En particular, la detección de rostros en tiempo real en un flujo de vídeo resulta posible y aplicable desde hace casi dos décadas. Desde entonces, las técnicas utilizadas han evolucionado, pero manteniendo un fuerte foco en la utilización del aprendizaje de máquina. Aunque se pretende mantener la flexibilidad en la elección del algoritmo de detección de rostros mediante la incorporación de una interfaz abstracta, en particular se considera el detector por red neuronal provisto por la famosa biblioteca OpenCV. El mismo, basado en el framework Caffe otorga un nivel de robustez elevado mientras que su tiempo de ejecución se mantiene entre los límites aceptables para el contexto de la RA.

Para el paso de análisis de los rostros, se priorizó el análisis de aquellos algoritmos que pudieran trabajar con solo algunas muestras de cada individuo (fotos del rostro) y que a la vez facilitaran la escalabilidad de la subtarea siguiente. Estas restricciones resultan deseables para el desarrollo de un sistema que pudiera ser en el futuro aplicado en el campo con una simpleza y escala adecuadas. Con esta limitación en mente, se consideran especialmente apropiadas las redes neuronales convolucionales entrenadas con el término de error de tripletas introducido por Schroff, Kalenichenko, y Philbin. Esta técnica de entrenamiento plantea describir el rostro de un individuo mediante un vector multidimensional continuo donde se busca minimizar la distancia intraclase (mismo individuo) mientras maximiza la distancia interclase (distintos individuos).

En este marco se realizó una publicación en congreso internacional[1] presentando un diseño de arquitectura de motor de RA que permite entre otras cosas integrar el reconoci-

miento de imágenes y de rostros de forma escalable. En base a los resultados obtenidos, se procede a refinar y acondicionar el código C++ de la arquitectura prototipo experimental para su utilización como agregado en el motor gráfico Unity3d.

En cuanto a la integración de comandos de voz, se realizó una exploración de las diferentes bibliotecas speech to text existentes en el mercado. Se probó una demo utilizando la biblioteca de CMUSphinx para comprobar el reconocimiento de voz. En ésta, se reconocieron correctamente las palabras solicitadas por la aplicación. Se encontró que es susceptible a ruido ambiental por lo que se investigó que se puede utilizar un filtro de ruido ambiental y de voces de fondo para reducir el impacto de ruidos indeseados. Sin embargo, se determinó cambiar las tareas de implementación de comandos de voz debido al inconveniente presentado anteriormente por la incorporación de visualización y creación de procedimientos de tareas en aplicaciones de realidad aumentada.

## **Creación y visualización de procedimientos en aplicaciones de RA**

El framework propuesto en [2] tiene como finalidad asistir a usuarios en sus tareas diarias mediante la creación y explotación de procedimientos reutilizables por otras aplicaciones de RA. La arquitectura general está compuesta por tres partes: un middleware semántico[3], que representa a un conjunto de servicios encargados de mantener la ontología Semantic AR Procedure Ontology, recibir peticiones http de los diferentes partes del sistema y administrar el triplestore para almacenar los procedimientos publicados. El editor de procedimientos permite a un usuario de contenidos, crear y editar procedimientos compuestos de una secuencia de pasos a ser completados en el entorno físico, y para consumir los contenidos creados se utiliza un navegador de realidad aumentada.

Se diseñaron dos flujos en el framework propuesto. El usuario creador de contenidos realiza el flujo de creación (CF) utilizando el Semantic Procedure editor para crear un procedimiento, agregar los pasos a realizar en su entorno físico. A cada uno de estos pasos puede asociarse información relevante al momento de ser realizados.

## **Caso de estudio**

En el contexto de la industria 4.0, un área que en particular se potenció a partir de la pandemia COVID19, fue la gastronomía en el hogar. En este orden, los contenidos de recetas aumentaron como así también la preparación por parte de usuarios finales con poca experiencia. Estos recurrieron a diversos contenidos y aplicaciones que le facilitara la preparación de simples comidas a otras más complejas. El navegador de RA guía al usuario a completar cada paso obtenido anteriormente y a medida que avanza, marca cada paso realizado con un tic verde en el panel izquierdo de la pantalla hasta llegar al paso final como indica la figura 2.

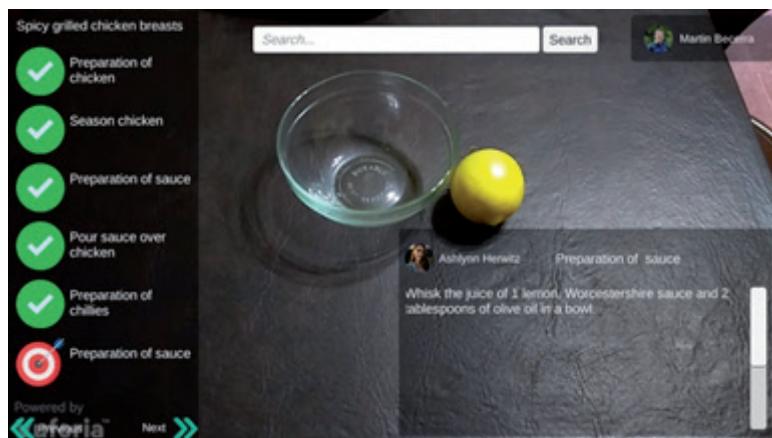


Fig. 2. Visualización del procedimiento obtenido

## Conclusiones

Los trabajos experimentales realizados para creación y visualización de procedimientos aumentados demuestran el aporte que representa en el contexto de la RA la integración de ontologías que permiten definir procedimientos interoperables a fin de brindar al usuario la capacidad de interactuar dinámicamente con contenidos virtuales con un propósito específico en el contexto físico que se desenvuelve.

En las futuras líneas de trabajo para la creación y visualización de procedimientos semánticos se orientan a extender las pruebas con múltiples actores simultáneos, en este orden se centrarán los esfuerzos en extensiones de la ontología propuesta para:

- Ampliar la arquitectura del framework con la Ontología Catálogo virtual aumentado y templates (Semantic Catalog System Templates Ontology) que permitirá al editor de procedimientos llamado Semantic Procedure Editor asociar catálogos virtuales gracias al servicio Semantic Augmented Catalog template System que aplica dicha ontología.
- Ser consumida por un juego educativo de realidad aumentada empleando el Framework de RA para el desarrollo de juegos de educación [4].

Esto permitirá que el sistema de catálogos virtuales aumentado con templates [5][6] pueda ser una fuente de datos interoperable con el framework. La utilización de tecnologías semánticas permitirá integrar procedimientos y descubrir catálogos virtuales aumentados para su integración y explotación bajo sus propios objetivos en aplicaciones de realidad aumentada.

En cuanto al reconocimiento facial para aplicaciones de realidad aumentada se considera el avance realizado para futuras líneas de trabajo del grupo de investigación y buscará la correcta adecuación del plugin a este modo de ejecución en thread de renderizado del motor que habilite entonces el uso del método rápido de transmisión de imágenes en un ambiente productivo y no solo de pruebas. A su vez, también se planifica como futura línea de trabajo la generación de interfaces gráficas de usuario en el motor para la correcta explotación de las capacidades de detección y reconocimiento faciales incorporadas con el prototipo experimental de plugin desarrollado.

## Publicaciones y/o transferencias empleadas: presentaciones, informes internos, prototipos

- Becerra M., Ierache J., Abasolo M.J. (2022) Towards Augmented Reality Interactions driven by Universal Dynamic Procedural Browser actions in the 4.0 Contexts. In: Intelligent Systems Conference (IntelliSys) 2022. En prensa.
- Becerra M., Ierache J., Abasolo M.J. (2021) Interoperable Dynamic Procedure Interactions on Semantic Augmented Reality Browsers. In: De Paolis L.T., Arpaia P., Bourdot P. (eds) Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics. AVR 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol 12980. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-87595-4\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-87595-4_15).
- Becerra M., Ierache J., Abasolo M.J. (2021) Towards Ubiquitous and Actionable Augmented Reality Browsers by using Semantic Web Technologies. In: Short papers of the 9th Conference on Cloud Computing Conference, Big Data & Emerging Topics. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-87595-4\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-87595-4_15).
- Becerra M., Ierache J., Abasolo M.J. (2021). Framework para la generación de procedimientos semánticos aplicados a navegadores de realidad aumentada. XXIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2021, Chilecito, La Rioja). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/120205>.
- Mangiarua N., Ierache J., Abasolo M.J. (2020). Scalable Integration of image and face based augmented reality. In: De Paolis L.T., Arpaia P., Bourdot P. (eds) Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics. AVR 2020. Lecture Notes in Computer Science, vol 12242. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58465-8\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58465-8_18).
- Mangiarua N., Ierache J., Abasolo M.J. (2020). Avances en Línea de Investigación Doctoral: Integración Escalable de Realidad Aumentada Basada en Imágenes y Rostros. XXII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2020, El Calafate, Santa Cruz). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/103723>

## Bibliografía utilizada

- Jegou, Herve, Matthijs Douze, and Cordelia Schmid. 2008. "Hamming Embedding and Weak Geometric Consistency for Large Scale Image Search." In Computer Vision – ECCV 2008: 10th European Conference on Computer Vision, Marseille, France, October 12-18, 2008, Proceedings, Part I, edited by David Forsyth, Philip Torr, and Andrew Zisserman, 304–317. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-88682-2\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-540-88682-2_24).
- Li, H., Z. Lin, X. Shen, J. Brandt, and G. Hua. 2015. "A Convolutional Neural Network Cascade for Face Detection." In 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 5325–34. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2015.7299170>.
- Dipanjali P. Panchal, Priya B. Parmar, Nidhi S. Ganasva. "Touchpad and Voice Command Based Wheelchair". IJEDR 2017, Volume 5, Issue 1. ISSN: 2321-9939. Disponible en <https://www.semanticscholar.org/paper/Touchpad-and-Voice-Command-Based-Wheelchair-Panchal-Parmar/4b2ff4d751f6686e5f5344a2d46c42e8ea4ba25a>

## Referencias

- [1] Mangiarua N., Ierache J., Abasolo M.J. (2020). Scalable Integration of image and face based augmented reality. In: De Paolis L.T., Arpaia P., Bourdot P. (eds) Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics. AVR 2020. Lecture Notes in Computer Science, vol 12242. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58465-8\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58465-8_18).
- [2] Becerra M., Ierache J., Abasolo M.J. (2021) Interoperable Dynamic Procedure Interactions on Semantic Augmented Reality Browsers. In: De Paolis L.T., Arpaia P., Bourdot P. (eds) Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics. AVR 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol 12980. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-87595-4\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-87595-4_15).
- [3] Becerra M., Ierache J., Abasolo M.J. (2021) Towards Ubiquitous and Actionable Augmented Reality Browsers by using Semantic Web Technologies. In: Short papers of the 9th Conference on Cloud Computing Conference, Big Data & Emerging Topics. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-87595-4\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-87595-4_15).
- [4] Ierache J., Mangiarua N., Becerra M., Igarza S. (2018) Framework for the Development of Augmented Reality Applications Applied to Education Games. De Paolis L., Bourdot P. (eds) Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics. AVR 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol 10850. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-95270-3\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-319-95270-3_28)
- [5] Ierache J., Mangiarua N., Bevacqua S., Verdicchio N., Becerra M., Sanz D., Sena M., Ortiz F., Duarte N., Igarza S. (2015). "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, 9(1), 1 - 7. ISSN 1307:6892.
- [6] Mangiarua, N., Ierache, J., Becerra, M., Maurice, H., Igarza, S., & Sposito, O. (2018). Templates Framework for the Augmented Catalog System. CACIC 2018 Red UNCI ISBN 978-3-030-20786-1.

# COMUNICACIÓN INALÁMBRICA DE BAJA ENERGÍA PARA APLICACIONES ELECTROMÉDICAS (C2-ING-061)

RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

**Director:** Coulombie, Diego Enrique e-mail: dcoulombie@unlam.edu.ar

**Integrantes:**

**Investigadores:** Reyes, Agustín Ignacio Miguens, Alberto Raúl

**Alumnos Ad-Honorem:**

**Becarios:** Moyano, Matías

## Síntesis del contenido: tema, objetivos

Las comunicaciones inalámbricas de baja potencia avanzan por sobre toda señal cableada de uso cotidiano, motivadas por el auge del Internet de las cosas (IoT), la disminución del consumo eléctrico de los componentes electrónicos y la mayor capacidad de las baterías. El equipamiento médico no es ajeno a este cambio y paulatinamente va incorporando este tipo de soluciones técnicas. Pero no siempre resulta trivial o inmediato el reemplazo de un cable de señales por un módulo de comunicación inalámbrica. La problemática a investigar fue la de adquirir bioseñales neurológicas de muy baja amplitud que podrían sufrir alteraciones debido a la interferencia electromagnética generada por una comunicación ineficiente. Los objetivos fueron optimizar el método de comunicación para minimizar esta interferencia, estudiar sus fuentes y modelos teóricos. Como resultados se desarrollaron métodos eficaces para tener una tasa de transferencia útil para las diferentes aplicaciones médicas, se definieron los requisitos para la protección de las entradas de bioseñales y se analizaron las consecuencias de carencias de ciberseguridad relacionadas con la comunicación inalámbrica.

### Palabras clave.

Inmunidad electromagnética, Detección de Bioseñales neurológicas, Comunicación RF de baja energía, Instrumentación inalámbrica, Internet de las Cosas Médicas (IoHT)

**Problemática a resolver:** descripción y fundamentos conceptuales de la línea de investigación, opciones planteadas, hipótesis/propuestas de solución.

Se investigó como adquirir bioseñales de muy baja amplitud conjuntamente con un requisito de un ancho de banda real de transmisión de datos superior al de las aplicaciones tradicionales de Internet de las Cosas. Las bioseñales neurológicas se registran mediante electrodos puestos en el paciente con cables de entre 1m a 2m, con una impedancia del orden de los 2 a 10kOhm y con amplitudes del 1mV a 20uV. Esta combinación de señales pequeñas, cables largos e impedancias elevadas, provoca que cualquier señal de radio-

frecuencia que llegue al paciente o al equipo provoque interferencias en el registro de la bioseñal, llamándose a este efecto “artefacto”. Los requisitos regulatorios establecen que el equipamiento médico debe soportar un mínimo de radiación electromagnética, por lo que todos los dispositivos médicos disponibles en el mercado están diseñados para poder funcionar y diagnosticar aún con ellos inmersos en un campo electromagnético de entre 3 y 10V/m. Cuando el transmisor de RF está muy cerca o en la misma placa electrónica que las entradas de bioseñal y a demás comparten la misma fuente de alimentación, el campo inducido por su antena y las alteraciones que causa en la alimentación dependerán de la potencia aplicada a la antena. Por regla general los protocolos de comunicación que usan menos potencia son menos interferentes, pero también son menos eficientes para aprovechar el ancho de banda asignado, teniendo una tasa real de transferencia de datos insuficiente para registrar algunas variables fisiológicas. La problemática fue encontrar la metodología de transmisión que tenga la eficiencia suficiente para lograr un equilibrio entre la máxima tasa de transferencia de datos usando la menor energía posible de transmisión y generando la menor interferencia posible.

**Metodología del trabajo desarrollado:** puntos de partida, fundamentos experimentales, de desarrollo, analíticos, bibliográficos, empleo de normas, encuestas, instrumentos, relevamientos y equipamiento utilizado.

Se dividió la investigación en 5 tareas conexas, cada una con una metodología propia.

En la tarea “Situación inicial” se analizó críticamente el problema planteado para este tipo de comunicación inalámbrica y se buscó cuales son las variables adecuadas para medir la relación entre interferencia y velocidad real de transmisión.

En la tarea “Stack” se analizó el software embebido provisto por el fabricante para el chip de comunicación, se evaluó su funcionamiento, se determinaron sus puntos críticos relacionados con la velocidad de transmisión y se plantearon estrategias para la administración de las variables. Las pruebas se hicieron con 2 placas de desarrollo ubicadas a distancias fijas de 1, 2, 5 y 10m. Las mediciones se hicieron con software de análisis de redes inalámbricas y con un analizador de espectro para la banda de 2,4GHz.

La tarea “Procesamiento” fue planificada para analizar las capacidades disponibles para el procesamiento de la señal, empaquetado y generación de tramas para transmisión óptima y el análisis de la posibilidad de cifrado o protección de datos. Se ejecutó simultáneamente con la tarea “Stack” supliendo las necesidades en su implementación mediante la definición de ancho de paquete óptimo.

La tarea “Compresión” fue planificada para hacer un análisis y descripción de la señal a medir y los efectos de la pérdida de datos en caso de que la velocidad de transmisión no fuera suficiente para enviar los datos de forma completa.

La tarea “Inmunidad” fue planificada para analizar las técnicas de filtrado de radiofrecuencia para entradas analógicas sensibles y para analizar las posibilidades de des-sincronización de la transmisión y la adquisición.

**Desarrollo y resultados obtenidos:** soluciones y beneficios a los que conduce el trabajo desarrollado en el proyecto, aplicaciones, formación de recursos humanos, listas y detalles de resultados (según corresponda), limitaciones.

En cada tarea se obtuvieron los siguientes resultados:

En la tarea “Situación inicial” se investigó sobre la variabilidad de las condiciones ambientales del espectro electromagnético destinado a la comunicación basada en un estándar que usa canales de uso libre, concluyendo que existe solapamiento con otros sistemas de comunicación, en particular con las redes WIFI con consecuencias importantes. Dentro del ámbito de la universidad, y exactamente dentro del laboratorio donde se investigó bajo la influencia de algunas pocas redes activas, nos llevó a plantear un modelo de problema y una posible solución para la tarea posterior. Este modelo no funcionó en otros ámbitos donde el espectro electromagnético estaba más comprometido, generando una nueva evaluación del problema y nuevas mediciones.

En la tarea “Stack” se analizó el software embebido provisto por el fabricante para el chip de comunicación, se evaluó su funcionamiento, se determinaron sus puntos críticos relacionados con la velocidad de transmisión y se plantearon posibles mejoras. Teniendo en cuenta la medición hecha en la tarea “Situación Inicial” se planteó un modelo de funcionamiento de “Búsqueda de canal libre y transmisión siempre en ese canal”. Este modelo funcionó bien en el ámbito de la universidad y en un horario (tarde) en el que había poco tráfico por las redes inalámbricas. Los resultados obtenidos cumplieron con el cometido de velocidad de transferencia originalmente planteado. Pero al probar el método en otro lugar físico o en el mismo laboratorio pero en otro horario (noche) los resultados no fueron repetibles y hubo una gran cantidad de pérdida de datos en la transmisión. A partir de allí se retomó la tarea de evaluar la situación inicial con una mirada más amplia de como está distribuida la asignación de canales del espectro electromagnético para todas las situaciones posibles y según cada una de las necesidades de uso. Se planteó e implementó una segunda estrategia basada en “Búsqueda de canal libre y transmisión en ese canal para un solo paquete de datos” que si bien obtuvo una tasa de errores muy inferior, la velocidad de transferencia mermó considerablemente llegando a niveles muy por debajo de los 768kBit/s que lo hacía no aplicable a los requisitos. Finalmente se probó una tercera estrategia que tomó en consideración diferentes parámetros de la comunicación como un paquete de datos de mayor longitud, asignación dinámica del canal de transmisión, aumento de potencia al transmitir los canales de advertencia, requisitos sobre distancia máxima entre transceptores, etc. Con esta estrategia se logró tener la velocidad de transmisión deseada y cumplir con uno de los objetivos específicos.

De la tarea “Procesamiento” se obtuvo el tamaño de paquetes óptimo que permitió la mejor transmisión. También, y si bien no se implementó un cifrado o protección de datos particular, si se analizaron los orígenes y consecuencias de no aplicar mitigaciones que eviten potenciales vulnerabilidades de ciberseguridad.

La tarea “Compresión” resultó innecesaria y no fue ejecutada dado que se logró una velocidad de transmisión suficiente.

Los resultados del análisis hecho en la tarea “Inmunidad” permitieron definir las condiciones necesarias de las entradas de señal biológica para que la transmisión se hiciera de manera segura.

## Conclusiones

Se ha logrado mejorar la capacidad del grupo de investigación para manejar la transmisión inalámbrica de señales biológicas de manera segura y eficaz. Se definió una metodología para el manejo de problemas de inmunidad electromagnética en entradas de canales de bioseñales y una estrategia para la transmisión de esos datos de manera que cumpla con un requisito de velocidad mayor a 700kbit/s, con consumo e impacto electromagnético acotado. También se inició el tema de discusión sobre aspectos de ciberseguridad que pueden aparecer cuando se intenta reemplazar un cable de datos por una comunicación inalámbrica.

**Publicaciones y/o transferencias empleadas:** presentaciones, informes internos, prototipos.

Publicación, Póster y presentación: X Congreso de Microelectrónica Aplicada: Compromiso entre RRMC y el rechazo de RF en amplificadores de bioseñales

Publicación, Póster y presentación: CASE 2020 Merma en la Tasa de Transferencia Efectiva en placa de neuroseñales inalámbrica en entornos desfavorables.

Publicación, Video póster y presentación: CACIC2020 Impacto de una debilidad de ciberseguridad en la arquitectura de un sistema electromédico.

Trabajo no publicado reservado para uEA 2021 XII Congreso de Microelectrónica Aplicada Autoinmunidad electromagnética en placa de neuroseñales inalámbrica

## Bibliografía utilizada

- A. M. Khairuddin, K. N. F. Ku Azir and P. E. Kan, "Limitations and future of electrocardiography devices: A review and the perspective from the Internet of Things," 2017 International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS), Langkawi, pp. 1-7, 2017.
- Cordova-Fraga et al., "Wireless Implementation for Monitoring the Bio-Signal Shape of Blood Vessels", Ingeniería, Investigación y Tecnología, Volume 15, Issue 1, pp 11-19, 2014.
- J. Granados et al., "Towards energy-efficient HealthCare: An Internet-of-Things architecture using intelligent gateways", Proc. of International Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare, pp. 279-282, 2014
- J. Rodrigues, D. De Rezende Segundo, H. Arantes Junqueira, M Sabino, R. Prince, J. Al-Muhtadi, V. De Albuquerque, "Enabling Technologies for the Internet of Health Things", Access IEEE, vol. 6, pp. 13129-13141, 2018.
- M. Jiang et al., "IoT-based remote facial expression monitoring system with sEMG signal", IEEE Sensors Applications Symposium, pp. 1-6, 2016.
- M. Rostin, "Development of a Flexible Software Framework for Biosignal PI", Master of Science Thesis in Medical Engineering, School of Technology and Health, Royal Institute of Technology KTH Flemingsberg, Sweden, 2016
- N. Lethaby "Wireless connectivity for the Internet of Things: One size does not fit all", Texas instruments, 2017.
- V. K. Sarker, M. Jiang, T. N. Gia, A. Anzanpour, A. M. Rahmani and P. Liljeberg, "Portable multipurpose bio-signal acquisition and wireless streaming device for wearables," 2017 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS), Glassboro, NJ, 2017, pp. 1-6, 2017.

# CRITERIOS DE DISEÑO EN REDES DE MICRO DRENAJE URBANO (C2-ING-057)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

<b>Director:</b> Daniel Díaz	<b>e-mail:</b> ddiaz@unlam.edu.ar
<b>Co-Director:</b> Pablo Espiñeira	<b>e-mail:</b> pabloespineira@unlam.edu.ar
<b>Integrantes:</b> Bella, Martín Maximiliano. Pencieri, Federico. Juárez, Marcelo Adrián.	
<b>Becarios:</b> Bellana, Leandro.	

### Síntesis del contenido

La investigación se orientó a la problemática del proyecto de obras de saneamiento pluvial urbano en pequeñas cuencas. La diversidad de criterios y carencias en los contenidos mínimos advertidos por los organismos evaluadores, generan demoras en la obtención del apto técnico requerido para el financiamiento de las obras. El estado actual del conocimiento brinda numerosos modelos y manuales técnicos destinados al diseño de este tipo de obras, sin embargo, los órganos estatales no han profundizado en la definición normas específicas en esta materia.

Advertimos dificultades en las presentaciones de proyectos hidráulicos, relacionados con las capacidades de los recursos técnicos y humanos disponibles en los municipios.

En base a la problemática existente, se desarrolló un software para el pre dimensionamiento de redes de drenaje pluvial para pequeñas cuencas urbanas, que tiene como finalidad facilitar y tecnificar los trabajos de modelación de los proyectos a presentar. Además, este software servirá para impulsar el vínculo universidad – municipios en lo referente a la formación y capacitación de los recursos humanos, y al desarrollo de procedimientos o guías que definan una línea de base, orientada a los cuadros técnicos de dichos organismos, así como a los profesionales actuantes en este campo.

**Palabras clave:** Desagües, hidráulica, hidrología, drenaje, urbano, saneamiento.

### Problemática a resolver

La Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica (SIPH) del actual Ministerio de Obras Públicas de la Nación (al momento del relevamiento pertenecía al Ministerio de Interior, Obras Públicas y Vivienda) recibe las solicitudes de financiamiento de proyectos hidráulicos de todo el país. Para obtener el financiamiento uno de los primeros pasos a

cumplimentar es la obtención del Apto Técnico del proyecto de la obra hidráulica. Si bien existe una “Guía de presentación” [1], donde se detalla punto por punto la documentación a incorporar, se advierten dificultades en la finalización del trámite.

La línea de investigación se basó en encontrar los motivos que generan dificultades y demoras en la obtención del apto técnico solicitado por los municipios, cuya finalidad es obtener el financiamiento de obras de saneamiento hidráulico.

La hipótesis o propuesta del presente proyecto se basa en que, la implementación de procedimientos y/o metodologías de diseño de redes de micro drenaje pluvial urbano reducirán los plazos de aprobación técnica de los proyectos y agilizarán los trámites de financiamiento de las obras hidráulicas.

Dentro de los objetivos de la investigación se consideró el relevamiento cualitativo y cuantitativo de los recursos humanos y tecnológicos disponibles por parte de los municipios para llevar adelante los proyectos de saneamiento pluvial, así como averiguar el nivel de capacitación específica de dicho personal y herramientas bibliográficas y tecnológicas disponibles.

## **Metodología del trabajo desarrollado**

La metodología de trabajo se basó en:

- El relevamiento de bibliografía específica (normativa, manuales, guías técnicas) a través de bibliotecas virtuales, sitios webs y consultas a los organismos estatales.
- Reuniones y charlas con personal de las áreas técnicas de algunos municipios con el fin de tomar conocimiento de los trabajos de proyecto realizados, y de los recursos técnicos y tecnológicos disponibles.
- Información de los organismos de financiamiento sobre la problemática observada en la documentación técnica presentada para la obtención del apto técnico.

Se hizo un profundo relevamiento de la reglamentación, normas, manuales técnicos y guías, desarrolladas en otras partes del mundo, pero en particular en Latinoamérica de manera de poder apreciar el estado de situación en relación con los países hermanos de la región.

Se recopiló numerosa documentación de reglamentación y manuales en diversas ciudades y países del continente, tales como San Pablo [2], Medellín [3], Guayaquil [4], Curitiba [5], Estado Plurinacional de Bolivia [6] y Chile [7], entre otros.

A nivel nacional, la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica del Ministerio de Obras Públicas de la Nación, publica la “Guía para la presentación de Solicitudes de Financiamiento de Obras Hidráulicas” [1], en la cual se especifica la documentación mínima requerida.

La Provincia de Buenos Aires, a través de la Dirección Provincial de Hidráulica (DPH), publicó en 1995 una “Normas para la presentación de proyectos de desagüe” [8], en la cual se establecen criterios de diseño en virtud de la envergadura de la obra. Al día de la fecha dicha norma no cuenta con ninguna revisión o actualización.

En particular, se encontró en la página web de la Provincia de Buenos Aires el “Manual para el diseño de planes maestros para la mejora de la infraestructura y la gestión del drenaje urbano” [9], presentado en abril de 2003, por Secretaría de Obras Públicas de la Nación. En el Capítulo 1, Punto 5, Objetivo del Manual se indica “este Manual ha sido pensado más que como una herramienta de cálculo para el proyectista, como una guía ordenada, completa y con una concepción global del complejo proceso de planificación urbana donde el diseño del sistema de drenaje es un orientador de la ocupación futura del espacio”, más adelante indica: “La estructura del Manual ha sido diseñada para que sea utilizado tanto por funcionarios municipales o provinciales con nivel de decisión, como por planificadores urbanos y proyectistas de las distintas especialidades involucradas”, y finaliza señalando “De acuerdo con los objetivos señalados, el presente Manual intenta convertirse en una herramienta útil para encarar de un modo ordenado y completo la presentación de proyectos de drenaje urbano ante los organismos de crédito internacionales”, sin embargo en dicha página no se cuenta con los anexos.

El año 2020, presentó enormes dificultades en las tareas de relevamiento, búsqueda y trabajo colectivo, dadas las dificultades y restricciones causadas por el confinamiento y cambios en las actividades sociales generados por la pandemia de la covid-19.

Pese a la crisis sanitaria global, por medio de contactos personales realizados en congresos se pudieron obtener los borradores de los anexos del “Manual para el diseño de planes maestros para la mejora de la infraestructura y la gestión del drenaje urbano” [9].

Por último, se logró acceder al documento “Criterios de planeamiento y herramientas de diseño de sistemas de drenaje urbano sustentables para la Provincia de Entre Ríos” [10]. Este documento, es de gran valor técnico y presenta las cualidades y calidades suficientes para ser un material de referencia nacional en el diseño de redes de micro drenaje pluvial.

En cuanto a la problemática de obtención del apto técnico de los proyectos, nos contactamos con autoridades y profesionales del área hidráulica, en especial con aquellos que trabajan en las áreas técnicas del ámbito municipal, provincial y nacional.

Complementariamente, el grupo de trabajo participó de foros, seminarios y charlas técnicas brindadas por organizaciones académicas o profesionales con el fin de vincularnos e intercambiar opiniones y experiencias.

Otro de los aspectos analizados fueron las capacidades de los cuadros técnicos municipales. Mayoritariamente, estos están conformados por topógrafos, maestros mayores de obra y estudiantes de carreras de ingeniería civil y arquitectura, a cargo de profesionales arquitectos, ingenieros y/o agrimensores. Son ellos quienes identifican y relevan la problemática de anegamientos a nivel municipal, con la colaboración activa de vecinos y distintos actores sociales.

En este contexto, las áreas técnicas municipales analizan, proponen alternativas y proyectan las obras de mitigación pertinentes. Independientes de situaciones coyuntura-

les, en general todas las áreas técnicas presentan el potencial humano y técnico suficiente para llevar adelante las tareas de relevamiento planialtimétrico de las cuencas y la elaboración de la documentación gráfica. Sin embargo, se advierten ciertas disparidades en los criterios aplicados en los trabajos de modelación hidrológica e hidráulica y el reducido uso de software especializado.

A nivel municipal, en general las obras control y mitigación pluvial son llevadas a cabo con financiamiento del Estado nacional o provincial. En particular, el Estado Nacional a través del Fondo Hídrico de Infraestructura (Ley 26181/2006), destina recursos con afectación específica al desarrollo de proyectos, obras, mantenimiento y servicios de infraestructura hídrica, de recuperación de tierras productivas, de control y mitigación de inundaciones y de protección de infraestructura vial y ferroviaria.

## Desarrollo y resultados obtenidos

La Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica (SlyPH) del actual Ministerio de Obras Públicas de la Nación recibe las solicitudes de financiamiento de proyectos hidráulicos de todo el país. Para obtener el financiamiento uno de los primeros pasos a cumplir es la obtención del Apto Técnico del proyecto de la obra hidráulica. Si bien existe en la “Guía de presentación” [1] se detalla punto por punto la documentación a incorporar, se advierten importantes dificultades en la confección de esta.



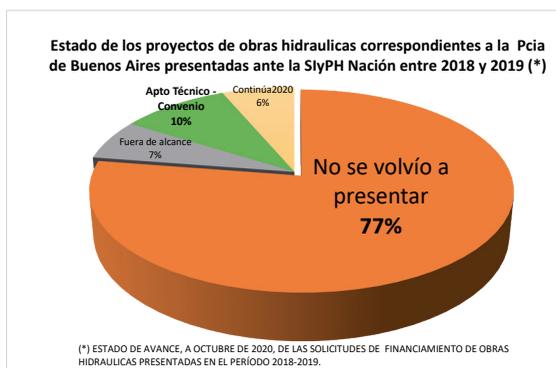
**Gráfico 1:** proyectos de obras hidráulicas presentados ante la SlyPH de Nación (2018-2019).

En virtud de la información suministrada por la SlyPH, a continuación, se presenta el siguiente análisis:

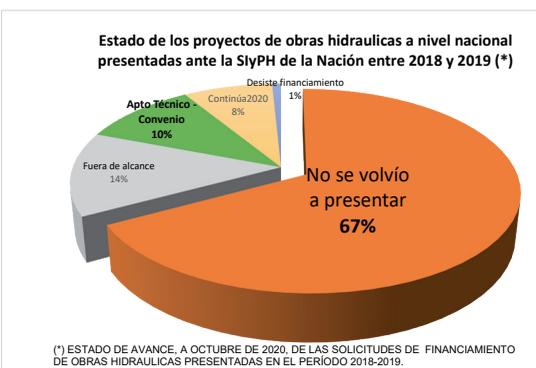
- Durante el período 2018-2019, el 25% de las solicitudes de financiamiento de proyectos hidráulicos correspondían a obras en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires. Ver Gráfico 1.
- Al mes de octubre de 2020, el 10% de las solicitudes presentadas en el período 2018-2019 obtuvo el Apto Técnico y firmó Convenio de financiamiento, mientras

que un 67% no volvió a presentar respuesta a las observaciones remitidas por la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica. Ver Gráfico 2.

- Al mes de octubre de 2020, si se analiza solo a la Provincia de Buenos Aires, el porcentaje de Aptos técnicos y Convenios se mantiene en el promedio nacional del 10%, sin embargo, el 77% de las solicitudes presentadas en el período 2018-2019 no han dado respuesta a las observaciones remitidas. Ver Gráfico 3.



**Gráfico 2:** estado (a octubre de 2020) de los proyectos de obras hidráulicas a nivel nacional, presentados en el período 2018-2019 ante la SlyPH.



**Gráfico 3:** estado (a octubre de 2020) de los proyectos de obras hidráulicas en la Provincia de Buenos Aires, presentados en el período 2018-2019 ante la SlyPH.

Con respecto al “Manual para el diseño de planes maestros para la mejora de la infraestructura y la gestión del drenaje urbano de la Nación” [9], la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica nos informó que dicho documento no se encuentra en aplicación, no cuentan con registros de su uso en los últimos años.

Como resultado del relevamiento y análisis de la información obtenida durante la segunda mitad del año 2020, advertimos que en gran medida las obras no logran rubricar los convenios de financiamiento dado que no se da respuesta a las observaciones técnicas. Entendemos que, en parte, esto se debe a la falta de recursos tecnológicos y capacitación específica de los cuadros técnicos de la administración municipal.

En tal sentido, hemos desarrollado un programa de pre dimensionamiento de redes de desagües pluviales. Este software, es de acceso gratuito para los municipios y ha sido desarrollado de forma de simplificar las tareas de proyecto de pequeñas redes de alcantarillado urbano utilizando el Método de Racional para la estimación de caudales, dado que es el modelo de transformación lluvia-caudal de uso habitual en pequeñas cuencas urbanas.

El desarrollo del software contó con la participación del becario Leandro Bellana, estudiante de ingeniería civil, y el intercambio de ideas con otros graduados de la carrera que trabajan en la Dirección de Hidráulica del Municipio de La Matanza y quienes tendrán a su disposición dicha herramienta.

En resumen, existen numerosas publicaciones, guías técnicas y manuales de drenaje urbano tanto a nivel regional, y en menor medida a nivel nacional. Sin embargo, la dificultad común en todos los casos se encuentra en los problemas de divulgación y difundir.

Por su parte, la vinculación entre la universidad y los municipios es una pieza clave para la capacitación continua de los cuadros técnicos.

Es de vital importancia el rol del Estado en la unificación y definición de normas, guías técnicas o manuales de drenaje urbano, que ordene criterios de proyecto como mínimo a nivel de cuenca, y que desarrolle un amplio plan de divulgación.

## **Conclusiones**

Es una medida estratégica establecer y fortalecer los vínculos entre la Universidad Pública y las Autoridades hídricas municipales, provinciales y nacionales con el fin de promover espacios de consulta, divulgación y colaboración en los temas relacionados con la planificación de la gestión de cuenca y el manejo del recurso hídrico a nivel local, así como en la capacitación, actualización y perfeccionamiento de los cuadros técnicos, profesionales y de los Tomadores de decisión.

La hipótesis inicial fue parcialmente refutada, dado que, si bien no hay una normativa, manual o guía de referencia local para el desarrollo de los proyectos, las inconsistencias y demoras en responder las observaciones son debidas, en gran medida, a las carencias de ciertos recursos tecnológicos y a la necesidad de actualización y perfeccionamiento de la capacitación técnica específica de los recursos humanos.

Para finalizar, es dable señalar que el escenario actual de la planificación local de la gestión y manejo del recurso hídrico advierte la necesidad de avanzar velozmente en la difusión e incorporación del enfoque de los Sistemas de Drenaje Urbano Sustentable (SUDS) en la planificación de la administración del agua pluvial urbana (Plan Director de drenaje urbano pluvial / Planes de contingencia / Zonificación de áreas vulnerables / Legislación) y colaborar desde nuestros lugares de acción académica y profesional en la difusión de los nuevos paradigmas y conceptos de drenaje urbano del siglo XXI, orientados al desarrollo sostenible (ODS, Objetivos del Desarrollo Sostenible, Agenda 2030).

## **Publicaciones y/o transferencias empleadas: presentaciones, informes internos, prototipos.**

Expositor en Expo proyecto DIIT-UNLaM 2020 “Problemática en el desarrollo de proyectos de drenaje urbano”.

## **Bibliografía utilizada**

“Guía para la presentación de Solicitudes de Financiamiento de Obras Hidráulicas”, Ministerio de Obras Públicas de la Nación Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica, ([https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia\\_para\\_la\\_presentacion\\_de\\_solicitudes\\_de\\_financiamiento\\_2020.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_para_la_presentacion_de_solicitudes_de_financiamiento_2020.pdf))

“Manual de drenagem e manejo de águas pluvias” (2012). Municipio de Sao Paulo, Secretaría Municipal de Desenvolvimento Urbano. Fundación Centro Tecnológico de Hidráulica, año 2012, ([www.prefeitura.sp.gov.br](http://www.prefeitura.sp.gov.br)).

- “Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de EPM - Empresas Públicas de Medellín” (2013). Universidad de los Andes, Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillado – CIACUA – del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Colombia.
- “Manual de drenaje pluvial urbano de la Ciudad de Guayaquil” (Versión 1.0, mayo de 2016). Preparado por JVP Consultores (Ing. Fernando Pérez Ayala, Ing. Juan Carlos Giménez e Inga. Debra Cisterna) para Interagua C. Ltda. y EMAPAG-EP, Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil. Ecuador.
- “Manual de drenagem urbana”, (versión 1.0, diciembre de 2002). Región metropolitana de Curitiba-Paraná. Gobierno del Estado de Paraná, Secretaria de Estado de medio ambiente y recursos hídricos, SUDERHSA Superintendencia de Desenvolvimiento de Recursos Hídricos y Saneamiento Ambiental, Programa de saneamiento ambiental da Región metropolitana de Curitiba, Plan Director de drenaje para la cuenca del río Iguazú en la región metropolitana de Curitiba.
- “Reglamento Técnico de diseño de sistema de drenaje pluvial urbano”, Reglamento Nacional del Ministerio de Medio Ambiente y Agua del Estado Plurinacional de Bolivia (1ra Edición, agosto de 2010).
- “Manual de drenaje urbano”, guía para el diseño, construcción, operación y conservación de obras de drenaje urbano de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas de Chile (versión octubre de 2013),
- “Normas para la presentación de proyectos de desagüe” (Aprobada por disposición n°1170 – 2 de junio de 1995, Expediente 2406-90/95) – Dirección Provincial de Hidráulica de la Provincia de Buenos Aires.
- “Manual para el diseño de planes maestros para la mejora de la infraestructura y la gestión del drenaje urbano”. (abril de 2003) Presidencia de la Nación, Secretaría de Obras Públicas, Unidad Coordinadora de Programas con Financiación Externa, Donación del Gobierno de Japón – TF 25819.
- “Criterios de planeamiento y herramientas de diseño de sistemas de drenaje urbano sustentables para la Provincia de Entre Ríos” (abril de 2014). Grupo de Investigación en Hidrología e Hidráulica Aplicada – GIHHA. UTN – Facultad Regional Concordia, Departamento de Ingeniería Civil.

# **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA EXPERTO COMO APOYO AL PROCESO DE DESPACHO DE TRÁMITES DE UN ORGANISMO JUDICIAL (C236/PII)**

**RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL**

---

**Director: Sposito, Osvaldo**

**e-mail: sposito@unlam.edu.ar**

**Codirector: Busnelli, Luis**

**e-mail: lbusnell@unlam.edu.ar**

**Integrantes:**

**Investigadores:**

**Conti, Laura**

**Frega, Gerardo**

**Ledesma, Viviana**

**Bossero, Julio**

**Saizar, Victoria**

**Gargano, Cecilia**

**Procopio, Gastón**

**García, Sergio**

**Pérez Villar, Gustavo**

**Alumnos Ad-Honorem:**

**Fabio Quintana**

## **Síntesis del contenido**

La aplicación de la tecnología en el ámbito jurídico ha tenido un amplio desarrollo en la actualidad. Diversas actividades han sido informatizadas, desde la planificación de la agenda de jueces, hasta la redacción automatizada de textos jurídicos, pasando por la gestión de las causas, incluso su utilización como apoyo en la toma de decisiones relacionadas a las sentencias. Este proyecto tuvo como objetivo principal la generación de conocimiento especializado y el desarrollo de una herramienta informática que ayude a la sistematización y optimización de ciertos procesos judiciales que actualmente se realizan en forma manual o semiautomática en un juzgado perteneciente al Poder Judicial de la Provincia de Buenos Aires. Se trata de un Sistema Experto que se ha denominado "Experticia", este busca atender una necesidad real de los organismos judiciales, particularmente pretende dar soporte a los operadores judiciales en su decisión para la resolución de una causa.

### **Palabras clave**

Informática Jurídica, Justicia Digital, Inteligencia Artificial, Sistemas Expertos, Sistemas Expertos Legales.

## **Problemática a resolver**

La aplicación de la tecnología en el campo de la justicia se conoce como informática jurídica, un instrumento del derecho que puede dividirse en tres áreas de aplicación: la informática documentaria, la de control y gestión y la decisional (Tellez, 1996). La informática jurídica decisional es una de las más dinámicas y, en los últimos tiempos en especial, ha experimentado constante evolución. Tiene que ver con Inteligencia Artificial (IA) aplicada al derecho para simular el razonamiento jurídico decisional (Guibourg & Campanella, 1996). Los Sistemas Expertos (SE) constituyen una aplicación de la IA. Esta se ha definido como la ciencia de construir máquinas para que mediante la combinación de algoritmos hagan cosas que, si las hicieran los humanos, requerirían inteligencia (Pérez Luño, 1997). En cuanto a los SE se basan en la experiencia, podrían definirse como aquellos programas informáticos que reproducen las acciones previstas por el experto que lo diseña y están pensados para un área de aplicación específica.

En el año 2020 la Suprema Corte de Justicia de la Provincia de Buenos Aires y la Universidad Nacional de La Matanza firmaron un convenio de Colaboración Recíproca (Resolución SC N° 855/19) para el desarrollo de Experticia, un SE que será utilizado en todos los organismos de la justicia en el ámbito provincial. Se lleva a cabo de modo interdisciplinario por investigadores de dos departamentos, el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas y el Departamento de Derecho y Ciencias Políticas de la Universidad Nacional de La Matanza. A su vez, el mismo se realiza con la estrecha colaboración del Departamento de Desarrollo Informático dependiente de la Subsecretaría de Tecnología Informática del Poder Judicial de la Provincia de Buenos Aires y del Juzgado de Ejecución N°2 del Departamento Judicial Morón.

En el presente, el Poder Judicial de la Provincia de Buenos Aires dispone del sistema Augusta, el cual constituye un repositorio unificado de todas las causas existentes, donde se vuelcan todos los procesos administrativos que se realizan en cada organismo. La suma de todas las resoluciones y comunicaciones constituye un gran caudal de trabajo diario para los tribunales que deben enfrentarlo con limitados recursos. Esto obliga a las instituciones a definir y adoptar estrategias para optimizar el uso de los recursos. Con este desarrollo se busca cubrir una necesidad real de los organismos judiciales, concretamente el asistir a la tarea de despacho de trámites relacionados al expediente electrónico. La idea principal es que Experticia reciba como parámetros de entrada referencias almacenadas en Augusta y entregue como resultado uno o más trámites con los documentos electrónicos correspondientes (ver Figura 1). Está pensado para que pueda aplicarse a futuro en diferentes fueros, instancias y procesos sobre la causa judicial.

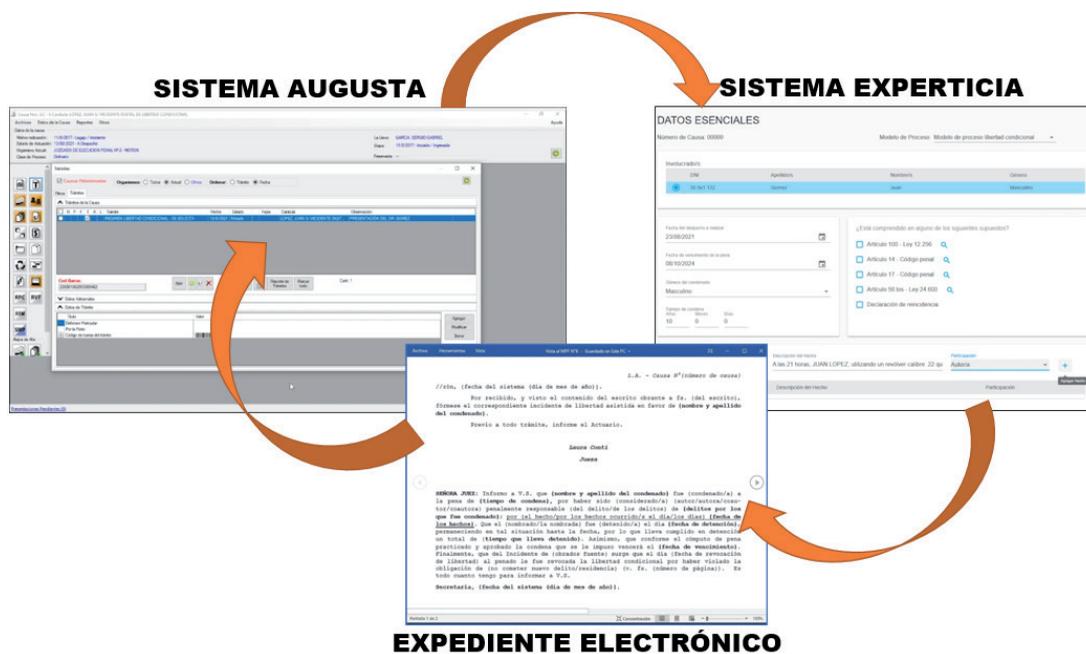


Figura 1. Integración de Augustus y Experticia

## Metodología del trabajo desarrollado

La metodología utilizada para cumplir con los objetivos del proyecto incluyó:

- Búsqueda bibliográfica sobre metodologías para manejo de árboles de decisión.
- Reuniones periódicas con personal clave de la Subsecretaría de Tecnología Informática del Poder Judicial de la Provincia de Buenos Aires y del Juzgado de Ejecución N°2 del Departamento Judicial Morón tanto para la elicitación de los requisitos del sistema, como también para la resolución de aspectos técnicos a considerar en la comunicación con el sistema Augustus.
- Desarrollo de un prototipo funcional, para pruebas en un contexto real, el experimento se llevó adelante con operadores del Juzgado de Ejecución N°2 del Departamento Judicial Morón.

## Desarrollo y resultados obtenidos

Una estrategia aplicada para la resolución de despachos en todos los organismos es la utilización de modelos que reflejan las decisiones que se dictan más frecuentemente. Experticia permite tomar la experiencia de los expertos de cada fuero y construir una base de conocimientos con los modelos estandarizados, que luego, puedan ser aplicados por los operadores en los distintos organismos judiciales. Inicialmente, consiste en dos módulos principales, por una parte, el que permite gestionar los modelos de proceso, y también, el que envuelve la aplicación de los modelos de proceso por parte de los distintos organismos judiciales.

A fin de evaluar la efectividad de Experticia en un entorno real se desarrolló un prototipo funcional del mismo (versión de escritorio o desktop). Se configuró para la experiencia el modelo de proceso de Pedido de Libertad condicional para luego ponerlo a prueba en el Juzgado de Ejecución Penal N° 2 de Morón. Participaron 6 agentes del juzgado con variada experiencia en el organismo que iba de 2 a 18 años.

Cada agente recibió un incidente para proveer, con el incidente de ejecución asociado. En primer lugar, debieron resolver el despacho sólo utilizando Augusta, es decir como ya lo vienen realizando habitualmente. Luego, los mismos agentes debieron resolver un incidente diferente al anterior, pero con un supuesto en el que se debían analizar exactamente las mismas cuestiones, pero en este caso, utilizando el prototipo de Experticia. Ha de mencionarse, que era la primera vez que los agentes utilizaban Experticia, realizaron las pruebas luego de un breve entrenamiento.

Para cada despacho se han medido los tiempos que les llevó la resolución considerando desde que el agente tuvo a su disposición los incidentes hasta que éstos estuvieron listos para su impresión en Augusta.

En principio ¿qué se puede decir sobre la correctitud de las resoluciones realizadas usando Experticia? La corroboración de que el proyecto de proveído esté correcto y pueda ser firmado la hizo el secretario del mismo juzgado. Cuando se utilizó sólo Augusta, se han detectado 5 errores en las resoluciones obtenidas, sin aparente relación con la experiencia de los agentes. Uno de los errores asociados a redacción y los restantes relacionados a una cuestión jurídica de una circunstancia relevante donde se omitió la comprobación de que no haya ninguna circunstancia objetiva que impida la concesión del beneficio.

En cambio, con la utilización de Experticia no se ha detectado que los agentes hayan incurrido en errores, esto podría tener relación con que la guía que proporciona el sistema a través de las preguntas predefinidas para la resolución del modelo ha ayudado a evitar fallas al procesar los pedidos en cuestión.

En lo referido al análisis de los tiempos, en la Tabla 1, se presenta un resumen de las mediciones en minutos para cada ejecución. También se ha incluido el cálculo del beneficio obtenido con el uso de Experticia desde el punto de vista de la disminución de los tiempos que se necesitaron para procesar los pedidos.

Tabla 1. Tiempos insumidos en minutos en cada prueba

Agente #	Sólo AUGUSTA	Con EXPERTICIA	Disminución con EXPERTICIA	
			Tiempo	%
Agente 1	25:13	11:28	13:45	55%
Agente 2	20:56	10:26	10:30	50%
Agente 3	14:02	10:11	3:51	27%
Agente 4	18:21	11:33	6:48	37%
Agente 5	13:41	7:41	6:00	44%
Agente 6	15:23	5:54	9:29	62%
Promedio				

Como se puede notar a partir de los resultados conseguidos, todos los agentes han logrado mejorar los tiempos requeridos para la resolución de cada despacho cuando usaron Experticia. Es notable que en promedio se ha conseguido una reducción del tiempo de un 47%, esto a pesar que los resultados estuvieron condicionados por dos situaciones: primero, como se mencionó previamente, los agentes no contaban con experiencia en el uso del nuevo sistema; además, por tratarse del primer prototipo, en las mediciones de tiempos se ha incluido lo que les insumió realizar la carga manual de los documentos generados por Experticia en Augusta, esta tarea no será responsabilidad de los agentes cuando Experticia esté operativo, dado que se realizará de modo automático. Con lo cual, subsanando las situaciones mencionadas antes, se espera que en un futuro se pueda alcanzar una mayor optimización.

¿Qué representan estos resultados llevándolos a una escala mayor? Si se hace una proyección tomando como referencia los períodos 2019 y 2020, en promedio ingresaron en el Juzgado de Ejecución Penal N°2 de Morón más de 3000 despachos por año, con Experticia podría conseguirse una reducción de la carga de trabajo en unas 413 horas anuales. Esto representa para los operadores judiciales una reducción de 2 horas por jornada de trabajo. Y esto solo si se piensa en beneficios de ejecución, no se incluyen otros muchos despachos que pueden ser perfectamente automatizables, con lo que es posible afirmar que esta prueba ha arrojado resultados más que interesantes.

A partir de dicho prototipo se realizó una proyección del sistema desktop a un sistema web, que cuenta con los módulos correspondientes a la gestión de modelos de proceso y el de su aplicación para la resolución de los despachos asociados a las causas. Si bien se realizó un primer avance en cuanto a la comunicación Experticia-Augusta, se planifica continuar trabajando en este proyecto para completar la implementación de las conexiones restantes para acceder a otros servicios de Augusta.

## **Conclusiones**

Con Experticia se consigue agilizar y estandarizar el despacho de trámites asociados al expediente judicial. Las pruebas iniciales realizadas sobre un prototipo han arrojado resultados prometedores, se obtuvo una disminución inicial considerable en los tiempos insumidos. Por otra parte, con el soporte proporcionado por el sistema durante el proceso, se ha logrado disminuir notablemente los errores en los despachos.

Así es que, con la implementación de este sistema se espera conseguir una serie de beneficios reales en el quehacer diario de los organismos, desde conseguir la estandarización del proceso de despacho de trámites, como también reducir al máximo posibles errores, por ejemplo, debido a una carga incorrecta de datos o por la omisión de alguna comprobación necesaria. Así también, favorecer la capacitación de los operadores con menos experiencia, de modo que estos puedan resolver los despachos de un modo ágil, asegurando la eficacia y calidad de las decisiones tomadas, logrando los mismos resultados que obtendrían aquellos que cuentan con una sólida experiencia. Otro factor clave, y no menos importante que los anteriores, es la agilización y reducción en los tiempos de resolución de los despachos, lo cual podría conducir a un mejor aprovechamiento del tiempo disponible de modo que los magistrados puedan avocarse a tareas particulares y menos rutinarias.

Como paso siguiente se espera profundizar el desarrollo de Experticia integrándolo con Augusta y así darle un mayor alcance, a nivel provincial. La finalidad es que pueda aplicarse en los distintos organismos judiciales de la Provincia de Buenos Aires incorporando los restantes modelos de proceso utilizados.

## Publicaciones y/o transferencias empleadas

Se realizaron las siguientes publicaciones:

“Inteligencia Artificial aplicada al Poder Judicial”, Sposito, O.; Ledesma, V.; Procopio, G.; Bossero, J. XXII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2020), Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA), pp. 7-11, ISBN: 978-987-3714-82-5. Mayo 2020.

“Sistema Experto para Apoyo del Proceso de Despacho de Trámites de un Organismo Judicial”. Sposito, O.; Busnelli, L.; Conti, L.; García, S.; Pérez Villar, G.; Ledesma, V.; Procopio, G.; Bossero, J. XIV Simposio de Informática en el Estado (SIE 2020) - JAIIO 49. Facultad de Ingeniería de la UBA. ISSN: 2451-7534, pp. 17-29. Octubre 2020.

“Metodología para evaluar un modelo de Justicia Predictiva”. Sposito, O.; Busnelli, L.; Conti, L.; García, S.; Pérez Villar, G.; Ledesma, V.; Procopio, G.; Bossero, J. 8vo. Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información (CoNalISI 2020). Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional San Francisco. ISBN 978-950-42-0202-8, pp. 527-535. Noviembre 2020.

“Experticia. Un Modelo de Sistema Experto aplicada al Poder Judicial”. Sposito, O.; Busnelli, L.; Ledesma, V.; Conti, L.; García, S.; Procopio, G.; Pérez Villar, G.; Frega, G.; Bossero, J.; Saizar V.; Quintana, F. XXIII. Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2021). Universidad Nacional de Chilecito, La Rioja. ISBN: 978-987-24611-3-3; 978-987-24611-4-0, pp. 113-118. Abril 2021.

Sposito, O.; Busnelli, L.; Ledesma, V.; Conti, L.; García, S.; Procopio, G.; Pérez Villar, G.; Frega, G.; Bossero, J.; Saizar V.; Quintana, F. (2021). Experticia, un sistema experto para dar apoyo al despacho de trámites asociados al expediente judicial. Suplemento de Derecho de la Alta Tecnología. elDial.com Biblioteca Jurídica Online. ISSN: 2362-3527. Disponible en: [https://www.eldial.com/nuevo/lite-tcd-detalle.asp?id=14162&base=50&id\\_publicar=&fecha\\_publicar=08/11/2021&indice=doctrina&suple=DAT](https://www.eldial.com/nuevo/lite-tcd-detalle.asp?id=14162&base=50&id_publicar=&fecha_publicar=08/11/2021&indice=doctrina&suple=DAT)

Además de las publicaciones realizadas, el 31 de agosto de 2021 se celebró una jornada titulada “Experticia. Un camino hacia la Inteligencia Artificial en la justicia”. La misma fue organizada por la Universidad Nacional de La Matanza y el Colegio de Magistrados y Funcionarios de la Provincia de Buenos Aires. Fue llevada a cabo a través de la Plataforma Zoom hubo alrededor de 150 conexiones y además se transmitió por YouTube, con más de 500 vistas. El evento fue declarado de interés por la Suprema Corte de Justicia.

En septiembre de 2021 se realizó la exposición: “Experticia. Una experiencia argentina de IA”. En las XXVI Jornadas Científicas de la Magistratura Argentina - FAM 2021. Organizado por: Federación Argentina de la Magistratura y la Función Judicial (FAM), modalidad de encuentros virtuales a través del sitio FAMConecta.

## Bibliografía utilizada

Anzalone, A. (2019) ¿Robotización Judicial? Breves Reflexiones Críticas. Journal of Ethics and Legal Technologies – Volume 1(1). Università degli Studi di Padova. Italia.

Granero, H. (2020). Inteligencia Artificial y Derecho, un reto social. Ed. elDial.com.

Guibourg, R., Alende, J. & Campanella, E. (1996) Manual de Informática Jurídica. Informática Jurídica Decisoria. Tomo ASTREA pág. 151. Disponible en: <http://www.saij.gob.ar/doctrina/>

daca960114-guibourg- manual\_informatica\_juridica\_informatica.htm. Fecha de consulta: 15/6/2021.

Marianello, P. (2020). La Justicia Digital el Argentina en tiempo de Pandemia. Su nueva visión hacia un Estado Digital de Derechos. eDial DC2B11 Editorial Albrematica S.A. Publicado el: 11/06/2020 – [www.eldial.com](http://www.eldial.com).

Pérez Luño, A. (1997). Manual de Informática y Derecho, Ariel Derecho. Madrid.

Tellez, J. (1996) Derecho Informático, 2ª. Ed. McGraw Hill. México.

# DISPOSITIVO DE ASISTENCIA DE PERSONAS MEDIANTE MONITOREO Y ANÁLISIS DE DATOS EN LA NUBE (C2-ING-056)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

**Director:** Lic. Graciela Elisabeth De Luca (e-mail: gdeluca@unlam.edu.ar)

**Co-Director:** Ing. Waldo Adolfo Valiente (e-mail: wvaliente@unlam.edu.ar)

**Integrantes Investigadores:**

Ing. Esteban Carnuccio, Ing. Gerardo García; Ing. Mariano Volker.

**Alumnos Ad-Honorem:**

Sr. Raúl Villca, Sr. Marcos Vittorio, Sr. Germán Lorenz, Sr. Matías Adagio

### Síntesis del contenido

En el presente proyecto se desarrolló una aplicación IoT de asistencia compuesta, mediante un sistema embebido que permite el monitoreo, alerta y ubicación de personas, enviando distintos avisos a un servidor, y este los retransmite a las aplicaciones móviles registradas. Entre los avisos destacados se encuentran las alertas de caídas del monitoreado, su geolocalización y notificación de pánico. Para conseguirlo, en la primera etapa del proyecto se buscó una nueva arquitectura embebida de bajo costo y con consumo energético reducido, siendo la plataforma STM32F103C8T6 la que mejor se adapta a estos requisitos. Esta arquitectura permite conectar el sensor de movimiento, el módulo de geolocalización, el de comunicación cercana (Bluetooth) y de la comunicación con internet. Además, como no se usa Sistema Operativo en el embebido, para lograr utilizar estos módulos, se debió construir cada uno de los drivers empleando el lenguaje C++. Además, se desarrollaron distintos mecanismos de seguridad, para poder comunicar a todas las partes que forman la solución. Por **último**, se confeccionó el diseño del sistema embebido final, consiguiendo el tamaño reducido buscado, siendo fácil de utilizar por el usuario. No obstante, por cuestiones de dificultades externas y sociales, no se pudo llegar a su construcción.

**Palabras clave:** Alerta, Geolocalización, Monitoreo, IoT, Driver, Bluetooth

### Problemática a resolver

Gracias a la tecnología de IoT [1] los objetos pueden comunicarse y utilizarse para mejorar las condiciones actuales de vida de las personas. En ese contexto, este trabajo hace llegar una herramienta para el cuidado de las personas, realizando un aporte social importante. Para ello se plantea que la tecnología puede mejorar ciertas situaciones desafortunadas, como en el caso de que una persona sufra una caída y no logre recomponerse por sus propios medios, tratando de minimizar las consecuencias del imprevisto. Por ese motivo se buscó como solución construir un dispositivo que ayude a dar aviso instantáneamente al cuidador, notificándole en donde se produjeron dicho imprevisto. Además de permitir que la persona monitoreada de un aviso de emergencia crítica por medio de un

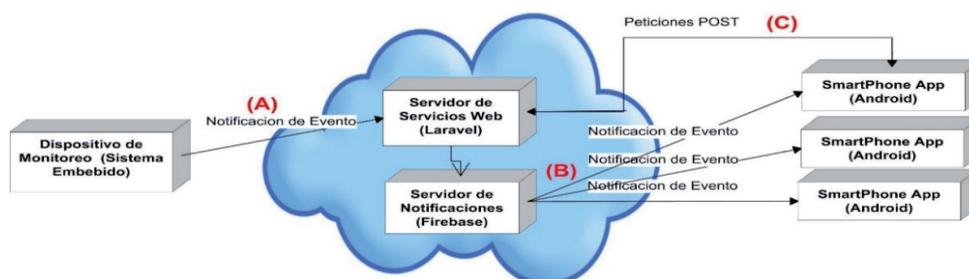
botón de pánico. Gracias a la lectura de su geolocalización, esta permite poder determinar la ubicación del suceso, como así también el estado y localización de la persona monitoreada en cualquier momento en que el cuidador lo desee.

## Metodología del trabajo desarrollado

Como punto de partida se encuentra el trabajo realizado en el proyecto anterior, en donde se estudiaron las distintas fases de una caída, lo que permitió desarrollar un algoritmo detector que se puede ejecutar en un sistema embebido [2]. Como resultado de esa investigación se obtuvo un dispositivo incómodo para ser utilizado, por lo que en esta oportunidad se buscó cambiar la tecnología, a los fines de que el dispositivo final sea de tamaño reducido y de cómodo uso. El desarrollo del proyecto actual se dividió en dos etapas. En la primera de ellas, se llevó a cabo la búsqueda de una nueva arquitectura, que cumpla con las prestaciones de bajo consumo energético, disponibilidad de conexión de los distintos componentes y sea de tamaño reducido. Además, en esta etapa se efectuó la adquisición de los conocimientos necesarios para aprender a usar la nueva plataforma elegida. Posteriormente se diseñaron y desarrollaron las funcionalidades del nuevo sistema en forma incremental, tanto a nivel de software como en construcción del dispositivo. Comenzando por diseños sencillos, con unos pocos sensores y funcionalidades reducidas. En la segunda parte se fueron agregando más componentes y complejizando así la solución. Luego se diseñó el dispositivo final dividiéndolo en dos ejes. Por un lado, a nivel del dispositivo, con la conexión de sus módulos y del gabinete, que contiene el sistema embebido. Por el otro lado, a nivel de aplicativos, se desarrollaron las aplicaciones del servidor y del dispositivo móvil, junto con la lógica de seguridad en la transmisión de información.

## Desarrollo y resultados obtenidos

El diseño del sistema fue realizado para permitir el seguimiento de la ubicación de la persona que lo esté utilizando en un instante determinado. De forma tal, que un familiar o personal médico pueda conocer su ubicación geográfica en todo momento (**Fig. 1**). Esta funcionalidad también será de gran utilidad en el instante en que el monitoreado sufra una caída, de manera que el dispositivo pueda notificarle a la persona responsable del individuo la localización en donde haya ocurrido el accidente.



*Fig. 1 Diagrama General del Sistema*

## Desarrollo del prototipo del dispositivo

Para realizar la búsqueda de la nueva arquitectura del sistema embebido, se realizaron comparaciones con diferentes modelos que se encuentran disponibles en el mercado local. Los indicadores utilizados fueron diseñados en base a las exigencias computacionales y las necesidades de uso, que fueron obtenidas del proyecto anterior (código C182). Principalmente se hizo hincapié en que el nuevo sistema embebido sea de bajo costo y de consumo energético reducido. Siendo la familia de procesadores STM32F103x los que mejor se adaptaban a estas necesidades. Estos permiten configurar la velocidad de su procesador y la parametrización de sus diferentes puertos activos, posibilitando así adaptar el consumo del procesador a las necesidades del proyecto y aumentar el rendimiento de la batería. Por ende, se eligió utilizar el procesador STM32F103C8T6 (también llamado *Blue Pill*) [3], que pertenece a esta familia, debido a que es posible conseguirlo en el mercado local a un bajo costo y cumple con las características necesarias para el proyecto. Para obtener experiencia en el uso de esta nueva arquitectura, se armó un entorno de desarrollo que puede funcionar sobre distintos Sistemas Operativos. Esto permitió conectar el sensor de movimiento al puerto i2c<sup>1</sup> de la placa *Blue Pill*, mientras que el resto de los componentes como el de geolocalización, la comunicación por Bluetooth y de comunicación por internet, fueron conectados a sus puertos series.

## Desarrollo del programa en el dispositivo

Para utilizar las funciones del dispositivo, junto con sus módulos, se desarrollaron las funcionalidades y los drivers empleando el lenguaje C++ [4]. Esto se debe a que la arquitectura no utiliza un sistema operativo. Por el lado de los algoritmos para detectar la caída del monitoreado, se reutilizó y reescribió parte del trabajo del proyecto anterior, debido a que este estaba programado con el lenguaje Node.js, y existen diferencias con C++. Entre las discrepancias más importantes se encuentra que Node.js es orientado a eventos y C++ es orientado a objetos. Por ese motivo como solución, se planteó que a los eventos que ocurren en el sistema, sean resueltos por las funciones internas de cada objeto. También se hicieron diferentes pruebas, con el fin de bajar el uso de la frecuencia del procesador permitiendo así un menor consumo energético, siempre validando que los umbrales de respuesta sean los necesitados.

## Desarrollo de los métodos de comunicación y recolección de datos

Con el objeto de lograr la comunicación de los distintos módulos con la placa *Blue Pill*, se debió desarrollar un driver serial. Esto fue necesario debido a que los que los drivers encontrados, para las distintas series del STM32, resultaron ser incompatibles con los componentes que se querían utilizar. En consecuencia, el driver desarrollado funciona utilizando los siguientes mecanismos de funcionamiento: la técnica de polling,<sup>2</sup> uso de Interrupciones y DMA<sup>3</sup>. Los cuales son parametrizables, pudiendo ser seleccionados durante la ejecución. Para desarrollar el módulo encargado de geolocalización se utilizó el

---

1 Comunicación interna de dispositivos electrónicos.

2 Operación de consulta constante sobre el dispositivo.

3 Técnica de Acceso directo a memoria por parte del dispositivo.

*GPS C3-470*. Las lecturas de los satélites de localización son representadas a través del protocolo *NMEA 0183*, que es un estándar de transmisión serie asincrónica muy utilizado en los receptores *GPS*. A su vez cada trama es identificada por un tipo de sentencia, que indica los tipos de datos que se encuentran contenidos en la misma. Por otra parte, para efectuar la transferencia de datos, entre el dispositivo y el servidor, se empleó el módulo *GSM/GPRS SIM800L Versión 2*. Este componente puede ser controlado desde cualquier microcontrolador mediante comunicación serial. El *SIM800L* presenta la característica que permite realizar llamadas telefónicas, enviar *SMS*<sup>4</sup> y mensajes *HTTP/POST*<sup>5</sup>. Durante el desarrollo del software embebido, se realizaban las pruebas de funcionamiento del sistema enviando mensajes de depuración indirecta desde la *Blue Pill* a una computadora, las cuales se encontraban conectadas físicamente a través del adaptador *TTL CP2102*<sup>6</sup>. No obstante, para poder hacer una depuración y controlar el dispositivo embebido en forma inalámbrica, se utilizó el componente *Bluetooth HM-10*, el cuál enviaba los mensajes de depuración a una Aplicación *Android* que fue desarrollada por el equipo de investigación.

## Diseño final del dispositivo

Se diseñó el dispositivo final, consiguiendo un tamaño reducido tanto del sistema embebido como en su gabinete. Para diseñar la placa de conexión de los componentes eléctricos, se utilizó el programa *Fritzing*. En cambio, para diseñar el gabinete, que puede obtenerse con impresión 3D, se utilizó el software *Solid Edge*. En la (**Fig. 2**) se detallan todos los componentes que forman el sistema embebido:

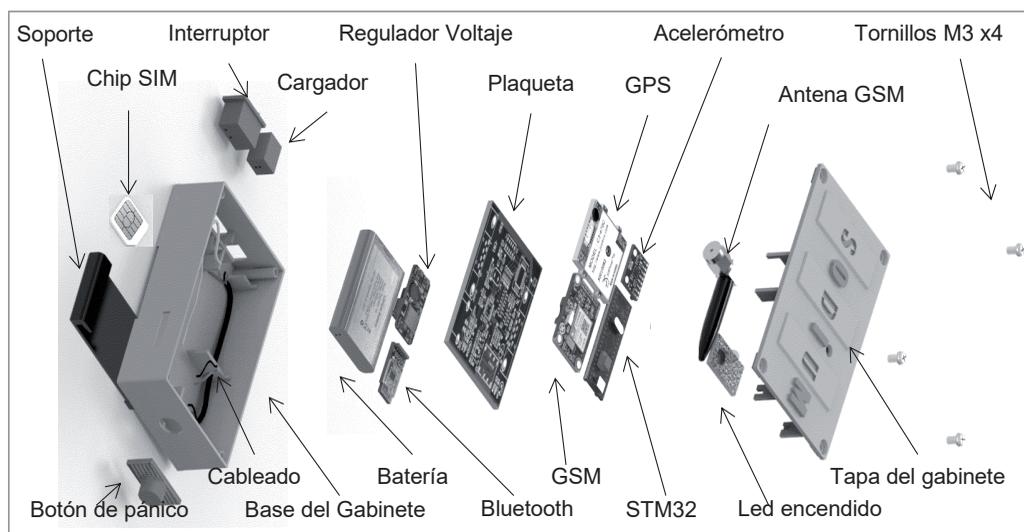


Fig. 2 Sistema embebido y sus componentes.

<sup>4</sup> Servicio de mensajes corto

<sup>5</sup> Método petición de transferencia de datos hacia el servidor utilizado en Internet.

<sup>6</sup> Permite que un microcontrolador y un PC se comuniquen utilizando el protocolo USB.

## Mecanismos de seguridad en la comunicación

Todo software que tenga acceso a internet es vulnerable a accesos indebidos a sus datos por parte de entidades no autorizadas. En este contexto esta solución, al ser una solución IoT, no se encuentra exenta a estos tipos de ataques. Por ese motivo se debieron emplear técnicas en la seguridad para la transferencia de la información que viaja por Internet. Por consiguiente, se implementaron distintas soluciones, cada una se adecuó dependiendo de donde fueron utilizadas.

Para realizar la comunicación entre el dispositivo embebido y servidor, se utilizaron mensajes HTTP/POST. Por eso, para brindar seguridad en la información, se diseñó un mecanismo propio de encriptación de datos. Esto se debe principalmente a que en el dispositivo embebido tiene los recursos limitados como para procesar complejos algoritmos de encriptación. Las notificaciones son codificadas siguiendo el formato:



**Fig. 3** Formato del protocolo de mensajes entre el embebido y el Servidor Web

El mensaje está formado por la concatenación y cifrado en MD5 de la dirección MAC<sup>7</sup> del dispositivo y un número que identifica el evento ocurrido que se desea notificar (entre los cuales se encuentra: 1-Coordenada geográfica, 2-Aviso de caída, 3-Recuperación, Caída Crítica y 5-Botón de pánico presionado). La codificación MD5 se realiza una única vez en la etapa de compilación del programa y son agregados en forma de códigos. Luego, en el mensaje, se agregan las dos coordenadas de geolocalización indicando donde sucedió el evento. Estas dos coordenadas se cifran utilizando la compuerta XOR<sup>8</sup>, cuya clave de encriptación se encuentra en la primer parte con MD5 (antes de encriptar).

Por otro lado, la comunicación entre la aplicación móvil y el servidor, tanto en la petición de servicios como en su respuesta, el transporte de datos se organizó estructuralmente en formato JSON<sup>9</sup> encriptados enviados en mensajes HTTP/POST. Donde el método de encriptación en ambos lados de la comunicación utiliza protocolo AES [5], con una clave de 128 bits. Este algoritmo de encriptación fue utilizado por no tener restricciones de recursos y estar disponibles tanto en el servidor como en los dispositivos móviles.

## Dispositivo móvil

El desarrollo de la Aplicación de los dispositivos móviles se basó en la plataforma con versiones a *Android* superiores a 4.4, conocida como *Kitkat*<sup>10</sup>. El nombre de la aplicación *Android* desarrollada se la denominó “**MoniPerson**”, siendo un acrónimo de las palabras

<sup>7</sup> Dirección identificación del módulo de red del SIM800L, utilizada por el embebido.

<sup>8</sup> Se puede cifrar aplicando el operador de bit XOR a cada carácter del texto.

<sup>9</sup> Notación de objeto en formato JavaScript.

<sup>10</sup> Es la undécima versión del sistema operativo para Smartphones Android

Monitoreo y Personas. Este software deberá ser instalado en los Smartphone de las personas responsables que desean monitorear y controlar a los individuos que estén utilizando el dispositivo de monitoreo. La misma permite las siguientes operaciones:

- Registrarse en el sistema con una cuenta de usuario común o con una cuenta de usuario de Facebook
- Registrar los datos de las personas que esté utilizando los dispositivos de asistencia.
- Identificar el dispositivo de monitoreo mediante un Código QR<sup>11</sup>.
- Recibir notificaciones de alertas en tiempo real, en el momento en que una persona que monitorea el usuario sufra una caída, cuando no logre recuperarse por sus propios medios o en el momento en que se haya recuperado.
- Recibir una notificación de alerta cuando una persona monitoreada presione el botón de pánico del dispositivo de asistencia.
- Consultar en un mapa la localización en donde ocurrió la alerta notificada.
- Asociar a una persona monitoreada un listado de contactos de la agenda de su dispositivo móvil, para que al recibir una notificación de caída del mismo pueda comunicarse rápidamente con ellos.
- Ver en un mapa las últimas ubicaciones geográficas en donde estuvo la persona monitoreada en un momento dado.

Con respecto a la formación de recursos humanos, el proyecto contó con la colaboración de cuatro alumnos que cursan los últimos años de la carrera, quienes participaron de las actividades de investigación, desarrollo y pruebas.

Debido a dificultades externas y sociales, no se consiguió desarrollar las funcionalidades para obtener mediciones biométricas y tampoco se pudo realizar la construcción física del producto final. Ambos, debido básicamente por el incremento de los costos, que a lo largo del proyecto se cuadruplicaron con respecto de lo planificado inicialmente.

## Conclusiones

En esta investigación se elaboró el diseño final de un dispositivo que permite realizar el control y monitoreo de personas en forma remota mediante tecnología de Internet de Las Cosas. Para poder cumplimentar dicho objetivo, inicialmente se desarrolló e implementó un prototipo funcional del dispositivo, el cuál finalmente permitió sentar las bases para el diseño del dispositivo final. El dispositivo emplea la arquitectura STM32, que permite gran versatilidad en cuanto a sus funcionalidades. No obstante, para poder hacer uso de esos beneficios, fue necesario desarrollar distintos drivers de los distintos componentes que emplea el dispositivo. La seguridad durante la transferencia de datos entre las distintas partes del sistema fue uno de los pilares fundamentales de este desarrollo. Para ello se emplearon distintas técnicas de cifrado de información, lo que permite el envío de datos

---

<sup>11</sup> Un código QR es grafico en forma matricial que almacena un dato.

sensibles de manera segura. Debido a dificultades externas y sociales, no se pudo llegar a conseguir y desarrollar mediciones biométricas y la construcción del producto final. Como consecuencia de esto, se produjeron ciertos retrasos y cumplimiento parcial de determinadas partes del proyecto. No obstante, se logró crear el diseño del producto final en tamaño reducido, preparado para su fabricación a partir de los esquemáticos desarrollados, sentando las bases para que en un futuro pueda ser fabricado.

### **Publicaciones y/o transferencias empleadas:**

El proyecto realizó tres publicaciones en distintos eventos científicos: uno en el WICC 2018 (ISBN: 978-987-3619-27-4) y dos en el WICC 2019 (ISBN: 78-987-3984-85-3).

### **Bibliografía**

- [1] I. Bonilla-Fabela, A. Tavizon-Salazar, M. Morales-Escobar, L. T. Guajardo-Muñoz y C. I. Laines-Alamina, «IOT, El Internet de las Cosas y la Innovación de sus Aplciaciones,» UANL School Of Business, México, 2016.
- [2] R. Blanco, «Sistema de detección de caída en personas de la tercera edad para uso en centro geriatricos,» Pontificia Universidad Javeriana, Bogota, 2010.
- [3] STMicroelectronics, «Specifications STM32F103C8,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.st.com/en/microcontrollers/stm32f103c8.html>.
- [4] S. Dan, «C++ for Embedded C Programers,» 2013.
- [5] A. H. Maiorano, «Criptografía para desarrolladores,» Segu-Info, 2010.

# ENTORNO DE INTEGRACIÓN CONTINUA PARA VALIDACIÓN DE SISTEMAS EMBEBIDOS DE TIEMPO REAL (C2-ING-067)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

**Director:** Lic. Graciela Elisabeth De Luca (e-mail: gdeluca@unlam.edu.ar)

**Co-Director:** Ing. Waldo Adolfo Valiente (e-mail: wvaliente@unlam.edu.ar)

**Integrantes Investigadores:**

Ing. Esteban Carnuccio, Ing. Mariano Volker.

**Alumnos Ad-Honorem:**

Sr. Raúl Villca, Sr. Matías Adagio

### Síntesis del contenido

En el presente proyecto se llevó a cabo una investigación, donde se construyó un entorno que permitió integrar múltiples herramientas. Estas permiten desarrollar, probar y validar la ejecución de programas de sistemas embebidos. Tanto en un ambiente emulado como real. Para ello se hizo uso de la familia de procesadores STM32, a través del simulador Qemu. El cual se implementó dentro de contenedores Docker, de esta forma se encuentra el ambiente listo para utilizar desde repositorio de acceso público. Desde el entorno, se llevaron a cabo distintas técnicas de *profiling*, para poder determinar el tiempo de ejecución de los programas embebidos. De forma tal, que se permita la optimización general sobre los programas que ejecutan en esta familia de sistemas embebidos.

**Palabras clave:** Sistemas Embebidos, Tiempo Real, Optimización, Emulador, Mejora Continua.

### Problemática a resolver

Los dispositivos utilizados en sistemas embebidos (SE) poseen diferencias, cada uno cuenta con sus herramientas propias, por lo que trabajar con ellos requiere reunir constantemente habilidades y conocimientos técnicos. Se encontraron problemas comunes inherentes a la funcionalidad misma de los Sistemas Embebidos de Tiempo Real (RTSE). También existen dos complicaciones en la selección y el uso de cada microcontrolador, ya que cada uno posee una tecnología propia. La primera de ellas surge debido a la correcta elección del dispositivo, más allá de las especificaciones básicas, junto con el costo y la facilidad de adquisición en el mercado local. Cuando se plantean requisitos no funcionales estrictos, como por ejemplos: El tiempo de respuesta ante distintos eventos o que el consumo energético permita que el dispositivo funcione con batería asegurando la disponibilidad. Como existe una amplia variedad de modelos de SE, su selección puede provocar una elección de hardware sobre dimensionados o que ni siquiera llegue a satisfacer los requerimientos necesarios. No es económicamente viable adquirir muchos modelos de dispositivos para luego elegir el que mejor se adapte a los requisitos. Por lo que se propo-

ne utilizar emulación de SE para realizar las pruebas de rendimiento, verificando distintas optimizaciones, antes de llegar a adquirir el hardware del dispositivo. La segunda complicación (ya con el dispositivo seleccionado) surge por el amplio conjunto de herramientas suministrado por el fabricante del dispositivo. Estas se enfocan en el modelado, desarrollo, depuración e implementación del programa en el SE.

Por lo que se armó un entorno de trabajo para RTSE que permita realizar la ejecución de SE virtuales y reales para tratar de medir las características de optimización que aseguren los requisitos no funcionales en el uso de los recursos del SE.

## Metodología del trabajo desarrollado

Con el propósito de cumplir con el objetivo principal del proyecto y sus objetivos específicos, a la investigación se la dividió en dos etapas. En la primera etapa se realizaron análisis sobre los SE disponibles en el mercado. También los tipos de RTOS que pueden ejecutar sobre esos sistemas. Para poder así comparar sus características, ventajas y desventajas se implementaron algoritmos y casos de prueba, que fueron almacenados en repositorios (posteriormente detallados), para su utilización libre por parte de la comunidad. En la segunda parte del año, se implementó el entorno de ejecución de las emulaciones sobre contenedores Docker. Estos permitieron la comparación sobre SE reales y emulados. Luego se realizaron análisis y pruebas sobre las optimizaciones que se pueden lograr. Con la integración de diferentes herramientas, se realizó la verificación del impacto de dichas optimizaciones. El único punto que quedó pendiente es la ejecución automática desde la herramienta Jenkins.

## Desarrollo y resultados obtenidos

### *Imagen Docker con emulador STM32 en QEMU*

El entorno de integración desarrollado con contenedores Docker (Sébastien, 2015), permite ejecutar programas sobre placas STM32 emuladas a través de Qemu. Esto facilita la realización de distintas pruebas sobre entorno y el sistema embebido. Para ello se creó una imagen Docker que ya dispone el entorno completo, evitando el proceso de instalación y configuración de cada herramienta que sea necesaria para su funcionamiento. De manera tal, el desarrollador puede de forma rápida y sencilla emular sus programas para STM32, en un entorno a través de Qemu. Para esto, este trabajo se basó en el proyecto de *Beckus* (Beckus, 2018), adaptándolo a los objetivos planteados en esta investigación. Además, se realizaron algunas modificaciones y mejoras para que las herramientas puedan funcionar correctamente. En este sentido, se modificó el código fuente de Qemu, para que pueda emular funcionalmente las placas *Stm32-p103*, *Stm32-Maple* y *Stm32-f103c8t6* (conocida como *Blue Pill*). Siendo publicado en un repositorio propio de Github, junto con los códigos modificados de los ejemplos de las placas antes mencionadas. Esto se encuentra en la siguiente dirección web:

<https://github.com/soaunlam2021/soa-entorno-integracion>

El código fuente del entorno se encuentra estructurado en tres directorios, de la siguiente manera:

- *Qemu\_stm32*: Contiene el código fuente del emulador Qemu, adaptado para esta investigación.
- *Stm32\_demos*: Posee los ejemplos de código fuente que fueron adaptados, para poder ser ejecutados en la emulación y en el hardware real de las placas mencionadas. A su vez contiene información acerca del hardware de dichos SE.
- *Workflows*: En donde se encuentra la configuración de la generación automática de la imagen del entorno en el servidor público de Docker Hub.

El servidor Docker Hub<sup>1</sup> permite almacenar la imagen Docker de esta investigación, como un registro de contenedores público, en la cual, permite la descargada desde cualquier parte del mundo con el nombre:

soaunlam/qemu\_stm2

Cuando se descarga la imagen de Docker de este trabajo, del repositorio Docker Hub, deberá asociarle un contenedor. Para ello una de las formas de uso, es a través del comando “docker run -it”. El cual crea un contenedor, asociado a una pseudo-terminal interactiva, la cual permite interactuar por medio de línea de comandos. Esto se puede visualizar en la Fig. 1. Dependiendo de lo que desee hacer, desde dicha terminal se podrá ejecutar cualquiera de los SE, que se encuentran dentro de alguno de los subdirectorios: *Stm32-p103*, *Stm32-Maple* y *Blue Pill*. Los ejemplos de código fuente que se encuentran en estos directorios, permiten entre otras cosas: emular el encendido y apagado de un led de testeo, emular un programa que trabaje con un pulsador, emular un sensor que trabaje con valores analógicos, hacer programas que emulen interrupciones por software y hardware, emular el trabajo del temporizador que posee cada placa, poder emular el trabajo de los puertos USART para la depuración remota indirecta y permitir trabajar con programas que funcionen con el Sistema Operativo de Tiempo Real (FreeRTOS). En esta última opción, se permite ejecutar, en los sistemas embebidos emulados, programas que funcionan en un único o múltiples hilos de ejecución.

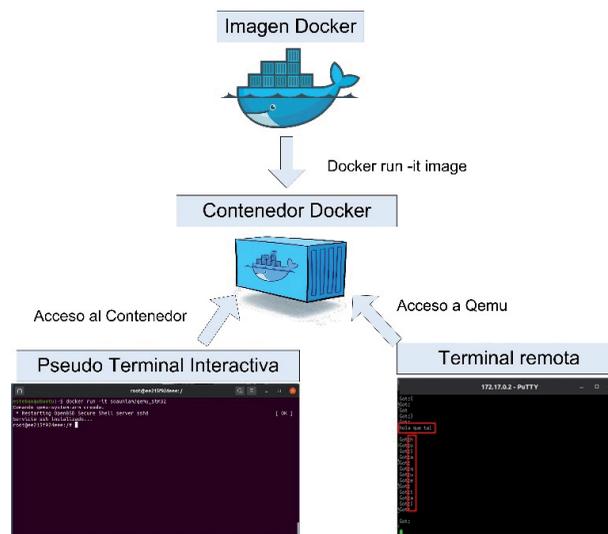


Fig. 1 Forma de ejecución de programas emulados en Qemu dentro del contenedor Docker

1 URL Docker Hub: <http://hub.docker.com>

## Selección de herramientas

Como la programación de las placas utilizadas en la investigación utilizan el lenguaje C o C++, se realizaron estudios en donde se determinó que el mejor depurador para controlar ejecución de código en esas plataformas es a través del programa GDB. Para ello se empleó el programa *arm-none-abi-gdb*, que se instaló dentro del contenedor de Docker que contiene la imagen de Qemu ya configurada. Dicha depuración debe ser realizada a través de línea de comando, de forma tal de poder conectarse al servidor de gdb que se ejecuta en el contenedor. Para ello dentro de la consola del depurador se debe emplear el comando *target remote*. De esta manera el usuario podrá controlar la ejecución y depuración del programa embebido en el simulador.

Por otro lado, para poder medir el desempeño de la ejecución de los programas en el simulador Qemu dentro de la imagen del contenedor Docker, se hicieron distintas implementaciones. En primer lugar, se adaptó la herramienta de *profiling* GPROF en la plataforma STM32 simulada (Fenlason & Stallman, 2022). Para ello se siguieron distintas guías. No obstante, después de su implementación, no se obtuvieron los resultados esperados, por lo que fue descartada su utilización. Por ese motivo se buscó implementar otras alternativas de *profiling*. Una de ellas debe ser utilizada, en los programas que no empleen al sistema operativo FreeRTOS en las placas simuladas STM32, dado que si lo utilizan deben usar otro mecanismo de *profiling*. Esto se debe a que su funcionamiento es diferente. En este caso se hizo uso de los Ticks del procesador, a través de la captura de las interrupciones SysTick (Yiu, 2014). Gracias a ello se pudo determinar la cantidad de tiempo que demora en ejecutarse una determinada porción del programa. En cambio, si el programa embebido emplea FreeRTOS, se implementó la opción de la herramienta de *profiling* que utiliza dicho Sistema Operativo. Para ello se debió realizar diferentes adaptaciones en el código de los programas embebidos, haciendo uso de la opción *GENERATE\_RUN\_TIME\_STATS* que se detalla en (Amazon Web Services, 2021). No obstante, se observa que en el simulador este tipo de mediciones pueden presentar un tipo de desfase. Por lo que en algunas mediciones no se consigue obtener el resultado esperado.

## Identificación de técnicas de optimización

Los sistemas embebidos poseen ciertas particularidades en la optimización, que no lo tienen los programas tradicionales. Se pueden identificar tres campos de acción que influyen a la optimización. Ellos son el consumo de memoria, el consumo energético y eficiencia del programa (Barr & Massa, 2006). Por el lado de optimizar el tamaño que ocupa un programa que ejecuta en sistemas embebidos. Hay dos técnicas sencillas, una consiste en reducir las estructuras de datos ociosas o sobredimensionadas. También es posible sustituir llamadas recursivas por bucles, para reducir el consumo de la memoria del stack. Estas optimizaciones pueden detectarse con la información en la etapa de la compilación. Por el lado de las optimizaciones del consumo energético. Se puede reducir la frecuencia de trabajo del procesador o incluso poner al procesador en modo de dormir (inactivo), para que espere hasta que sea reactivado con el manejo de alguna interrupción. Esta opción se encuentra disponible en algunos procesadores (Toulson & Wilmshurst, 2012). Estas técnicas se aplican en la etapa de ejecución. La primera aplica a cambiar la configuración por defecto, en el inicio del programa desde el *bootloader*. Mientras que la segunda, se debe implementar explícitamente en la lógica del programa. Para la optimización que falta, de la eficiencia del sistema embebido, es importante medir y conocer el desempeño del

programa. De esta forma se logra un fino equilibrio de las partes del programa que merecen ser optimizadas. En este equilibrio hay que tener en cuenta las limitaciones físicas del chip. Por ejemplo, la interfaz de entrada y salida, dado que las limitaciones en el tiempo de respuesta están dadas por el propio dispositivo.

## Conclusiones

En esta investigación, se consiguió crear un entorno que permite realizar desarrollo de programas y pruebas de sistemas embebidos que utilizan el paradigma de tiempo real. Tanto en un ambiente simulado, como en uno real, haciendo uso de las plataformas STM32. Para ello se empleó el emulador Qemu, dentro de un contenedor Docker. Lo cual trajo varios beneficios en la investigación. Primeramente, nos permitió aprender en profundidad sobre la emulación de sistemas embebidos. Que difiere mucho de una arquitectura de uso general, por lo que esto resultó un desafío. Se estaban haciendo pruebas con máquinas virtuales para armar el entorno. Hasta que se consiguió simplificar mucho la puesta a punto de todo el entorno con Docker, por sus múltiples beneficios, ya que se pueden crear imágenes de contenedores, con todo el entorno ya configurado. Además, es posible compartir la imagen generada, a través de su repositorio **público** Docker Hub. Esto permite acceder en forma rápida a un entorno de compilación y emulación, listo para trabajar, que pesa algunos Megabytes. Dado que, si se hubiera empleado **máquinas virtuales**, se habría complicado compartir el disco virtual de varios Gigabytes. Ya que el mismo se reconstruye localmente desde un archivo de configuración. También, con la experiencia que se obtuvo al implementar las técnicas de *profiling* en el entorno desarrollado, se pudieron identificar distintas técnicas de optimización para los sistemas embebidos. Lo que podría llegar a beneficiar en la utilización de estas plataformas.

## Publicaciones y/o transferencias empleadas

Durante el proyecto se realizaron cuatro publicaciones, en los siguientes eventos científicos: en WICC 2020 (ISBN: 978-987-3714-82-5), en CACIC 2020 (ISBN: 978-987-4417-90-9), en WICC 2021 (ISBN: 978-987-24611-3-3) y en CACIC 2021 (ISBN 978-987-633-574-4). Además, se publicó en la Revista Digital ReDDI (ISBN:2525-1333).

## Bibliografía

- Amazon Web Services. (2021). Obtenido de <https://www.freertos.org/rtos-run-time-stats.html>
- Barr, M., & Massa, A. (2006). *Programming Embedded Systems: With C and GNU Development Tools* (2 ed.). Mumbai, India: O'Reilly Media, Inc.
- Beckus. (5 de Diciembre de 2018). Obtenido de [http://beckus.github.io/qemu\\_stm32/](http://beckus.github.io/qemu_stm32/)
- Fenlason, J., & Stallman, R. (2022). *GNU Gprof*. GNU Binutils.
- Sébastien, G. (2015). *Docker Cookbook: Solutions and Examples for Building Distributed Applications*. O'Reilly.
- Toulson, R., & Wilmshurst, T. (2012). *Fast and Effective Embedded Systems Design: Applying the ARM Mbed* (2 ed.). Newton, MA, USA: Newnes.
- Yiu, J. (2014). *The Definitive Guide to ARM® CORTEX®-M3 and CORTEX®-M4 Processors*. Waltham, USA: Elseiver.

# EVALUACIÓN Y MONITOREO DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO EN EL SECTOR INDUSTRIAL DE LA MATANZA (C221)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

**Director: Alicia Mon**

**e-mail: amon@unlam.edu.ar**

**Co-Director: Horacio Del Giorgio**

**e-mail: hdelgiorgio@unlam.edu.ar**

**Integrantes:**

**Eduardo De María**

**Ignacio López Vergara**

**Romina Gatto**

**Florencia Gallo Kleiman**

### **Síntesis del contenido:**

El Proyecto realizó una evaluación del nivel de inserción de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) en las industrias del Partido de La Matanza. Para llevar adelante la investigación se aplicó el Índice de TICs creado por el Grupo de investigación GIS en proyectos precedentes y se desarrolló un software de encuestas on-line, una base de datos y un sistema de procesamiento que permitió analizar la información relevada.

En forma complementaria, se realizó un audiovisual explicativo del relevamiento y se implementó una página web desarrollada exclusivamente para el proyecto. El conjunto de instrumentos quedó instalado y funcionando a través de la web y permite evaluar el nivel de desarrollo tecnológico de la industria en La Matanza en forma sistemática y permanente.

De este modo, fue posible medir el nivel de desarrollo tecnológico de las empresas en el distrito, detectar las necesidades de desarrollo tecnológico necesario para la transformación digital y vincular a las empresas de software con las industrias radicadas en el distrito a efectos de buscar mecanismos conjuntos de desarrollo productivo. Los resultados del proyecto han sido presentados públicamente en un evento con participación de las empresas locales y del software, así como representantes del área de industria a nivel nacional y municipal.

**Palabras clave:** TICs, Desarrollo Tecnológico, Industria 4.0.

### **Problemática a resolver:**

El desarrollo de las TICs encamina a su vez el desarrollo de la industria hacia la convergencia digital, la conectividad entre objetos y la incorporación de inteligencia artificial en la resolución de problemas de producción, entre otros aspectos que enfocan hacia lo que se conoce como Industria 4.0.

Este tipo de industrias encierran un conjunto de desarrollos tecnológicos sin definiciones precisas, y es por ello por lo que la evaluación realizada en este proyecto permitió determinar específicamente cuáles son los avances tecnológicos que específicamente definen a una industria como 4.0. El grupo de investigación GIS ha desarrollado un método de medición de inserción de TICs en la industria que permite determinar los tipos de productos software, hardware y comunicaciones que pueden ser incorporados por una industria según su área funcional. Este método permite evaluar 3 niveles diferenciados de desarrollo tecnológico: básico, medio o avanzado. En el tipo de TICs que se agrupan en el nivel avanzado se encontrarían las industrias más desarrolladas tecnológicamente que incluyen productos reconocidos como Industrias 4.0.

De este modo, la investigación se propuso determinar con precisión los tipos de tecnologías que debe contener una industria para poder definirla como una industria 4.0, y especificar el nivel de desarrollo tecnológico en la industria local, según los productos que tienen instalados y en uso.

A efectos de realizar el relevamiento y el posterior análisis de la información, se desarrolló una aplicación de software de autoevaluación, se generó una base de datos y se realizó un relevamiento en 38 empresas del Partido de La Matanza, distribuidas en diversas ramas y tamaños.

La definición de instrumentos de relevamiento sistemático y permanente se generó como inicio para conocer las industrias de la zona, analizar el estado actual, los caminos y los límites para incorporar mayor tecnología y construir información que permita detectar necesidades de nuevos desarrollos para colaborar en el desarrollo de las industrias 4.0.

## **Metodología del trabajo desarrollado**

El proyecto se realizó a partir del diseño de los siguientes instrumentos metodológicos:

- Entrevistas en profundidad a gerentes y responsables de TI de industrias del partido de La Matanza.
- Diseño de encuesta cuantitativa cerrada.
- Relevamiento presencial y por medios digitales online
- Aplicación de la encuesta en 38 empresas
- Análisis multivariado de los resultados

## **Desarrollo y resultados obtenidos**

Los resultados del proyecto se pueden separar en Desarrollo de Instrumentos y Resultados del Relevamiento en la Industria de La Matanza. Los instrumentos creados como resultantes del proyecto son:

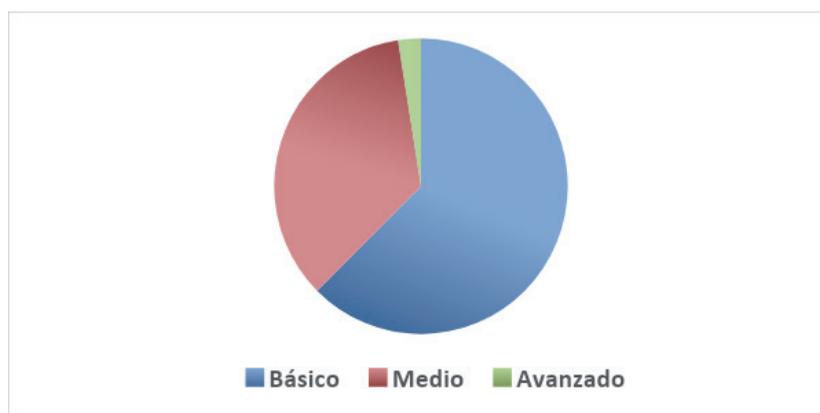
- Encuesta de relevamiento de TICs en industrias.

- Desarrollo de un software de evaluación automática, que contiene las herramientas y el método de evaluación, soporta una base de datos con la información del relevamiento y está disponible en forma online para realizar la evaluación en cada empresa.
- Desarrollo de una página web alojada en el servidor UNLaM donde está disponible el acceso a la encuesta, al software de evaluación automática que devuelve el resultado del nivel de TICs a cada empresa, las publicaciones del proyecto, información sobre el grupo de investigación y un video de explicación y difusión del índice. <https://indicetics.unlam.edu.ar/it/>
- Desarrollo de una Base de Datos para el procesamiento de los datos que recoge el sistema de encuestas.
- Guionado, realización y edición de un video explicativo y de difusión del índice <https://indicetics.unlam.edu.ar/it/>
- Relevamiento de TICs en 38 empresas de la industria manufacturera, asentadas en el Partido de la Matanza.

Del análisis del relevamiento, se puede observar que el 45% de las empresas son Micro, el 25% Pequeñas, en tanto que en la categoría de Mediana tramo 1 y tramo 2 se ubica con el 17,5% entre ambas categorías y sólo el 12,5% se ubican en la categoría de Gran empresa.

Con la aplicación del índice de TICs, se pudo observar que, de las 38 empresas encuestadas, el 62,5% se encuentra en el Nivel Básico, el 35% en el Nivel Medio y sólo el 2,5% en el Nivel Avanzado, tal como se expone en el siguiente gráfico.

Gráfico 1 - Distribución según Puntaje



En tanto que, si se aborda el análisis por rama de actividad para comparar al interior de una rama, es posible detectar las diferencias sobre las TICs implementadas, y es así como las siguientes tablas presentan los porcentajes obtenidos en cada nivel y tipología de productos para 3 empresas. La siguiente tabla expone los valores para una empresa micro de la rama metalúrgica cuyo resultado del índice le asigna una puntuación correspondiente al Nivel Básico.

Tabla 1- Metalúrgica Nivel Básico

	Básico	Medio	Avanzado
Software	14,29%	0,00%	0,00%
Hardware	20,00%	0,00%	16,67%
Infraestructura	0,00%	0,00%	0,00%

La siguiente tabla expone los valores para una empresa pequeña de la rama metalúrgica cuyo resultado del índice le asigna una puntuación correspondiente al Nivel Medio.

Tabla 2 - Metalúrgica Nivel Medio

	Básico	Medio	Avanzado
Software	42,86%	27,27%	16,67%
Hardware	40,00%	66,67%	33,33%
Infraestructura	80,00%	25,00%	0,00%

En tanto que la siguiente tabla expone los valores para una gran empresa de la rama metalúrgica cuyo resultado de aplicar el índice le asigna una puntuación correspondiente al Nivel Avanzado.

Tabla 3 - Metalúrgica Nivel Avanzado

	Básico	Medio	Avanzado
Software	100,00%	90,91%	83,33%
Hardware	60,00%	100,00%	50,00%
Infraestructura	100,00%	50,00%	100,00%

Estos resultados representan una muestra del tipo de análisis que se realizó con los instrumentos desarrollados para la industria en general, para un distrito en particular y a su interior por tamaño de empresa, por rama de industria, así como para una empresa en particular.

## Conclusiones.

El índice de TICs desarrollado y aplicado en un conjunto de empresas en el partido de La Matanza permitió evaluar los tipos de TICs y el nivel de desarrollo tecnológico en la industria manufacturera en un momento determinado. Detectar lo que existe, permite vislumbrar lo que falta. En la medida que el índice permite evaluar los productos específicos y el nivel de desarrollo tecnológico de cada industria por rama y tamaño, de manera dual y complementaria, permite divisar los productos que podrían implementarse para determinadas funciones.

Asimismo, fue posible determinar los productos específicos que componen a la industria 4.0 en el nivel más avanzado del índice, y determinar cuál es el camino concreto de desarrollo de productos e incorporación de tecnologías que faciliten la transformación de la industria local.

La incorporación de tecnologías requiere de la definición de estrategias basadas en el conocimiento de un conjunto de instrumentos para la gestión de los recursos tecnológicos y la incorporación de nuevos desarrollos que agreguen valor y formen recursos, mejorando los niveles de empleo y valorización del capital.

El abordaje con el que se realizó el proyecto incluye un tratamiento interdisciplinario de la problemática, desde diversas disciplinas de conocimiento, así como una estrecha vinculación con los actores sociales del contexto en el cual se ha llevado a cabo.

## **Publicaciones y/o transferencias empleadas: presentaciones, informes internos, prototipos.**

### *Libro*

“Las TICs en las Industrias”. Autores: Del Giorgio, Horacio René; Mon, Alicia. Ed. Universidad Nacional de La Matanza. Buenos Aires, 2019. <https://indicetics.unlam.edu.ar>

### *Capítulos de Libros*

“Usability in ICTs for Industry 4.0” en HCI-Collab 2019, CCIS 1114 proceedings. Autores: Del Giorgio, Horacio René; Mon, Alicia. Ed. Springer, Suiza 2019. [www.springernature.com/](http://www.springernature.com/)

“Validating the Shared Understanding Construction in Computer Supported Collaborative Work in a Problem-Solving Activity” en Trends and Innovations in Information Systems and Technologies, Volume 3. Autores: Mon, Alicia; Agredo-Delgado, Vanessa; Ruiz, Pablo H.; Collazos, Cesar A.; Moreira, Fernando; Fardoun, Habib M. Ed. Springer, Montenegro 2020. <http://www.springer.com/series/11156>

“Sistema de producción industrial del Partido: evaluación del nivel de inserción de TICs en la Industria del Partido de La Matanza” en Colecciones Vincular CyT. Autores: Mon, Alicia; Del Giorgio, Horacio René; Gatto, Romina; Gallo Kleiman, Florencia; De María, Eduardo; Hindi, Guillermo; López Vergara, Ignacio Ed. Universidad Nacional de La Matanza, Buenos Aires, 2020. <http://repositoriocyt.unlam.edu.ar/handle/123456789/456>

“From Sociology to ICTs: A Non-Random Path” en Latin American Women and Research Contributions to the IT Field. Autora: Alicia Mon. Ed. IGI Global, Computer Science & IT Books, México 2020. Latin American Women and Research Contributions to the IT Field: 9781799875529: Computer Science & IT Books | IGI Global ([igi-global.com](http://igi-global.com))

### *Artículos en Congresos*

“Modelo de evaluación de Tecnologías de la Información y la Comunicación para la industria 4.0” en XXV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación CACIC 2019. Mon, Alicia; Del Giorgio, Horacio René. Ed. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 2019. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/91182>

“Detección de productos software para la industria 4.0” en XXII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación – WICC 2020 Mon, Alicia; Del Giorgio, Horacio René; De María,

Eduardo. Ed. Universidad Nacional de la Patagonia Austral, 2019. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/103151>

Evaluation of Information and Communication Technologies towards Industry 4.0 en International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing 2020 - ISM 2020. Ed. University of Applied Sciences Upper Austria & Università Della Calabria. Austria, 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=7G7RpJ0tU8Y>

Análisis de la conformación industrial del partido de La Matanza, Autores: Mon, Alicia; Del Giorgio, Horacio René. Síntesis Clave N°146, Universidad Nacional de La Matanza. 2019. [https://observatoriosocial.unlam.edu.ar/descargas/19\\_Sintesis\\_146.pdf](https://observatoriosocial.unlam.edu.ar/descargas/19_Sintesis_146.pdf)

### *Notas periodísticas de divulgación:*

Diario PERFIL “¿Cómo medir la inserción de las tecnologías en la industria?” <https://www.perfil.com/noticias/educacion/como-medir-la-insercion-de-las-tecnologias-en-la-industria.phtml> 15 de Marzo de 2020.

Diario El UNO Digital <http://www.el1digital.com.ar/articulo/view/89632/la-unlam-desarrollo-un-indice-de-tics-para-la-industria> 15 de Marzo de 2020.

Diario Primera Plana <http://www.primeraplana.com.ar/presentan-el-indice-tics-que-permite-medir-el-uso-de-tecnologias-en-la-industria/> 17 de Marzo 2020.

Marca Registrada: InTIC's

### **Bibliografía Utilizada**

Albrieu, Ramiro, Basco, Ana Inés, Brest López, Caterina, de Azevedo, Belisario, Peirano, Fernando, Rapetti, Martín, and Vienni, Gabriel. (2019). Travesía 4.0: hacia la transformación industrial argentina. Nota Técnica 1672. Ed Banco Interamericano de Desarrollo.

Basco, Ana Inés, Beliz, Gustavo, Coatz, Diego, and Garnero, Paula. (2018). “Industria 4.0: Fabricando el Futuro”. Ed Banco Interamericano de Desarrollo.

Bitar, Sergio. (2020). “El futuro del trabajo en América Latina. ¿Cómo impactará la digitalización y qué hacer?”. Ed Diálogo Interamericano. Available from [https://www.thedialogue.org/wp-content/uploads/2020/02/Future-of-Work\\_Feb-2020-V-FINAL.pdf](https://www.thedialogue.org/wp-content/uploads/2020/02/Future-of-Work_Feb-2020-V-FINAL.pdf)

MINCyT. (2015). “Industria 4.0: Escenarios e impactos para la formulación de políticas tecnológicas en los umbrales de la Cuarta Revolución Industrial”. Ed. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

Stezano, Federico. (2017). “The Role of Technology Center as Intermediary Organizations Facilitating Links for Innovation: Four Cases of Deferal Technology Centers in Mexico”. Review of Policy Research, vol.1, pp.45-67.

Suárez, David, Arjona, José Ángel, García, Mercedes, and García, Roberto (2016). “Qué es la Industria 4.0”. Available from: <http://www.ningenia.com/2016/05/31/que-es-la-industria-4-0>

# EXPLOTACIÓN DE DATOS DEL MICROBIOMA DE PACIENTES CON CÁNCER COLO-RECTAL (C220)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

**Director:** Cristóbal Santa María

**e-mail:** csantamaria@unlam.edu.ar

**Co-Director:** Luis López

**e-mail:** llopez@unlam.edu.ar

**Integrantes:**

**Investigadores:** Laura Ávila, Victoria Santa María, Marcelo Soria, Ariel Cacho Mendoza y Pablo Martínez

### Síntesis del contenido

La metagenómica orientada hacia el uso de genes marcadores como el 16S rRNA permite establecer el perfil taxonómico del microbioma de pacientes con cáncer colorrectal. Cabe entonces explorar el papel del análisis taxonómico del microbioma como herramienta de diagnóstico y evaluación de la enfermedad. En tal sentido, debe ajustarse la interrelación bioinformático-médica. Cada algoritmo a utilizar, cada parámetro a ajustar, requieren de una evaluación acerca del grado en que colaboran a mejorar el análisis en términos médicos. El objetivo general del trabajo es entonces caracterizar el microbioma de pacientes del AMBA en cuanto a riqueza, diversidad y distribución estadística, a través de muestras del gen marcador 16S rRNA obtenidas de materia fecal. En particular, se procuró reproducir la pipeline desarrollada anteriormente con muestras extraídas de repositorios internacionales mejorando los aspectos de automatización y ajustando la elección de parámetros. También se validó la metodología de trabajo por medio de comparación con los procesos llevados a cabo en el marco de la Large Bowel Microbiome Disease Network. A su vez, se realizó el análisis estadístico correspondiente para establecer la riqueza, diversidad de los microbiomas autóctonos. Finalmente se evaluó el desempeño de métodos supervisados y no supervisados de clasificación y predicción respecto del diagnóstico

**Palabras clave:** Microbioma-Cáncer-Secuenciación-Explotación de Datos-Evaluación Médica

### Problemática a resolver

Los métodos de nueva generación para secuenciación de ADN posibilitan el análisis masivo y a bajo costo de las comunidades de microorganismos alojados en el intestino humano. El creciente interés médico que suscitan estos estudios se basa en la probada asociación de estados de riqueza y diversidad del microbioma con patologías importantes como el cáncer colorrectal sobre el cual se focaliza este artículo. En trabajos anteriores se ha dejado establecida una línea de procedimientos a efectuar sobre las lecturas desde que salen del secuenciador hasta que resultan procesadas en términos de explotación de datos. También se ha probado la potencialidad de estos métodos para caracterizar el microbioma. Sin embargo, la elección de parámetros y algoritmos debe estar guiada por

el criterio médico para el cual resulte útil la información aportada, en términos clínicos de diagnóstico y evaluación. Se propone entonces analizar aspectos de la vinculación bioinformático- médica y ajustar la metodología hasta aquí desarrollada a efecto de hacer evidentes los aspectos clínicos de interés. Por primera vez se realizó el estudio sobre pacientes autóctonos, para los cuales la composición del microbioma varía de acuerdo a factores como tipo de alimentación, edad y localización geográfica. La tarea se realizó en el marco de un convenio firmado entre la Universidad Nacional de La Matanza y el Hospital Italiano de Buenos Aires, Sector de Coloproctología. Se contó además con la inserción en la Large Bowel Microbiome Disease Network de la Universidad de Leeds, Inglaterra, para validar los procedimientos.

El microbioma humano no es otra cosa que la comunidad de microorganismos presentes en el cuerpo humano que contiene diez veces más microorganismos que células propias. Hay 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, que se ha considerado como un órgano adicional en las personas, varía 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 y que se asocia con enfermedades tales como la inflamación intestinal, el asma o los desórdenes mentales. En particular la disbiosis puede estar implicada en la carcinogénesis al ser iniciadora de procesos inflamatorios y su presencia da señal de inmunodepresión.

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 todas las secuencias obtenidas del microbioma (WGS), pueden establecer las vías metabólicas que potencialmente sigan los procesos celulares en el paciente. Eventualmente esto puede colaborar en el diagnóstico y pronóstico de enfermedades. Al respecto hay que señalar no solo la tecnología de secuenciación sino también los desarrollos de algoritmos 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, y de aprendizaje sobre conjuntos de entrenamiento y testeo para clasificar microbiomas según los mismos principios.

En un trabajo anterior se ha podido establecer una “pipeline”, con varios pasos automatizados, para tratar las secuencias de ADN microbiómico. Comprende el tratamiento de las lecturas desde que salen del secuenciador hasta que resultan datos para explotación por técnicas estadísticas multivariadas y de aprendizaje supervisado y no su-

pervisado, de forma de ponerlos al servicio de la interpretación médica. Estos procesos comienzan con el filtrado de las lecturas para quitar posibles contaminaciones con los reactivos utilizados en la secuenciación, continúan con el ensamblado en contigs, luego con el filtrado de las secuencias humanas que pudieran haber sido obtenidas también en la muestra y finalmente con la anotación taxonómica y funcional. Luego de esto la información debe disponerse de manera adecuada para iniciar el proceso de explotación de los datos que consiste en la aplicación de variadas técnicas estadísticas y de aprendizaje automático a efecto de establecer las características y patrones de comportamiento que puedan asociarse a la condición clínica de los pacientes. Para este trabajo se logró contar con muestras de materia fecal de pacientes autóctonos para iniciar así un estudio sobre las características locales de la enfermedad que se supone presentarán variaciones ligadas a dieta, condiciones de hábitat, etc.

## **Metodología del trabajo desarrollado**

### a- Muestras

Diseño:

Corte transversal.

1. 20 pacientes (10 con CCR y 10 controles) tratados por la Sección de Coloproctología del Hospital Italiano de Buenos Aires.

2. 15 pacientes (7 con CCR y 8 controles) tratados por la Sección de Coloproctología del Hospital Italiano de Buenos Aires.

Criterio de inclusión:

Casos: - Edad mayor a 18 años. - Adenocarcinoma de colon confirmado con histología.

Controles: - Edad mayor a 18 años - Ausencia de neoplasia colónica (adenocarcinoma y adenoma) confirmada por video colonoscopia completa.

Muestras empleadas en el estudio:

Muestra 1: materia fecal de 10 pacientes con CCR no tratado, material fecal de 10 voluntarios sanos que se sometieron a una colonoscopia por alguna razón y se haya demostrado que tienen un intestino normal en la colonoscopia.

Muestra 2: materia fecal de 7 pacientes con CCR no tratado, material fecal de 8 voluntarios sanos que se sometieron a una colonoscopia por alguna razón y se haya demostrado que tienen un intestino normal en la colonoscopia.

Mezcla de muestras 1 y 2: Se identificaron 216 géneros comunes entre la Muestra 1 y la Muestra 2. Con ellos y conservando el diagnóstico clínico efectuado se integró la mezcla de muestras con el objetivo de lograr una mayor representatividad y homogeneidad.

### b- Secuenciación

Muestra 1: Se realizó con secuenciador Illumina HiSeq sobre la región V4 del gen 16S rRNA. Cada secuencia representa 150 pares de bases

Muestra 2: Se realizó con secuenciador Illumina MiSeq sobre las regiones V3 y V4 del gen 16S rRNA. Cada secuencia representa 300 pares de bases.

#### c- Procesamiento inicial

Ambas muestras fueron tratadas en una cadena de procesos establecida en trabajos anteriores. Se importaron las lecturas del microbioma de cada paciente al software QIIME2. Luego se eliminó el ruido. Se filtraron las secuencias y se eliminaron las lecturas ambiguas o de baja calidad. A continuación, las distintas secuencias fueron alineadas contra los alineamientos de referencia para el gen 16S rRNA. Para cada metagenoma intestinal, se generó una tabla de frecuencias de las secuencias agrupadas en Unidades Taxonómicas Operacionales (OTU) y se confeccionó el árbol filogenético. En la Muestra 1, las secuencias se agruparon en 239 OTUs distintas, correspondientes al nivel taxonómico género. En la Muestra 2 se pudieron identificar 370 taxones género.

#### d- Clustering

Se realizaron distintos experimentos de agrupamiento de pacientes a efecto de la clasificación clínica de los pacientes. Se realizaron pruebas de clustering jerárquico, con distancia euclídea, otras con agrupamiento no jerárquico por medio del algoritmo k-means, con distancia euclídea y encadenamiento promedio. Y finalmente se construyó “ad hoc” una distancia entre microbiomas que tiene en cuenta el peso de la diferencia de cada taxón entre pacientes sanos y enfermos. En estos procesos se utilizó software INFOSAT, WEKA y desarrollos propios en lenguaje C para operar entre paquetes.

#### e- Árboles de decisión

En relación con los métodos de aprendizaje automático, en base a los antecedentes de desempeño, se decidió entrenar y testear dos algoritmos de árboles de decisión. Por un lado, el C4.5 disponible en Weka bajo el nombre J48 y por otro, el ensamble Random Forest, también incorporado a WEKA. Desde el punto de vista computacional se utilizaron matrices de confusión y curvas ROC para evaluar tanto el entrenamiento, realizado a partir de la Muestra 1, como el testeo, efectuado sobre la Muestra 2. La consideración comparativa de ambas muestras requirió la identificación de los taxones presentes simultáneamente en ambas. Se identificaron 216 géneros comunes con los cuales se trabajó en los dos tipos de árboles. Además, los mismos algoritmos se probaron con la mezcla de muestras 1 y 2. Así se seleccionó convenientemente un conjunto de entrenamiento de 18 pacientes y otro de testeo de 17. En todos los casos, se estableció como criterio relevante en términos clínicos que la clasificación fuera muy eficiente en la detección de pacientes enfermos y menos importante en cuanto a la verificación de los sanos.

## **Desarrollo y resultados obtenidos**

Los primeros resultados obtenidos corresponden a los procesos iniciales realizados con QIIME2. En la muestra 1, a nivel género, se pudieron identificar 239 Otus, y en la muestra 2, 368. Las últimas tres columnas corresponden a la clasificación, la edad y el sexo.

El clustering realizado con la muestra 1 arrojó resultados dispares. El método jerárquico fue poco adecuado para producir agrupamientos que se correlacionaran con la cla-

sificación clínica por sano o enfermo. En cambio, K-means con distancia euclídea y encadenamiento promedio arrojó mejores resultados, aunque insuficientes para asegurar una clasificación adecuadamente correlacionada con el diagnóstico conocido. Esto se logró al establecer una distancia pesada “ad hoc”. Con la matriz de las nuevas distancias se aplicó el algoritmo de agrupamiento k-means para obtener ahora dos clusters. Se observó que los casos enfermos fueron todos bien clasificados, mientras que solo resultaron bien clasificados la mitad de los pacientes sanos. El test para evaluar la asociación entre la clasificación clínica y los clusters obtenidos, indicaron que puede rechazarse la independencia entre ambas variables cualitativas. Los agrupamientos óptimos alcanzaron índices de buen desempeño. El índice de agrupamiento general se consideró aceptable habida cuenta de la óptima clasificación de los casos enfermos. Al realizar sobre la muestra 2 el agrupamiento por medio de k-means, con la distancia pesada y encadenamiento promedio se obtuvo un resultado parecido.

Sobre las muestras homogeneizadas en los 216 taxones comunes se aplicó el ensamble Random Forest. Se realizaron distintas experiencias. Se tomó como conjunto de entrenamiento, la muestra 1 de 20 pacientes, y se testeó con la muestra 2 de 15 pacientes. El porcentaje de casos de testeo bien clasificados fue del 60% pero lo importante es que el algoritmo detectó bien todos los casos enfermos, aunque solo clasificó adecuadamente a la cuarta parte de los sanos. El entrenamiento se juzgó adecuado. Se corrió también el algoritmo Random Forest sobre la mezcla de las muestras 1 y 2. En este caso se realizó una selección previa de atributos basada en el criterio de pesos ya utilizado en el clustering para calcular las distancias. Con 9 atributos para entrenar el ensamble el 64 % de los casos resultaron bien clasificados, pero aquí solo el 75 % de los enfermos fue clasificado como tal. Se observó sobreentrenamiento a pesar de la poda de atributos efectuada.

Un resumen de los métodos aplicados y sus resultados se muestra en la Tabla 2.

Método	Algoritmo	M	Selección	%	%E/CC	%S/HV	Sil/DifARoc
Cluster:	Jerárquico	1	Dist Eucl	5	100	10	-----
Cluster	Kmeans	1	Dist Eucl	10	90	10	0.26
Cluster	Kmeans	1	Dist Pes	75	100	50	0.40
Cluster	Kmeans	2	Dist Pes	67	100	37	0.73
Ar. Dec	J48	1	Infogain	30	20	40	0,700
Ar. Dec	R. Forest	1y 2	Sin Selec	60	100	25	0.054
Ar. Dec	R. Forest	Me12	Pesos	64	75	56	0.354

Tabla 2. Desempeño de Algoritmos

## Conclusiones

Se ha logrado realizar toda la cadena de análisis necesaria para la determinación microbiómica por genes marcadores con pacientes autóctonos de la zona del AMBA. Se ha realizado la secuenciación de muestras de ADN de materia fecal, se han completado los procesos de filtrado, alineamiento y reconocimiento taxonómico siguiendo el método validado a nivel internacional. Durante la ejecución de esos procesos se han concretado también todos los enlaces necesarios relativos a cambios de formatos y presentaciones de la información lo cual, detallado parcialmente en trabajos anteriores [1], está aquí implícito.

Así la información obtenida ha estado disponible para realizar pruebas de desempeño de algoritmos de explotación de datos en la determinación clínica. Respecto al clustering, se han dado resultados prometedores con la distancia pesada definida. Lo mismo ha ocurrido con la aplicación del ensamble de árboles de decisión Random Forest teniendo en cuenta la alta proporción de clasificación correcta de los pacientes enfermos. Resulta claro que deben realizarse ensayos más amplios utilizando muestras de mayor tamaño para afinar y confirmar la efectividad al utilizar estas técnicas para apoyar el diagnóstico. Sin embargo, tanto los clusters hallados con distancia pesada, como los ensayos con el ensamble de árboles han cumplido con el criterio general de mínimo error en la clasificación de los pacientes enfermos, lo que puede constituir una herramienta no invasiva para determinar la realización de otros estudios.

### **Publicaciones y/o transferencias empleadas:**

Cristóbal Santa María, Laura Ávila, Victoria Santa María, Luis López y Marcelo Soria “Minería de datos del microbioma en pacientes con cáncer colo-rectal”. 2019. CONAISI  
Ávila, Laura | Santa María, Victoria | López, Luis | Soria, Marcelo | Santa María, Cristóbal “Tratamiento de secuencias de ADN y clustering de pacientes con cáncer colo-rectal”. 2020. WICC  
Ávila, Laura | Santa María, Victoria | López, Luis | Santa María, Cristóbal/ Marcelo Soria. “Evaluación clínica de microbiomas de pacientes con cáncer colo-rectal” 2020. CACIC  
Cristóbal Santa María. “Clustering y árboles de decisión en pacientes con cáncer colorectal”. 2020. IV Encuentro del Programa MEP – UNLAM  
Agencia CTyS-Unlam “Analizan el vínculo entre el microbioma y el Cáncer de Colon” Entrevista. 2020

### **Bibliografía utilizada.**

1. O'Hara AM, Shanahan F.: The gut flora as a forgotten organ. *EMBO Rep.* 2006 Jul;7(7):688–93. (2006)
2. Lopez, A et al.: Microbiota in digestive cancers: our new partner? *Carcinogenesis*, 1-10. doi:10.1093/carcin/bgx087 (2017)
3. Kosumi K, Hamada T, Koh H, Borowsky J, Bullman S, Twombly TS, et al.: The Amount of Bifidobacterium Genus in Colorectal Carcinoma Tissue in Relation to Tumor Characteristics and Clinical Outcome. *Am J Pathol [Internet]*. 2018 Sep 20; (2018) Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajpath.2018.08.015>
4. Youssef O, Lahti L, Kokkola A, Karla T, Tikkanen M, Ehsan H, et al.: Stool Microbiota Composition Differs in Patients with Stomach, Colon, and Rectal Neoplasms. *Dig Dis Sci [Internet]*. (2018) Jul 11; Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s10620-018-5190-5>
5. Shreiner AB, Kao JY, Young VB.: The gut microbiome in health and in disease. *Curr Opin Gastroenterol*; 31(1):69–75. (2015)
6. 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, Article number: 4139. (2018) [www.nature.com/scientificreports](http://www.nature.com/scientificreports)
7. Taylor M, Wood HM, Halloran SP, Quirke P.: Examining the potential use and longterm stability of guaiac faecal occult blood test cards for microbial DNA 16S rRNA sequencing. *J Clin Pathol.* 2017 Jul;70(7):600–6. (2017)
8. Bolyen E, et al.: Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. *Nature Biotechnology* 37: 852–857. (2019) <https://doi.org/10.1038/s41587-019-0209-9>

- 9.. Statnikov A. Henaff M. Narendra V. Konganti K. Li Z. Yang L. Pei Z. Blaser M. Aliferis C y Alekseyenko A.: A comprehensive evaluation of multiclassification methods for microbiomic data. *Microbiome* 2013 1:11 (2013)
10. Quinlan, J.R.: *C4.5 Programs for Machine Learning*, San Mateo, CA: Morgan Kaufmann (1992)
11. Breiman, Leo.: Random Forests. *Machine Learning* 45: 5–32. doi:10.1023/A:1010933404324. (2001)

# FACTIBILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA DE LA OBTENCIÓN DE ÁCIDO POLILÁCTICO A PARTIR DEL LACTOSUERO RESIDUAL DE LA INDUSTRIA LECHERA (C2-ING-058)

---

**Director:**

**Mg. FAUROUX, LUIS ENRIQUE**

**Co-Director:**

**Dra. LEON, PAULA**

**Integrantes del proyecto:**

**DEGAETANI, OMAR JORGE;  
GONZALEZ, RICARDO;  
ESPIÑEIRA, PABLO A.;  
MOLINA VUISTAZ, NICOLAS;  
FRANCO, DANIEL;  
APPUGLIESE, DAMIAN;  
MALDONADO, STEPHANIE Y.**

## 1. Resumen del Proyecto:

El lactosuero es un subproducto de la fabricación de quesos y manteca. Dependiendo del productor, a causa del costo de inversiones, en muchas ocasiones es descartado sin otro tratamiento, o uso posterior, lo que lo transforma en un potencial problema ambiental. El destino secundario más difundido es como alimento para ganado porcino. Actualmente existe una mayor demanda de ácido poliláctico, lo que implicaría una mayor facilidad de colocar el producto en el mercado, y por lo tanto justificar las inversiones en el tratamiento del lactosuero para su obtención. Así, se permitirá aumentar la rentabilidad de la actividad, del sector productor, del mismo modo podrían disminuir los costos de los productos derivados en cuestión, que actualmente se importan, y permitir el desarrollo de las actividades relacionadas. El estudio consiste en la evaluación del dimensionamiento inicial, análisis de las cepas microbianas, características del producto, estado del mercado actual, dirigida a la implementación en escala PyMe / MiPyMe. En este trabajo, entonces, se contempla la posibilidad de estudiar la factibilidad técnica-económica de la obtención de ácido poliláctico (PLA), a partir de este lactosuero, con el objeto de ser utilizado como materia prima para impresiones 3D, hilos de sutura biodegradables, etc., por lo que esta transformación, además, representará también una mejora en el mantenimiento de un medio ambiente saludable.

**Palabras Clave:** FACTIBILIDAD, POLILACTICO, LACTOSUERO

## 2. Problemática a resolver

Este proyecto se encuentra enmarcado en el ámbito del aprovechamiento de subproductos potencialmente contaminantes. El lactosuero, o suero de leche, es un líquido claro, de color amarillo verdoso translúcido, o incluso a veces, un poco azulado, según sea la calidad y el tipo de leche utilizada. Es el coproducto más abundante de la industria láctea, siendo el sobrenadante filtrado después de la precipitación, y la remoción de la caseína de leche, durante la elaboración del queso. Es de difícil aceptación en el mercado, ya que sus características no lo hacen apto para su comercialización directa como suero líquido. El lactosuero es un subproducto cargado de materia orgánica con potencial riesgo ambiental. A modo de ejemplo, mil litros de lactosuero generan aproximadamente 35 kg de demanda biológica de oxígeno (DBO), y cerca de 68 kg de demanda química de oxígeno (DQO), [5]. Esta fuerza contaminante, calculada según la Directiva 91/271/CEE, es equivalente a la de las aguas servidas que producen quinientas personas por día. La realidad es que una gran parte de los productores lácteos desechan el lactosuero sin previo tratamiento, o bien una parte es destinada a alimentación porcina de bajo rendimiento, dado que hasta el momento, no se le ha encontrado una aplicación rentable. Dado que es un subproducto de la industria alimenticia, el equipo se conformó con especialistas en el área de alimentos, más de otros miembros con capacidades en el diseño de obras civiles, procesos, y evaluación de factibilidad económica. Asimismo, se incorporaron dos alumnos que participaron de la investigación enriqueciendo sus conocimientos y formación profesional.

## 3. Metodología

La metodología consistió en el análisis de situación del sector en la Argentina, los métodos de producción de PLA, la factibilidad técnica para la realización del proceso, y finalmente, la pre-factibilidad económica.

La hipótesis principal de este trabajo radica en que brindando una opción rentable, al aprovechamiento del lactosuero, los productores dejarán de desprenderse del mismo. La composición del lactosuero incluye al ácido láctico, monómero del ácido poliláctico (PLA), al que actualmente se lo utiliza para la fabricación, entre otros, de hilos de sutura biodegradables, creación de biofilms con buenas propiedades mecánicas para ser extruidos, y material para impresoras 3D. Así, se podrían disminuir los costos de este producto, que actualmente se importa, y permitir el desarrollo de las actividades relacionadas

Las problemáticas a abordar por esta investigación, en consecuencia, involucran la valoración del rendimiento técnico en la obtención de PLA y la rentabilidad económica del proceso. Actualmente existe una mayor demanda del producto, lo que implicaría una mayor facilidad de colocarlo en el mercado, y por lo tanto justificar las inversiones en el tratamiento del lactosuero para su obtención.

## 4. Desarrollo

### 4.1 Análisis de Prefactibilidad

#### 4.1.1. Situación de la industria lechera Argentina - Prefactibilidad de la oferta

La producción lechera creció, según el Ministerio de Agricultura de la Nación, en el año 2012, a aproximadamente 11.300 millones de litros, de los cuales el 67% fue procesado por grandes empresas, y el 33% restante por PyMEs. El 41% de la producción de leche se destinó a la elaboración de quesos, aproximando por la bibliografía, por cada kg de queso fabricado se obtienen de 9 a 12 litros de lactosuero [2], dependiendo del tipo de queso, y de la cantidad de agua utilizada durante el proceso. Para facilitar los cálculos, se tomará la proporción de 10 litros de lactosuero/kg de queso producido, resultando un total de 4.000 millones de litros de suero por año, de los cuales solamente el 45% fue procesado, fundamentalmente por grandes empresas, para la obtención de productos con valor agregado. En estos números se consideran las más de 500 PyMEs lácteas en el país, de las cuales entre 150 y 170 empresas, se encuentran nucleadas en Apymel (Asociación de Pequeñas y Medianas Empresas Lácteas). Esta asociación informa que sus representados producen 900 toneladas de queso mensual, vale decir, un estimado de 9.000.000 litros de lactosuero mensual, y por lo tanto unos 300.000 litros diarios de lactosuero (12.500 litros/hora).

#### 4.1.2. Prefactibilidad de la Demanda

La concentración de los productores lácteos deberá ser tenida en cuenta junto con la demanda al momento de evaluar la ubicación geográfica de una futura planta de procesos. Entre las empresas con potencial demanda de PLA se encuentran, Industria Plástica Echeverría SRL, Flexodian, Super-Bol SRL, Capoplast, Her Plast SRL, Inyectal ATM SRL, Duzzen SA, AG bolsas plásticas, Establecimiento ALH SRL, Resifilm SRL, ADOC envases SRL, Tom Plast, Plastiandino y Termoplástica San Rafael, entre otras. Empresas que se encuentran radicadas en Buenos Aires, Córdoba, Mendoza, Santa Fe, y que utilizan pellets para fabricar productos plásticos [3]. El emprendimiento reemplazará una parte de las importaciones actuales de PLA. Asimismo, y a modo de referencia, la Agencia Córdoba Innovar y Emprender del gobierno de Córdoba, informó que en 2017 la demanda de servicios 3D ha crecido un 60%.

#### 4.1.3. Métodos de la Producción - Prefactibilidad Técnica

Dado que el objetivo general es formular un método de obtención de ácido poliláctico a partir del residuo de la fabricación de quesos y mantecas, también conocido como lactosuero, un objetivo específico implica la reducción del impacto ambiental. Según el procedimiento, y microorganismo, que se utilice, se puede obtener PLA biodegradable o no. El estudio de mercado indicará la conveniencia de obtener uno u otro, o en el tiempo, una producción mixta. El ácido láctico (ácido 2-hidroxi-propanoico / 2-ol-propanoico), fue aislado e identificado en 1780 por Scheele en una muestra de leche agria, y reconocido como producto de fermentación en 1847 por Blondeaur, la producción por fermentación a escala mundial comenzó hacia 1881. El ácido láctico posee dos isómeros ópticos, el D(-) (dextrógiro) y el L(+) (levógiro), además de una forma racémica constituida por fracciones equimolares de las formas L(+) y D(-). El isómero L(+) es metabolizado por el organismo humano, por lo tanto biodegradable. Ambas formas isoméricas pueden ser polimerizadas, se pueden producir polímeros con diferentes propiedades según sea su composición. Los

PLA poseen propiedades físico-mecánicas muy apropiadas, de modo que fueron reemplazantes de los plásticos tradicionales. El rango de temperatura de su transición vítrea está dentro los 50°C y 80°C mientras que la de fusión se encuentra entre los 130°C y 180°C [4]. El inconveniente que presenta su producción son los altos costos. Sin embargo, su gran interés es la sustitución de plásticos provenientes del petróleo [1].

La producción de ácido láctico por vía química puede efectuarse mediante varios métodos, algunos de ellos están basados en la reacción de acetaldehído con ácido cianhídrico para dar lacto nitrilo, el cual puede ser hidrolizado a ácido láctico. Otra posibilidad es la síntesis a alta presión de acetaldehído mediante monóxido de carbono y agua, en presencia de ácido sulfúrico como catalizador. Sin embargo, este tipo de procesos tienen la desventaja de producir ácido láctico como una mezcla de sus formas D, L y la ópticamente inactiva, lo que es contraproducente. En consecuencia, la metodología mayoritariamente aceptada para su producción, en el 90% de los casos, es la biotecnológica, la misma se basa en la fermentación bacteriana de sustratos ricos en carbohidratos. La elección de la materia prima depende entre otras cosas de su costo, del microorganismo a utilizar, y de las características del producto final. Pueden emplearse tanto sustratos carbonados puros como la glucosa, sacarosa, y lactosa, asimismo es posible también utilizar sustratos carbonados impuros como el almidón, el lactosuero, y las mieles, que provienen de la industria azucarera, alimenticia, y la agricultura.

El PLA, es el resultado de la polimerización del ácido láctico obtenido de la fermentación de azúcares, utilizando un doble proceso, fermentación y polimerización. El mismo puede ser llevado a cabo por diferentes bacterias homolácticas, con rendimientos incluso de más del 95%, respecto a la conversión del azúcar en ácido láctico. Las condiciones de operación consisten en una baja concentración de oxígeno, una acidez entre 5.4 y 6.4, y a una temperatura aproximada de 38 a 42 °C. Según la longitud de los grupos de unidades de monómero en el polímero, los PLA presentan una gran variedad de propiedades físicas. Los productos obtenidos se destacan por ser excelentes barreras para el oxígeno y los olores, son solubles al agua, cuentan con superficies transparentes, brillantes, y no proporcionar sabores extraños. Inicialmente, y a los efectos de la presentación de este proyecto se consideró, para la evaluación, una muestra representativa de suero de leche, con un porcentaje aproximado de humedad del 94%, un porcentaje de cenizas inferior a 0,01% y una concentración de azúcares expresado en contenido de lactosa de 0,03% y un pH inicial de 6.7, como un sustrato potencial como materia prima para el proceso de fermentación del *Lactobacillus* sp en la producción de ácido láctico. Se estima que el pH de mayor producción es de 4.4 en 18 horas de proceso, alcanzando la mayor tasa de producción y reducción de pH a las 20 horas. En este contexto, para el estudio de pre-factibilidad, se relevó la información, detallada en la Tabla 1, de un emprendimiento similar [5], en el que se plantea satisfacer una demanda de 210.000 toneladas anuales de PLA, lo que equivale a tratar cerca de 20.000 litros por hora de lactosuero, una planta así podría tratar el producido por todas las PyMEs adheridas a la Apymel en la misma escala.

## 5. Resultados y Conclusiones

Para el estudio de pre-factibilidad y viabilidad técnica, en estas circunstancias puede tomarse el precio informado en Infocampo para el lactosuero, entre u\$s 800 y u\$s 900 por tonelada, mientras que la tonelada de ácido poliláctico se comercializa en plataformas de

e-commerce (Alibabá, Mercado Libre, Amazon, e-Bay, etc.) a un valor promedio desde u\$s 2.400 a u\$s 4.200, según sea la calidad necesaria para su posterior aplicación. Dado que los procesos fermentativos son del tipo por lote (batch), con ciclo variable según la cepa del microorganismo de fermentación, se analizarán tres líneas de producción, de manera tal que se pueda absorber la producción diaria de lactosuero, además de una última línea para el cultivo de los microorganismos fermentativos. De manera tal con una producción diaria de 10.000 litros de lactosuero, analizando la posibilidad que este volumen sea provisto por varios productores en forma de cooperativa.

<b>Tabla 1. Resumen de Inversión y Costos del Proyecto</b>						
Inversión de Capital	Capital Fijo	Costos Directos	USD	1.010.374,29	USD 1.705.384,24	USD 9.056.329,54
		Costos Indirectos	USD	221.543,86		
		Terceros	USD	61.595,91		
		Eventuales	USD	123.191,81		
	Capital de Operación		USD	288.678,37		
Costos de Producción		Costos Directos e Indirectos	USD	6.683.219,32	USD 7.350.945,30	
		Costos Fijos	USD	279.136,53		
		Gastos Generales	USD	388.589,44		

**Tabla 2. Resumen del análisis de pre-factibilidad**

Volumen diario de lactosuero (litros por día)	10.000
Total de la Inversión (u\$s)	1.705.384,24
Precio estimado de Venta (u\$s/ ton PLA)	\$3.000
Tasa de Referencia	12.0%
Valor Actual Neto (VAN)	3.919.845,39
Tasa Interna de Retorno (TIR)	48.0%
Período de Recuperación de la Inversión (PRI)	2años y 2 meses

La escala, inicialmente propuesta entonces, a nivel PyMEs y/o MiPyMEs, deberá considerar además la cautela de los posibles inversores. De este modo, se considera como razonable un período de dos a tres años para la amortización del emprendimiento, quedando sujeta la dimensión final de la planta a la cantidad y accesibilidad a la materia prima, la distribución geográfica de los productores y demandantes, posibilidad de acceso de los interesados a líneas de crédito, y las condiciones de acceso a las mismas.

Asimismo, dada la competencia internacional, se sugiere en primera instancia satisfacer el mercado regional, minimizando costos de transporte y comercialización exterior. Se utilizaron aplicaciones informáticas específicas que permitieron realizar las modelizaciones, y simulaciones, de los escenarios técnicos y financieros, concluyendo que el proyecto amerita pasar a una segunda fase, en la que se analizará el ciclo completo, incluyendo a los actores de oferta, demanda, e inversores concretos interesados en el proyecto.

## 6. Referencias

- D. Bello Gil. Plásticos biodegradables, una alternativa verde. Ecositio. 2009.
- M. Hernández Rojas, J. F. Vélez-Ruiz. Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales. Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental. Universidad de la Américas, Puebla. 2014.
- Giaroli, G. N., Maggioni A. A. (2015). Producción de Poliacidolactico por ROP en la provincia de Buenos Aires. Estudio de prefactibilidad. Facultad de ciencias aplicadas a la industria. Universidad Nacional de Cuyo. San Rafael, Mendoza.
- Castro Gómez, J., Vera Calderón, M. P. (2012). Diseño de reactores de prepolimerización y polimerización para la producción de ácido láctico en una planta industrial. Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería. Cartagena de Indias.
- Yamunaqué Chero, K. M. (2015). Estudio de factibilidad Técnico-Económico en la instalación de una planta química para la producción del biopolímero ácido láctico (PLA) a partir del lactosuero. Tesis para optar por el título de Ingeniero Químico. Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería de Minas, Escuela Profesional de Ingeniería Química. Piura, Peru.

## 7. Publicaciones

- Fauroux, Luis E.; León, Paula; Degaetani, Omar J. "Factibilidad de la obtención de Pla a partir de lactosuero". ReDDI. 2020. UNLaM. Argentina. ISSN 2525-1333
- Fauroux, Luis E.; León, Paula; Degaetani, Omar J.; Franco, Daniel. "Estudio de pre-factibilidad *técnica* económica para la obtención de Acido Poliláctico a partir del lactosuero residual de la producción de quesos". 2019. Congreso Argentino de Ingeniería Química, Santa Fe. Asociación Argentina de Ingenieros Químicos. Abstracts del CAIQ2019 - X Congreso Argentino de Ingeniería Química. ISSN: 1850-3500
- Fauroux, Luis E.; Degaetani, Omar J.; Gonzalez, Ricardo. "Análisis preliminar del aprovechamiento del lactosuero remanente de la industria quesera". 2019. Congreso Argentino de Ingeniería Industrial. Río Gallegos – Santa Cruz. Asoc. Argentina de Carreras de Ing. Industrial y Afines. Memorias del COINI 2019. ISBN 978-987-4998-43-9
- Fauroux, Luis E.; Espiñeira, Pablo; Bella, Martín M.; Degaetani, Omar J., González, Ricardo. "Análisis de variables de diseño de una planta de ácido poliláctico (PLA)". 2020. Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica (a realizarse 2021). San Nicolás. Buenos Aires. FoDAMI.

# HABITACION: REHABILITACION ESTRATEGIAS, ACCIONES Y PRODUCTOS (C2-ING-055)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

**Director: Matías Horacio Torres**

**e-mail: estotampocoesreal@gmail.com**

**Co-Directora: María del Rosario Johnson**

**e-mail: m.rosario.johnson@gmail.com**

**Integrantes: Investigadores**

**Christensen, Dolores; Cura, Federico; Lo Ré, Silvana;**

**Puletti, Luciana; Litvan, Isis; Rodríguez Althoff, Joaquín**

### **Síntesis del contenido**

La investigación proyectual propuesta pretende indagar acerca de los distintos modos de habitación presentes en el territorio metropolitano de Buenos Aires, específicamente en el área de la Cuenca Matanza Riachuelo, como parte indisoluble del espacio urbano, atendiendo uno de los principales desafíos del proyecto y la gestión en la ciudad Latinoamericana. Se hará un especial énfasis en las acciones de rehabilitación de áreas, conjuntos o edificios degradados. El presente trabajo se focalizará en el sector urbano del barrio 20 de junio, Isidro Casanova.

La reflexión y generación de nuevas alternativas proyectuales y de gestión capaces de revertir los procesos de dualización, constituye una de las cuentas pendientes que nuestra disciplina mantiene, tanto en el ámbito académico como en el profesional, constituyendo el objetivo fundamental de nuestro trabajo.

Se plantea la potencialidad de generar proyectos urbanos y arquitectónicos de hábitat popular de distintas escalas. Es por ello que consideramos necesario trabajar con una metodología que posibilite la construcción de categorías teóricas y proposiciones proyectuales en constante redefinición e interrelación. Partiendo de tipificaciones surgidas de previas investigaciones sobre los modelos de vivienda existentes, se propone la apertura a estrategias contemporáneas de intervención, teniendo como premisas una serie de condiciones iniciales: inserción urbana / hibridez programática / compacidad territorial / multiplicidad de modelos / equidad espacial / tectónica situada y operativa, alumbrando nuevos abordajes de esta problemática en el ámbito de la Cuenca Matanza Riachuelo (CMR).

La mirada multiescalar es uno de los ejes centrales propuestos, intentando establecer la necesaria convivencia entre distintos modelos de hábitat y su relación contextual urbana. Es en este sentido, la densificación de la periferia urbana o periurbano se plantea aquí como una alternativa a la extensión indefinida.

**Palabras clave:** habitación, rehabilitación, equipamiento, estrategias

## **Problemática a resolver**

El proyecto de la habitación urbana se ha limitado en los últimos tiempos a una suerte de rutina apática, circunscribiendo espacios condicionados por codificaciones explícitas e implícitas, impidiendo su necesaria revisión al dejar de lado nuevas búsquedas capaces de responder a las transformaciones contextuales descriptas.

La falta de una mirada integral en gran parte de las políticas destinadas al hábitat popular, la no contemplación de sus distintas escalas de abordaje en sinergia, la búsqueda de continuidad del tejido urbano confundida con uniformidad y anomia, la ausencia de equipamientos e infraestructuras, la desatención de las variables ambientales, las mutaciones en el concepto de familia tipo y la aparición de nuevos núcleos de convivencia, la superposición de actividades domésticas y laborales en ámbitos compartidos, o la redefinición constante de los conceptos de público y privado, requieren de revisar nuestros tradicionales materiales de proyecto.

Planteamos aquí la estrategia de rehabilitación entendida no solo como el planteo de estrategias de proyecto en conjuntos habitacionales, sino también en recortes de ciudad que ofrezcan oportunidades de reconversión o edificios que puedan motorizar reconversiones urbanas. Una de las problemáticas fundamentales planteadas será la interrelación entre lo existente y lo nuevo. Esta investigación propone una ampliación de lo abordado por el equipo en el proyecto realizado en el período anterior (2016\_2017\_ UNLaM \_habitación. densa, mixta, urbana). Si en la etapa previa se trabajó sobre el espacio doméstico hacia el interior de las viviendas, en esta etapa trabajamos inversamente, sobre los espacios colectivos entre las viviendas.

La investigación desarrolla entonces una serie de productos que proponen el establecimiento de equipamientos de pequeña escala en el barrio, que doten de nueva infraestructura al mismo, generando nuevas espacialidades para el intercambio y producción e integración, tanto al interior del barrio como al entorno existente.

## **Metodología del trabajo desarrollado**

La investigación proyectual propuesta plantea una metodología en la que se constituyen en paralelo categorías teóricas de abordaje y prefiguraciones modélicas en constante interacción y redefinición mutua.

Será necesario desarrollar un marco teórico propio que proporcione un andamiaje categorial pertinente para desarrollar los proyectos. Se realizarán lecturas críticas del territorio utilizando los lineamientos y categorías desarrollados en otras investigaciones del equipo, poniéndolas en cuestión y resignificándolas. Se trabajará con el análisis y manipulación de casos disciplinares seleccionados a partir de operaciones específicas utilizándolas como material de proyecto. Para la realización de las prefiguraciones modélicas se utilizarán diversas herramientas disciplinares digitales y analógicas.

Nos centraremos en la detección de: patrones de crecimiento y densificación urbana, devenir de las áreas urbanas establecidas, modalidades de apropiación del espacio público y doméstico, fenómenos de mixtura y superposición programática, problemáticas

sociales y ambientales específicas a los ejemplos a analizar, articulaciones urbanas con su entorno mediato e inmediato.

Se elaboró un relevamiento del objeto de estudio. En una primera etapa a partir de las categorías propuestas (límites, suelo, vegetación, equipamiento y usos) abarcando la totalidad del sitio, fragmentado en partes para su abordaje en simultáneo. En una segunda etapa, se realizó un nuevo relevamiento con las mismas categorías, pero partiendo de recortes de situaciones particulares encontradas en el sitio.

## **Desarrollo y resultados obtenidos**

La transferencia social y académica de los conocimientos posibles de ser producidos en este proyecto pretenden redefinir abordajes proyectuales y modalidades productivas, construyendo aportes a una nueva mirada propositiva sobre nuestras presencias y nuestros futuros espacios de habitación urbana.

La posible transferencia social de lo producido cuenta con importantes antecedentes. Nuestro equipo participó activamente de la experiencia en el Barrio 31 de Retiro, que revisó las categorías tradicionales del proyecto urbano, sumó componentes participativas y culminó en una ley de urbanización específica sancionada por la Legislatura porteña.

Junto a otra serie de proyectos destinados al hábitat popular hemos formado parte constitutiva del nuevo Centro Hábitat Inclusivo, con sede en el Instituto de la Espacialidad Humana dirigido por el Prof. Arq. Javier Fernández Castro en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires.

La transferencia académica de estas investigaciones sirve además de andamiaje teórico para diversos cursos de grado, en especial los de proyecto, en los que participan nuestros integrantes.

## **Conclusiones**

A lo largo de la investigación se trabajó sobre la noción de rehabilitación entendida como un instrumento de acción en un entorno específico, en este caso, aplicado al barrio 20 de junio de Isidro Casanova. Los resultados aquí expuestos servirán como base para, en próximos proyectos, retomar como base este desarrollo tipificando estrategias y tácticas trasladables a otros casos y contextos. A partir de los relevamientos realizados, se detectaron una serie de potencialidades que dieron lugar al desarrollo de propuestas de equipamientos de pequeña escala.

La tensión entre las reglas surgidas del proyecto debido a su relación con el barrio y condiciones preexistente, así como aquellas propias de la práctica disciplinar favorecen búsquedas complejas. Se proponen múltiples respuestas que no apuntan a establecer una única solución, sino que se sitúan como posibilidad de transformación. A partir de un trabajo de gestión en sus múltiples dimensiones (social, territorial, política, económica, etc.) estos proyectos son factibles de ser desarrollados en escala real en el barrio.

Por último, el desarrollo de lineamientos de proyectos en el ámbito de la región metropolitana, específicamente en la CMR reconoce por lado la prestación de servicios y

por el otro la formulación de nuevos proyectos de investigación derivados de ésta como modalidades de transferencia básicas a partir de su temática y su contexto de aplicación.

## Publicaciones y/o transferencias empleadas

### 1. CAPITULOS DE LIBRO

2019

**> flexibilidad: mobiliario y equipamiento.**

Publicación digital. XXXII jornadas de investigación. XIV Encuentro Regional.

Secretaría de Investigaciones FADU, UBA. ISBN: 978-950-29-1809-9

Editora: Gabriela Sorda. Compiladora: Guadalupe Tello.

Autor: Matías Torres / Páginas: 2005-2019

<https://publicacionescientificas.fadu.uba.ar/index.php/actas/article/view/531>

**> cmr: acciones, programas, proyectos**

En Publicación Ubacyt UBACyT 2014-2017 Estrategias proyectuales para el hábitat popular.

Directores: Javier Fernández Castro, Margarita Gutman.

(en prensa)

2018

**> Catalogo Bienal Internacional de Arquitectura Argentina BIA-AR 2018**

Felix Arranz, Alberto Gorbatt, editado por Hernan Bisman, Pablo Engelman.

Políticas de oficio, tradición e innovación. Prácticas académicas distinguidas. Rehabilitación. Pág.

59

Técnica, artesanía e industria. Prácticas académicas distinguidas. Fábrica III. Pág. 131

Técnica, artesanía e industria. Prácticas académicas seleccionadas. Fábrica II. Pág. 141

Técnica, artesanía e industria. Prácticas académicas seleccionadas. Fábrica I. Pág. 141

Paisaje y ciudad. Prácticas académicas seleccionadas. Registro. Pág. 286

Editora: SCALAE / Bisman Ediciones. Buenos Aires, Argentina 2018.

ISBN 978-987-3779-14-5

**> Indeterminación, flexibilidad, contingencia.**

Publicación digital. XXXI jornadas de investigación. XIII Encuentro Regional.

Secretaría de Investigaciones FADU, UBA. ISBN: 978-950-29-1743-6

Editora: Gabriela Sorda. Compiladora: Guadalupe Tello.

Autor: Matías Torres / Páginas: 1574-1584

[www.fadu.uba.ar/categoria/220-publicaciones](http://www.fadu.uba.ar/categoria/220-publicaciones)

**> A3\_f&p**

Publicación digital. XXXI jornadas de investigación. XIII Encuentro Regional.

Secretaría de Investigaciones FADU, UBA. ISBN: 978-950-29-1743-6

Editora: Gabriela Sorda. Compiladora: Guadalupe Tello.

Autor: Matías Torres-Lucia Solaro / Páginas: 2305

[www.fadu.uba.ar/categoria/220-publicaciones](http://www.fadu.uba.ar/categoria/220-publicaciones)

**> Infiltración**

En Publicación digital. (Sub)urbano: habitar con justicia espacial: Althea-V actas del Congreso Iberoamericano de Teoría del Habitar.

Instituto de la Espacialidad Humana. FADU, UBA. ISBN: 978-950-29-1710-8

Compilado por Javier Fernández Castro, Fernando Vera; editado por Mariana Gigliotti.

Autores: Matías Torres, Lucia Solari. / Página 39

[http://altehacinco.com.ar/descargas/ACTAS\\_ALTeHa.pdf](http://altehacinco.com.ar/descargas/ACTAS_ALTeHa.pdf)

## > **Rehabilitación**

En Publicación digital. (Sub) urbano: habitar con justicia espacial: Alteha-V actas del Congreso Iberoamericano de Teoría del Habitar.

Instituto de la Espacialidad Humana. FADU, UBA. ISBN: 978-950-29-1710-8

Compilado por Javier Fernández Castro, Fernando Vera; editado por Mariana Gigliotti.

Autores: Matías Torres, Lucía Solari / Página 40

[http://altehacinco.com.ar/descargas/ACTAS\\_ALTeHa.pdf](http://altehacinco.com.ar/descargas/ACTAS_ALTeHa.pdf)

## **2. CONFERENCIAS, PONENCIAS, TALLERES**

2019

> ponencia

### **atmósferas**

XXXIII Jornadas de Investigación y XV Encuentro Regional. SI+imágenes

FADU, UBA. Buenos Aires, Argentina. 31 de octubre, 1 de noviembre.

Autores: Torres, Matías Horacio / Johnson, María del Rosario / Christensen Dolores / Cura, Federico / Lo Ré, Silvana / Puletti, Luciana / Litvan, Isis / Rodríguez Altohff, Joaquín

> ponencia

### **registro : dibujando el conurbano**

XXXIII Jornadas de Investigación y XV Encuentro Regional. SI+imágenes

FADU, UBA. Buenos Aires, Argentina. 31 de octubre, 1 de noviembre.

Autores: Torres, Matías Horacio

> dictado de taller

### **Lo entremedio. de lo doméstico a lo colectivo**

Workshop en la IV Bienal de Diseño. FADU, UBA

Docentes: Matías Torres, Luciana Puletti, Adara Ayape, Isis Litvan. FADU, UBA. 14 y 15 de agosto.

> expositor

### **UNLaM, ARQ. Taller de proyecto.**

Encuentro Nacional de Cátedras de Proyecto

Universidad Nacional de Rosario. Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño. (UNR, FAPyD)

Rosario, Santa Fe, Argentina. 29 y 30 de marzo.

2018

> ponencia

### **habitación: rehabilitación. estrategias, acciones y productos**

II encuentro MEP DIIT-UNLaM

Programa de Investigación "Mejora de las Estrategias Pedagógicas y Didácticas en el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza" (MEP).

Universidad Nacional de la Matanza. Campus UNLaM. 30 de noviembre.

> ponencia

### **materiales no convencionales. sobre la producción de maquetas en arquitectura no estándar.**

Encuentro de Morfología Metropolitana (eMMe + Aleph)

Asociación latinoamericana de estudios de la forma.

FADU, UBA. Buenos Aires, Argentina. 6, 7 y 8 de agosto.

> ponencia

### **flexibilidad: mobiliario y equipamiento.**

XXXII Jornadas de Investigación y XIV Encuentro Regional. SI+campos

FADU, UBA. Buenos Aires, Argentina. 27 y 28 de septiembre.

> ponencia

### **habitación: rehabilitación. estrategias, acciones y productos.**

II Congreso Internacional de “Vivienda y Ciudad: debate en torno a la nueva agenda urbana”  
FAUD, Universidad Nacional de Córdoba. Conicet. ONU-Hábitat  
Córdoba, Argentina. 21 y 22 de junio.

## **Bibliografía Utilizada**

- \_ Angéllil, Marc & Hehl, Rainer (Editores) en colaboración con Something Fantastic. Building Brazil!. Editorial Ruby Press. Alemania. 2011.
- \_ Angéllil, Marc & Hehl, Rainer (Editores) en colaboración con Something Fantastic. Cidade De Deus—City Of God. Editorial Ruby Press. Alemania. 2011.
- \_ Diez, Fernando E. Buenos Aires y algunas constantes en las transformaciones urbanas. Editorial de Belgrano. Buenos Aires 1997.
- \_ Druot, Frédéric; Lacaton, Anne; Vassal, Jean Philippe. Plus. La vivienda colectiva, territorio de excepción. Editorial GG. Barcelona 2007.
- \_ Dunowicz Renée. 90 años de vivienda social. Programa de mantenimiento habitacional. Ediciones FADU. Buenos Aires 2000.
- \_ Dunowicz Renée, Boselli Teresa. La rehabilitación del hábitat. Gestión del patrimonio habitacional de la CABA. Ediciones FADU. Editorial Nobuko. Buenos Aires 2010.
- \_ Fernández Castro, Javier (compilador). 100 x 100 habitar. Nuevos modos de vivienda. Ediciones FADU UBA. Buenos Aires 2007.
- \_ García Huidobro, Fernando; Torres Torriti, Diego; Tugas Nicolás. ¡El tiempo construye! El PREVI de Lima, génesis y desenlace. Editorial GG. Barcelona 2008.
- \_ Josep, Montaner; Muxi, Zaida. Herramientas para habitar el presente. La vivienda del siglo XXI. Editorial UPC. Barcelona. 2011.
- \_ Pérez de Arce, Rodrigo. Domicilio urbano. Ediciones ARQ. Santiago de Chile 2006.

# INTERACCIÓN ENTRE SISTEMAS BASADOS EN IOT Y REDES DE DATOS DUAL STACK (C2-ING059)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

**Director:** Carlos Alberto Binker      e-mail: [cbinker@unlam.edu.ar](mailto:cbinker@unlam.edu.ar)  
**Codirector:** Hugo Raúl Tantignone      e-mail: [htantignone@unlam.edu.ar](mailto:htantignone@unlam.edu.ar)

### Integrantes investigadores:

**Docentes:** Guillermo Buranits, Diego Romero, Rubén Darío Moreira  
**Alumnos Ad-Honorem:** Eliseo Zurdo, Maximiliano Frattini

### Síntesis del contenido:

El eje central de la investigación radica en hacer interactuar a los dispositivos de hardware abierto, basados en IOT con las redes de datos. Por lo tanto, la problemática descripta comprenderá las siguientes fases de desarrollo:

**1)** Armado, configuración y programación de hardware IOT: consistirá básicamente en el empleo de microcontroladores basados en Arduino y arquitecturas compatibles con el IDE de Arduino como por ejemplo el controlador ESP8266 o el ESP32.

**2)** Interacción de dispositivos IOT con Internet: se dispondrá de diversos módulos que permitirán enlazar los dispositivos IOT a Internet mediante diversas tecnologías como ser Ethernet, WIFI, etc.

### Objetivo general del proyecto de investigación:

- Configurar y programar diversos dispositivos de hardware abierto, basados en IOT, para lograr que interactúen entre sí y con las redes de comunicaciones de datos, con el objeto de poder almacenar dichos datos generados en el algún servidor (como por ejemplo un Cloud), para que dichos datos sean tratados con posterioridad.

### Objetivos específicos a alcanzar durante 2020:

1. Simulación de topologías con dispositivos IOT sensores y actuadores conectados a dispositivos de networking tales como routers, switches, servidores, etc.
2. Construcción de un módulo domótico para control de iluminación en el hogar mediante una aplicación a través de WIFI.

**Palabras clave:** IOT (Internet of Things), ESP8266, ESP32, Cloud, Sensores, IPv6

### **Problemática a resolver:**

En línea con los objetivos específicos planteados para esta segunda fase, hemos realizado un prototipo de un control inalámbrico mediante WIFI para iluminación del hogar empleando un **módulo** basado en el SOC (System of Chip) ESP8266. Esta solución contempla también la posibilidad de seguir controlando la iluminación del hogar de la forma tradicional.

### **Hipótesis de trabajo**

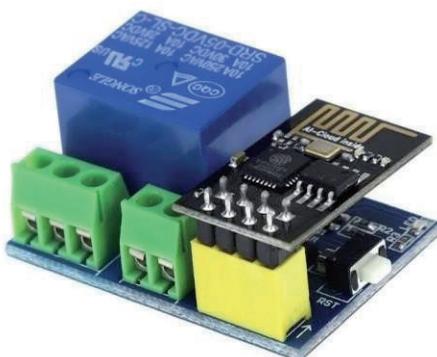
1. Todos los dispositivos IOT pueden vincularse a la red de datos (privada o pública) a través de alguna tecnología inalámbrica como ser WIFI, Bluetooth o bien mediante alguna técnica RFID incluyendo NFC.

### **Solución propuesta:**

Construcción de un prototipo para uso en domótica que pueda realizar control de iluminación, climatización del hogar, encendido de dispositivos diversos, etc. En este caso dada lo ambicioso de la propuesta, se ha limitado sólo al control de la iluminación del hogar. El prototipo domótico será controlado por una aplicación web mediante un celular, tablet, PC, smart TV, etc.

### **Metodología del trabajo desarrollado:**

Se desarrolló un sistema domótico de control de iluminación del hogar. El mismo está basado en el ESP8266. Este popular SOC (System of Chip) se utilizó en conjunto con un relé, permitiendo así el empleo de iluminación hogareña a 220V. El chip concretamente utilizado es el ESP-01s y el módulo de relé es la placa ESP-01 Relay. Ambos dispositivos montados pueden observarse en la Figura 1.



**Figura 1** - Placa ESP-01s Relay y módulo ESP-01s

El encendido de las diferentes luminarias del hogar se lleva a cabo mediante un acceso web, a través de la red WIFI del hogar. Se implementaron dos escenarios:

### 1. Control web interno en cada ESP-01s.

Cada dispositivo ESP-01s basado en el chip ESP8266, aloja un servidor web propio que controla una luminaria por medio de una dirección IP fija. La página muestra un botón que permite encender o apagar la luz. Cada dispositivo se ha montado en una caja plástica contenedora, para que los circuitos impresos no toquen la caja metálica embudida donde irá insertado el módulo WIFI. Se ha construido la caja empleando una impresora 3D. Se ha logrado algo muy funcional y práctico, ya que como valor agregado, esta pequeña caja incorpora también la fuente de alimentación (5V DC, a partir de los 220 V de línea), pudiendo llegar a constituirse en un producto comercial. Además el sistema permite controlar la iluminación de la manera tradicional a través de una tecla o bien mediante WIFI, por ejemplo desde un teléfono móvil. Además, apelando al concepto de circulación dentro del hogar, se permite controlar una carga desde dos posiciones diferentes, una fija mediante una tecla de combinación y la otra posición móvil desde otro punto de la casa mediante la red WIFI, ya sea desde un celular, tablet, smart tv, etc. El módulo WIFI (a través del relé) y la llave física se conectan formando el característico circuito de llave de combinación, ver Figura 2.



**Figura 2** - Circuito de combinación entre la llave y el relay de la placa ESP-01s Relay.

A su vez, este escenario admite dos configuraciones posibles:

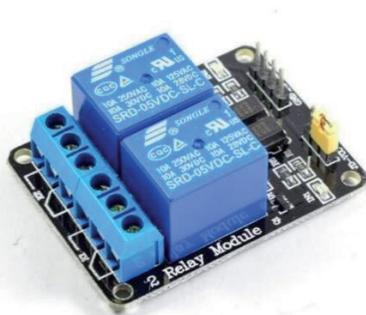
- Llave de combinación en caja separada a donde se encuentra el módulo WIFI
- Llave de combinación en la misma caja en donde se encuentra el módulo WIFI

El caso **a)** obedece a la situación real en donde ya en una casa existen llaves de combinación en cajas diferentes, mientras que el caso **b)**, simula la condición anterior, pero tanto el módulo WIFI como la llave de combinación se montan en la misma caja, dando la versatilidad al sistema de control manual o control inalámbrico vía web.

### 2. Control web externo basado en la nube.

En este caso se empleó un servicio gratuito de hosting a través del sitio [www.000webhost.com](http://www.000webhost.com). En dicho sitio, se albergó una página web conectada a una base de datos SQL. Esta base de datos contendrá los botones de comando para el control de la iluminación. También el hecho de tener una base de datos nos habilita, por ejemplo, a leer información de sensores y enviarlos a la base de datos para su almacenamiento y posterior utilización, pero estas acciones quedarán pendientes para el siguiente proyecto. En este caso se empleó un Arduino Mega y un solo ESP-01s para vincular la placa a Internet. A diferencia del

escenario anterior, debe instalarse el Arduino allí realizar todas las conexiones hacia las GPIO del Arduino Mega, deberá salir un cable el encendido de cada luminaria, lo cual difícil es siempre factible, ya que por lo general las dificulta la introducción de la cinta pasa cables pueden ver en la Figura 3.



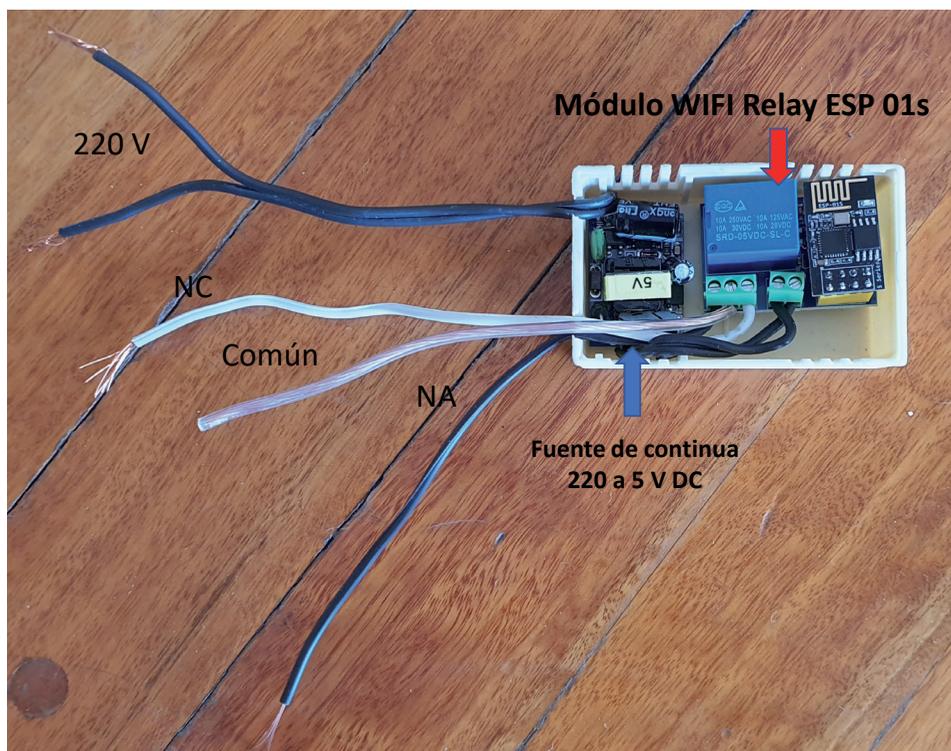
a casa y desde lesde cada pin ará el relé para rogar, y esto no le pulgada que s a emplear se



**Figura 3 - Placa Relé para comandar una o dos cargas 220V**

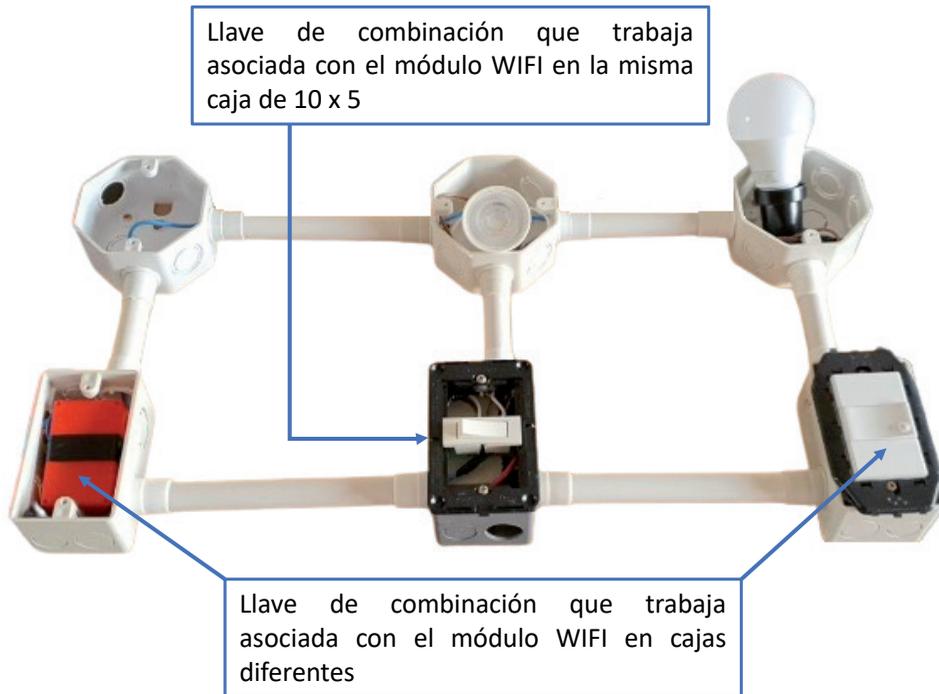
### Desarrollo y resultados obtenidos:

La Figura 4 muestra la construcción del módulo WIFI y su inserción en una caja plástica aislante conjuntamente con la fuente de alimentación:



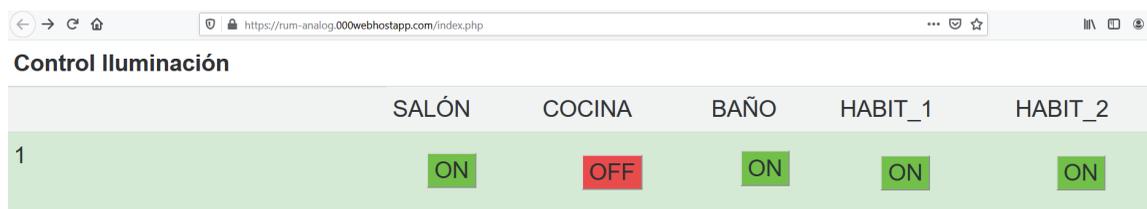
**Figura 4 – Caja plástica de montaje del módulo WIFI**

Por otro lado, La Figura 5 muestra el prototipo construido que simula la instalación eléctrica de un hogar tipo.



**Figura 5** - Prototipo de simulación de una instalación eléctrica real de un hogar

Por otro lado, el panel de control web, cuyos botones se hayan definidos en una tabla de la base de datos MARIADB que se encuentra hosteada en 000webhostapp, tiene el siguiente aspecto, ver Figura 6, (<https://rum-analog.000webhostapp.com/index.php>):



**Figura 6** – Dashboard para control de iluminación

El esquema circuital a construir es el siguiente, ver Figura 7.

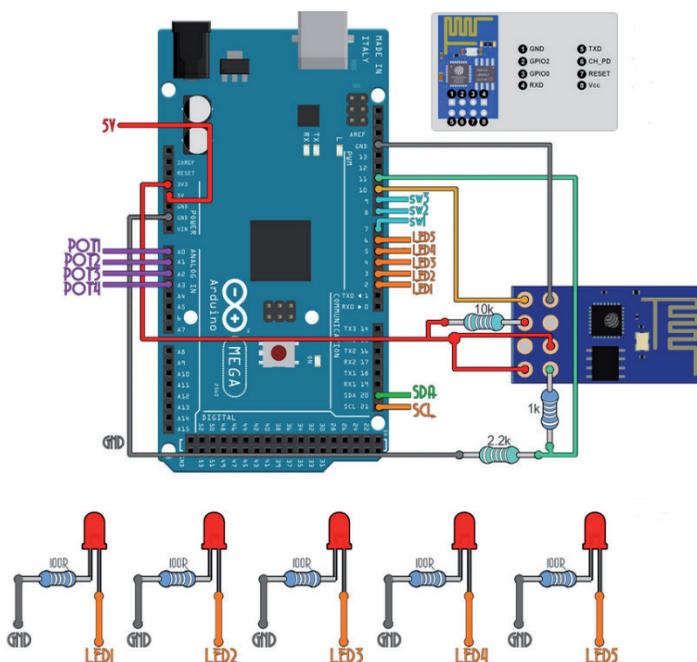


Figura 7 – Esquema circuital

## Conclusiones

1. El módulo ESP-01s constituye una excelente variante para la construcción de un interruptor WIFI basado en el chip ESP8266.
2. La realización del prototipo que contempla el escenario 1 se ajusta a una situación más real ya que no requiere cableado extra en la instalación eléctrica, ya que no todas las instalaciones hogareñas admiten fácilmente el agregado de nuevos cables, dado que por lo general disponen en su mayoría de caños de 5/8 de pulgada.

## Bibliografía Utilizada

- Tschofenig, H., & Arkko, J.. (2012). Report from the Smart Object Workshop. 26/01/2019, de ietf Sitio web: <https://tools.ietf.org/html/rfc6574>
- Shelby, Z., Hartke, K., & Borman, C.. (2014). The Constrained Application Protocol (CoAP). 26/01/2019, de ietf Sitio web: <https://tools.ietf.org/html/rfc7252>
- Nieminen, J., Savolainen, T., Isomaki, M., Patil, B., Shelby, Z., & Gomez, C., . (2015). IPv6 over BLUETOOTH(R) Low Energy. 26/01/2019, de ietf Sitio web: <https://tools.ietf.org/html/rfc7668>
- Brandt, A., & Buron, J.. (2015). Transmission of IPv6 Packets over ITU-T G.9959 Networks. 26/01/2019, de ietf Sitio web: <https://tools.ietf.org/html/rfc7428>
- Hui, J., & Thubert, P.. (2011). Compression Format for IPv6 Datagrams over IEEE 802.15.4-Based Networks. 26/01/2019, de ietf Sitio web: <https://tools.ietf.org/html/rfc6282>

# INTERNET DE LAS COSAS EN MINIBOYAS AMBIENTALES (C232)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

**Director:** Lupi, Oreste Daniel      e-mail: [decide.bue@gmail.com](mailto:decide.bue@gmail.com)

**Co-Director:** Zaradnik, Ignacio José      e-mail: [izaradnik@unlam.edu.ar](mailto:izaradnik@unlam.edu.ar)

**Integrantes:**

**Turconi, Diego; Kumvich, Augusto; Canziani, Monica; Dominguez, Facundo; Slawiski, Javier; Caccaviello, Diego; Ortiz, Juan; De Vita, Fabian; Uremovich, Francisco**

**Alumnos Ad-Honorem: Behar, Christian; Agüero, Agustin; Lanzillotti, Leandro; Vazquez, Matias**

### Síntesis del contenido

El objetivo general de este trabajo es desarrollar, implementar y estudiar los resultados de un sistema de boyas de pequeño tamaño (Miniboyas) que efectúen la medición de un conjunto de parámetros de un ecosistema acuático. Esto surge de la importancia que representa el agua para la vida y las actividades humanas. Para ello se investigaron los distintos ecosistemas acuáticos, los principales parámetros a medir, los sensores relacionados a los parámetros definidos y las tecnologías de comunicación a implementar. Realizada la investigación, se desarrollaron los circuitos impresos asociados a la electrónica de las miniboyas, la programación del firmware de las mismas y la implementación de un Middleware y una interfaz de usuario para la gestión y monitoreo de los datos. Si bien el desarrollo de cada uno de los elementos mencionados fue realizado, la integración final de los mismos y las pruebas de campo, no se llegaron a finalizar como consecuencia de la situación pandémica vivida durante el periodo en que se desarrolló el proyecto.

**Palabras clave:** Internet de las Cosas, Medioambiente, Ecosistemas acuáticos, Miniboyas

### Problemática a resolver

A lo largo de los años, se ha puesto de manifiesto que los ecosistemas acuáticos no tienen un poder ilimitado de dilución de desechos, sino que por el contrario, se deterioran más fácilmente que los sistemas terrestres. Esta mayor influencia de la contaminación de los ecosistemas acuáticos se debe a la estructura de su cadena alimentaria que comparada con los sistemas terrestres, posee una biomasa relativamente pequeña que incrementa los procesos de acumulación de sustancias tóxicas y su sensibilidad a los contaminantes y desechos. Adicionalmente hoy en día en todo el mundo, lagos, ríos y aguas costeras son amenazados por la llegada excesiva de ciertos nutrientes. Los nitratos y fosfatos procedentes de las aguas residuales o los fertilizantes ocasionan eutrofización. La consecuencia: algas, en particular cianobacterias (algas verdiazules), que crecen de

forma incontrolada y que pueden liberar sustancias tóxicas. Todo lo anterior ha dado lugar a que se hayan tomado diversas medidas preventivas y correctoras de la contaminación de los ecosistemas acuáticos, entre las que destaca una amplia vigilancia de las aguas en ríos, lagos y zonas marítimas costeras para detectar a tiempo situaciones problemáticas del tipo descrito. Por tanto, es indispensable el monitoreo de la calidad del agua y la detección de vertidos de efluentes contaminantes para hacer un seguimiento histórico de su evolución y poder entonces tomar medidas anticipadas y poder producir soluciones que, en la medida de lo posible, reduzcan el impacto negativo de la actividad humana en estos ecosistemas acuáticos. La gran extensión de nuestros recursos hídricos hace imposible una cobertura detallada que es esencial para recopilar información en escalas espaciales y de tiempo lo suficientemente grandes como para asegurar un monitoreo efectivo en especial de eventos que no siguen las evoluciones históricas caracterizadas por su continuidad y posibilidad de ser previstas.

## **Metodología del trabajo desarrollado**

Se realizó un estudio bibliográfico sobre los distintos factores que afectan los ecosistemas acuáticos, los productos comerciales disponibles en el mercado para el monitoreo de parámetros relevantes a la aplicación y sobre los sistemas implementados a nivel investigación (haciendo foco en los distintos parámetros medidos, la arquitectura física de los dispositivos y la forma de comunicación que implementan). Se estudiaron los distintos métodos de medición de los parámetros seleccionados, la disponibilidad de sensores comerciales y la posible implementación de estos a través de técnicas de micro y nanotecnología e impresión 3D. Se investigaron las tecnologías asociadas a la comunicación entre miniboyas y entre éstas un dispositivo central/concentrador de datos, las posibles topologías de red, las frecuencias en las cuales se puede trabajar, los alcances, los protocolos y los productos disponibles para implementar las alternativas investigadas. Se realizó el estudio, diseño y desarrollo de un sistema experimental de miniboyas. Esto implicó la implementación del procesamiento de las señales de los sensores seleccionados, la comunicación entre las miniboyas y entre éstas y el nodo central y la representación de los parámetros censados en una interfaz gráfica. En función de los resultados obtenidos en se proponen futuras mejoras y acciones que den continuidad a las actividades del Laboratorio de Inteligencia Ambiental del DIIT.

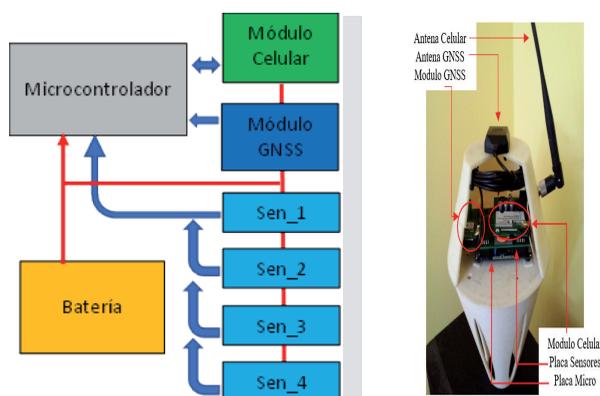
## **Desarrollo y resultados obtenidos**

El proyecto fue estructurado en 4 etapas: relevamiento de los distintos ecosistemas acuáticos, contaminantes, sistemas implementados para su monitoreo, estructura de dichos sistemas y tecnologías asociadas; definición de ecosistema a monitorear, parámetros y componentes a emplear; desarrollo y puesta en marcha de los prototipos experimentales; y el desarrollo y la implementación de un Middleware y una interfaz de usuario para el monitoreo de los datos.

Como resultado de la primera etapa, podemos resumir que la calidad del agua describe la composición general del agua con referencia a sus propiedades químicas, físicas y biológicas. Las características físicas del agua incluyen profundidad, velocidad de flujo, temperatura, color, turbidez y transparencia o visibilidad. En lo que respecta a las pro-

propiedades químicas, el agua contiene innumerables elementos químicos, por lo tanto, los estudios de calidad del agua se centran solo en los elementos químicos más importantes teniendo en cuenta los objetivos del estudio. En lo que respecta a los sensores utilizados, podemos decir que hay tres grupos de sensores. El primero de ellos está formado por sensores de temperatura, conductividad y pH, presente en casi todos los proyectos y recomendaciones. En un segundo grupo tenemos turbidez del agua y oxígeno disuelto en aproximadamente el 50% de los sistemas analizados. Finalmente en un tercer grupo tenemos sensores que son más específicos como sensores de nitratos, metales, etc. En lo que respecta al sistema de alimentación, en muchos trabajos no se especifica, los que están asociados al uso de energía solar implican una estructura mecánica de grandes dimensiones para poder sostener el panel y las baterías asociadas. Para poder determinar el correcto sistema de alimentación es necesario determinar el consumo del equipo y definir la autonomía deseada. Los aspectos mecánicos son variables de acuerdo con las aplicaciones, lo que se destaca, es que las boyas, salvo que estén motorizadas, deben estar ancladas. Finalmente, en lo asociado al protocolo de comunicación del sistema, se presentan múltiples tecnologías, pero en ningún caso se hace referencia a la formación de una red entre las boyas, es decir que el sistema trabaja con una arquitectura tipo punto multipunto. Si tomamos como referencia la tabla VII de [1], el estándar Zigbee está muy presente, pero hay que tener en cuenta que, el estándar Lora/LoraWAN es de más reciente aparición, tal como se puede ver en aquellos trabajos más recientes, y puede representar una excelente alternativa para esta aplicación.

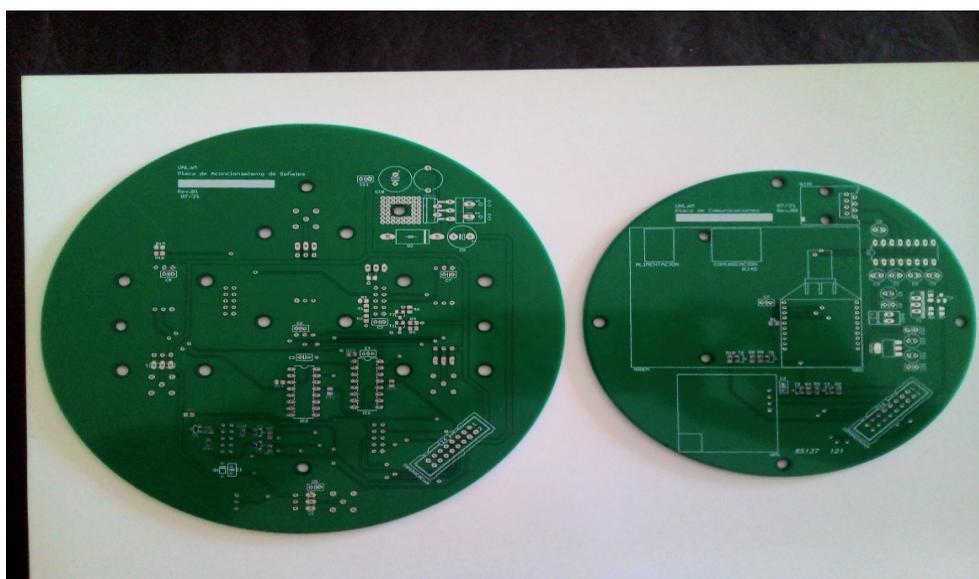
En lo que respecta a la segunda etapa, se decidió trabajar sobre los lagos como ecosistemas acuáticos a monitorear. En la figura N°1a se puede observar el diagrama de bloques de la miniboya, mientras que en la figura N°1b se puede ver la maqueta construida con fines de evaluar los aspectos mecánicos de la misma. El módulo GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) empleado es el SL869V2, mientras que el módulo de conectividad celular es el UL865-NAD, ambos de la empresa Telit. El microcontrolador utilizado es el ATSAM4S16 de la empresa Microchip, el cual se encuentra integrado en una placa de desarrollo Xplained. Como alimentación se empleó un pack de baterías de Níquel-Metalhidruro (Ni-MH) de 4,8 V y 2100 mAh. La selección de los sensores presentó varios problemas. El primero de ellos fue determinar los rangos y resolución de los mismos. Como objetivo inicial se planteó cumplir con los requerimientos de los sensores solicitados en el proceso de compra 318-0003-LPU20 de ACUMAR (Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo) [2].



**Figura N°1 a.** Diagrama en bloque de Miniboya. **b.** Maqueta de Miniboya.

El segundo problema fue conseguir sensores que cumplieran con las especificaciones técnicas de dicho pliego. Luego de una intensa búsqueda se encontraron proveedores locales, que representan empresas del exterior, que pueden traer este tipo de sensores a pedido y a un costo fuera del presupuesto del proyecto, entre U\$S 350 y U\$S4700 según el parámetro a medir y si es multiparamétrico o no (según cotización de empresa local de Julio del 2020). Por este motivo se decidió hacer uso de sensores de uso didáctico como ser el SEN0237-A, el DFR0300-H y el SEN0249, que si bien no cumplían los requerimientos del pliego mencionado permitirá familiarizarse con la aplicación.

En la etapa 3, para la miniboya se diseñaron dos circuitos impresos, en uno de ellos se integró la fuente de alimentación, conectores para los sensores y la placa de evaluación del microcontrolador y alguna electrónica auxiliar, figura N°2 (izquierda). Y un segundo impreso, cuya dimensión es menor y se conecta al circuito anterior a través de un conector, se diseñó para incluir el dispositivo de comunicación inalámbrico (módulo celular u otro) y el módulo GNSS, figura N°2 (derecha). En relación con el firmware de la Miniboya, se tomó como base del proyecto el ejemplo usart synchronous Example – SAM4S Xplained, el cual es parte del Atmel Software Framework 3.48.0 (ASF) incluido en el ATMEL Studio 7 (Versión 7.0.2397). Dicho firmware, al iniciar el programa realiza la inicialización de las variables a utilizar durante el programa, la configuración de los puertos del microcontrolador, los puertos seriales (Consola, Modem, GNSS) y los canales analógicos-digitales para algunos sensores. Luego habilita las interrupciones y entra en un loop de trabajo. En dicho loop chequea la inicialización del módulo de comunicación, la conexión con el servidor y si es tiempo de transmitir los datos. En caso de existir algún problema en la inicialización o la conexión, se realiza una política de reintentos. Si es tiempo de transmitir los datos, estos serán enviados al servidor por la conexión seleccionada, caso contrario permanecerá leyendo los sensores. Si existiera algún problema al transmitir los datos se reintentará la transmisión. Esta etapa no logró completarse en su totalidad, en las conclusiones se hace referencia a las causas.



**Figura N°2.** Circuitos impresos asociados a la Miniboya.

Para llevar a cabo el Middleware y la interfaz de usuario se plantearon dos alternativas: el empleo de una Plataforma como un Servicio (PaaS - Platform as a Service) o el desarrollo de un sistema propio. Para el primer caso se analizaron distintas alternativas de computación en la nube: IBM Cloud Solutions, Microsoft Azure Cloud, Google Cloud, Telit devicewise y Digi Remote Manager. La opción seleccionada fue Telit deviceWise, los motivos fueron: ofrece el uso de la plataforma sin costo y sin limitaciones en el desarrollo de la interfaz (solo en la cantidad de dispositivos conectados y la permanencia de los datos); no presenta límite de tiempo del uso de la plataforma; permite el uso de mapas para la geolocalización; se trabajó con un módulo celular de Telit, lo que permitió una mejor integración a la plataforma obteniendo también soporte para el desarrollo. La figura N°3 presenta la pantalla principal de la interfaz desarrollada, resulta un dato importante que dicha plataforma funciona también como Middleware.

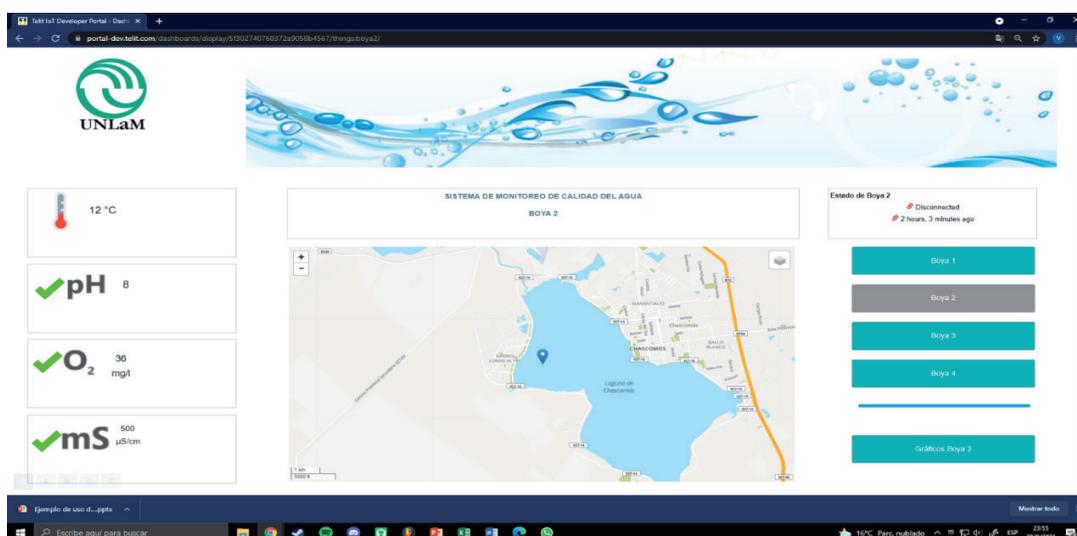


Figura N°3. Interfaz de usuario desarrollada sobre una PaaS.

También se decidió hacer un desarrollo propio del Middleware. Este se realizó integrando aplicaciones desarrolladas a medida con LabWindows/CVI 2015 SP1, base de datos MySQL y un broker MQTT (Mosquitto), mientras que la interfaz usuario basada en PC fue realizada con LabWindows/CVI 2015 SP1. La figura N°4 presenta pantallas de la interfaz de usuario desarrollada. Se destaca también que en esta etapa se desarrolló una aplicación móvil basada en Android.

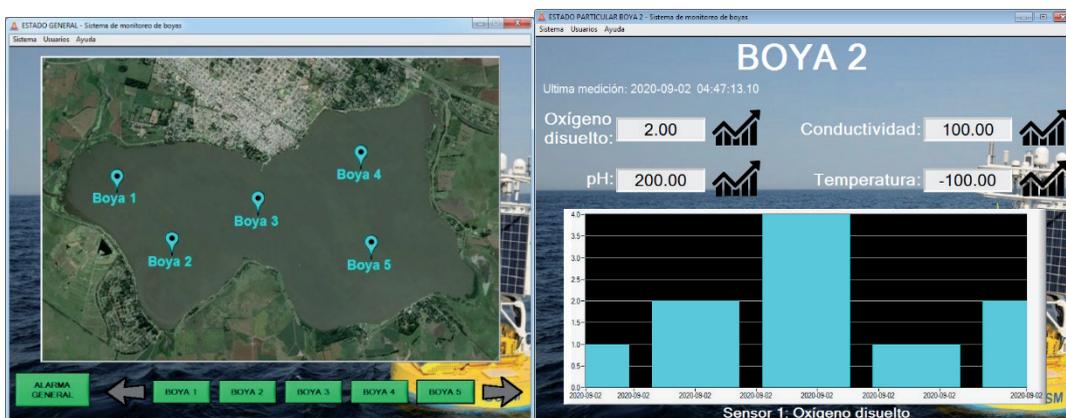


Figura N°4. Interfaz de usuario propia.

Por otro lado, en el marco de los objetivos del proyecto se concretaron actividades de coordinación con el INTI, que mantenía un convenio con ACUMAR para la factibilidad de uso de sensores específicos para este tipo de determinaciones. Conjuntamente se realizaron las tareas administrativas para la definición de un convenio y la gestión de su firma entre el INTI y la UNLAM.

## Conclusiones

Se logró cumplir con la mayoría de los objetivos propuestos para el proyecto. Se avanzó en lo que respecta a la problemática planteada, la identificación de los distintos elementos para el desarrollo de una Miniboya ambiental y su adecuación a los fondos del proyecto, el diseño del hardware de la miniboya y el desarrollo e implementación de un Middleware y una interfaz adecuada para el sistema. Tan solo quedaron la puesta en marcha del prototipo final y las pruebas de campo como consecuencia de la situación de pandemia por la que se atravesó durante el 2020 y el 2021. Si bien esta situación no detuvo el avance del proyecto, sí lo dificultó, ya que imposibilitó las reuniones presenciales, las pruebas del hardware en desarrollo (por no tener acceso a la universidad y sus laboratorios) y las compras de componentes, materiales e insumos (ya que los métodos virtuales implican el uso de tarjeta de crédito, lo cual no está permitido). La puesta en marcha del prototipo final y su instalación se prevé concluir en el transcurso del 2022, ya fuera del marco del presente proyecto.

## Publicaciones y/o transferencias realizadas

- Oreste Daniel LUPI, Ignacio José ZARADNIK, Mónica Beatriz CANZIAN. “Estado del arte de los Sistemas de monitoreo de calidad de agua”. Revista Digital del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de la Matanza. ISSN: 2525-1333. Vol:5 – Nro.2 (diciembre 2020).
- Agüero, Agustín; Behar, Christian; Lanzillotti, Leandro; Vázquez, Matías; Zaradnik, Ignacio; Lupi, Daniel. “Interfaz gráfica en la nube para monitoreo de miniboyas ambientales”. Congreso Argentino y Latinoamericano de Ingeniería 2021: CADI CLADI CAEDI 2021. ISBN 978-987-88-1872-6 (octubre 2021)

Oreste Daniel LUPI, Diego Horacio TURCONI, Javier Martin SLAWISKI. "Monitoreo de ecosistemas acuáticos". Revista Digital del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de la Matanza. ISSN: 2525-1333. Vol:6 – Nro.2 (diciembre 2021).

### **Bibliografía Básica utilizada**

- [1] Kofi Sarpong Adu-Manu; Cristiano Tapparello; Wendi Heinzelman; Ferdinand Apietu Katsriku y Jamal-Deen Abdulai (2016). "Water quality monitoring using wireless sensor networks: current trends and future research directions" ACM Transactions on Sensor Networks, Vol. 00, No. 00, Article 000.
- [2] Acumar (2020), "Adquisición equipamiento móvil para medición en línea de caudal y parámetros de calidad de efluentes Cronograma". Extraída el 14/05/2021 desde <https://comprar.gob.ar/PLIEGO/VistaPreviaPliegoCiudadano.aspx?qs=BQoBkoMoEhwuXYIHNBw9z51fGpGg4Rd1NHx0DJTQf/P5cN69EfKEJSsfKN2Mqochb|Mc3rw7wJr4iLHjVhO4XK0LkJFVcMNjO|OXuYPNEHuu|QMmhuWwbQ==>

# INTERNET DE LAS COSAS Y SUS APLICACIONES EN LAS CIUDADES INTELIGENTES (C207)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

**Director:** Lupi, Oreste Daniel

**e-mail:** decide.bue@gmail.com

**Co-Director:** Zaradnik, Ignacio José

**e-mail:** izaradnik@unlam.edu.ar

**Integrantes:**

**Turconi, Diego; Kumvich, Augusto; Canziani, Mónica; Dominguez, Facundo; Slawiski, Javier; Behar, Christian; Agüero, Agustín; Lanzillotti Leandro; Vázquez, Matías**

### Síntesis del contenido

El objetivo general de este trabajo es desarrollar, implementar y estudiar los resultados del uso de sistemas experimentales asociados a la temática de Ciudades Inteligentes. Para ello se investigaron las aplicaciones, sus influencias en la comunidad y la posibilidad de implementar en la Universidad; la arquitectura de las aplicaciones (hardware y software) y las tecnologías de sensado, control y comunicación empleadas. En función de dicho estudio se decidió la implementación de un sistema de estacionamiento inteligente y posteriormente se amplió a la implementación de un sistema de monitoreo de calidad de aire y ruido ambiental. Avances sobre el sistema de estacionamiento inteligente fueron presentados anteriormente. A continuación, se presentan el cambio de enfoque en dicho desarrollo, lo que impidió su finalización, y el desarrollo del sistema de monitoreo de calidad de aire y ruido ambiental.

**Palabras clave:** Internet de las Cosas, Ciudades Inteligentes, Estacionamiento Inteligente, Calidad de aire, Ruido ambiental.

### Problemática a resolver

Las ciudades modernas son las responsables del 80% de la producción económica mundial y del 70% del consumo de energía mundial y las emisiones de gases de efecto invernadero, y, para el año 2050 serán el hogar del 66% de los 9.000 millones de habitantes proyectados. Por lo tanto, es necesario pensar en políticas que permitan la sustentabilidad de las ciudades [1]. Las ciudades sustentables deben mejorar la calidad de vida de los habitantes, la eficiencia de las operaciones y los servicios urbanos, y su competitividad, mientras se asegura que esta se encuentre de acuerdo con las necesidades de las generaciones presentes y futuras en lo que respecta a aspectos económicos, sociales, medioambientales, así como también culturales. En la creación de estas ciudades sustentables e inteligentes las tecnologías de la información y las comunicaciones, y en especial Internet

de las cosas, tienen un papel muy importante. Estas actúan como una plataforma para obtener datos e información que ayudará a mejorar el entendimiento sobre cómo la ciudad está funcionando en término de consumo de recursos, servicios y calidad de vida. Estas tecnologías permiten compartir información y conocimiento, realizar pronósticos y realizar la integración de múltiples aspectos de la ciudad. Por lo tanto, conocer las distintas aplicaciones asociadas a las ciudades inteligentes y su implicancia en la sustentabilidad de ésta, es fundamental para avanzar en ese camino. Una selección adecuada de la tecnología a utilizar en cada una de estas aplicaciones ofrecerá la confiabilidad necesaria para avanzar hacia una ciudad en la que todas estas aplicaciones/redes estén interconectadas, logrando de esta forma los objetivos de sustentabilidad económica y calidad de vida.

## **Metodología del trabajo desarrollado**

Tal como se detalló en el Informe de Avance, durante el primer año se realizó un estudio bibliográfico, luego del cual se concluyó que la temática de Ciudades inteligentes representa un área en expansión y con un potencial inmenso para mejorar la calidad de vida de las personas. Y si bien existen un gran número de posibles aplicaciones, tal como se presenta en [1], actualmente existen dos ampliamente difundidas a nivel mundial: los sistemas de estacionamiento inteligente y los sistemas de monitoreo de la calidad ambiental. Con esto en mente, se comenzó con el desarrollo del sistema de estacionamiento inteligente, para lo cual se investigaron los distintos métodos de detección de vehículos, los protocolos de comunicación inalámbricos y los componentes asociados a los puntos anteriores. Asimismo, se decidió ampliar el proyecto al desarrollo de un segundo sistema, un sistema de monitoreo de calidad de aire y ruido ambiental. Sin embargo, las dificultades planteadas en el Informe de Avance generaron un replanteo de las aplicaciones seleccionadas, siendo el más significativo el cambio en la tecnología de comunicación seleccionada, LORA, por tecnologías más económicas y de las cuales ya se contaba con hardware, WIFI y Celular.

Como metodología para este periodo se plantearon el desarrollo en paralelo de ambas aplicaciones, el estudio de los distintos servicios de Computación en la nube y continuar con el desarrollo de aplicaciones Android.

## **Desarrollo y resultados obtenidos**

En lo que respecta al desarrollo de hardware del sistema de estacionamiento inteligente, el mismo debió replantearse nuevamente. Tal como se explicó durante el 2018 se decidió cambiar la tecnología de comunicación de LORA a WIFI. Para comenzar a trabajar se utilizaron kits de desarrollo que habían sido adquiridos con fondos del proyecto PROINCE C194, SAM W25 Xplained Pro, pero el costo en dólares del mismo impedía escalar la aplicación a los prototipos propuestos. A raíz de esto se decidió usar una solución basada en el chipset ESP32 de Espressif [2], el cual es un transceptor de WIFI y un microcontrolador embebido. Si bien para esta etapa de desarrollo se empleó la placa ESP32 Wemos el firmware desarrollado se puede migrar muy fácilmente a cualquier solución basada en el chipset ESP8266, ampliamente difundido. Como sensor, se continuó trabajando con el magnetómetro MAG3110 de NXP. En lo que respecta a los resultados se logró comunicar el sensor con el microcontrolador embebido, detectar la presencia de un vehículo y trans-

mitir dicha presencia a un servidor en la nube (esto se detallará cuando se hable de computación en la nube). El prototipo final no se ha finalizado ya que aún debe implementarse la política de bajo consumo y definir la forma mecánica en función de la posible instalación en el estacionamiento de la UNLaM. La figura N°1 presenta la placa ESP32 Wemos y placa con magnetómetro MAG3110 integrado.



Figura N°1 a. Placa ESP32 Wemos. b. Magnetómetro MAG3110.

En lo que respecta al desarrollo de hardware del sistema de monitoreo de calidad de aire y ruido ambiental, como consecuencia de haber comenzado posteriormente el hardware seleccionado inicialmente no sufrió cambios. El sistema está constituido por: un sensor de temperatura ambiente, un sensor de presión ambiental, un sensor de humedad ambiental, un sensor de material particulado, un sensor de dióxido de carbono y un sensor de ruido ambiental (decibelímetro). Los sensores se conectaron al kit de desarrollo de un microcontrolador de 32 bits de la firma ST, el Discovery kit para STM32F411 [3] y como enlace de comunicación con el servidor en la nube se utilizó un módulo de tecnología celular 3G, Telit UL865-NAD. Es importante destacar que el decibelímetro fue desarrollado íntegramente y se utilizó, como en el caso de los otros sensores; un producto disponible en el mercado. La figura N°2 presenta el prototipo del sistema implementado.



Figura N°2. Prototipo de sistema de monitoreo de calidad de aire y ruido ambiental.

En lo que respecta a los servicios de computación en la nube se plantearon dos alternativas de estudio, la utilización de los servicios de un proveedor global como ser IBM, Azure, Amazon AWS o Google y la utilización de los servicios de un proveedor de hardware como ser Telit, Digi International o Sierra Wireless. El software asociado al sistema de estacionamiento inteligente se planteó desarrollar en un proveedor global, mientras que el software para el sistema de monitoreo de calidad de aire y ruido ambiental en un proveedor de hardware. Para la selección del proveedor global de servicios de computación en la nube se realizó, inicialmente, un estudio de la temática, lo cual nos llevó a comprender los distintos niveles de servicios (IaaS, PaaS y SaaS) y las soluciones que se ofrecían en cada uno de estos. Una primera conclusión de este análisis fue que en líneas generales los proveedores analizados (IBM, Azure y AWS) presentan ofertas similares. Inicialmente se seleccionó Azure, lo cual se fundamentó en el análisis previamente comentado, la posibilidad de contar con un crédito para comenzar a realizar la aplicación y la posibilidad de acceso a docentes con experiencia en dicha plataforma por parte del becario asignado a dicha tarea. Posteriormente se debió cambiar de proveedor de servicio a IBM, esto como consecuencia de que el becario demitiera de la beca (motivo por el cual no se cuenta entre los integrantes), el agotamiento del crédito en Azure restringiendo el acceso al trabajo realizado sino se adquiría nuevo crédito lo que se lograba a través del pago por el mismo y la falta de documentación de lo realizado. La plataforma de IBM ofrece la posibilidad de una cuenta Lite (que te permite utilizar sin costo una cantidad limitada de componentes) y un Workshop online para la implementación de una aplicación en la nube [4]. La Figura N°3 presenta la interfaz provista por IBM para la visualización de los datos enviados a su plataforma.

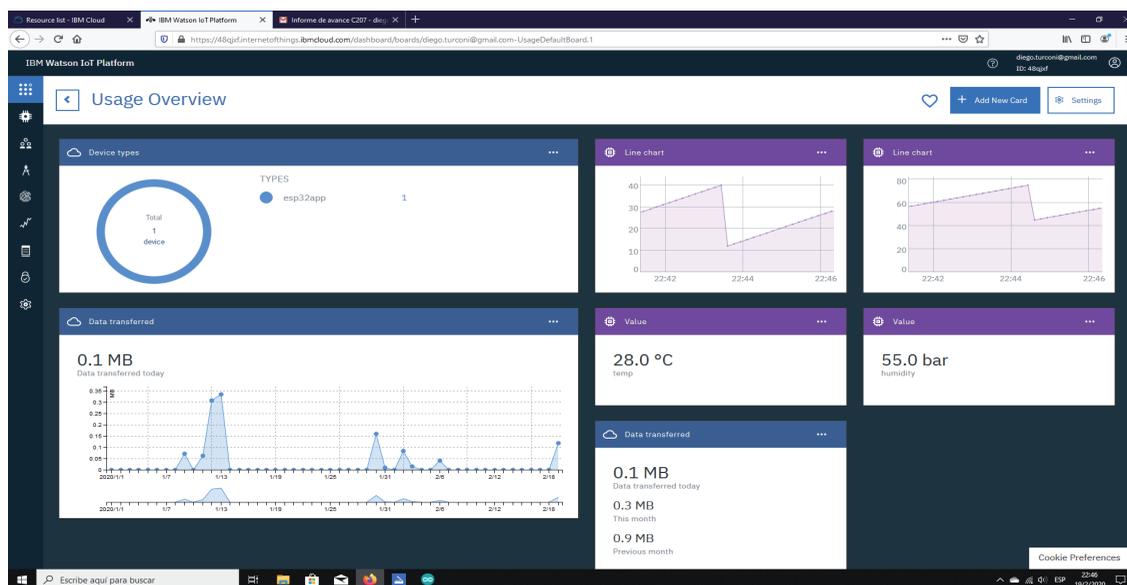


Figura N°3. Interfaz de visualización de datos de IBM.

Para el sistema de monitoreo de calidad de aire y ruido ambiental se decidió trabajar con la plataforma de Telit. Esta decisión se fundamentó en que se contaba con un módem que integraba un módulo 3G de la firma Telit y la posibilidad de acceder a una cuenta sin carga para trabajar con dicho módem. El desarrollo sobre esta plataforma se encaró en dos etapas: la primera, en la cual se generó la “cosa”, se configuró sus propiedades y se presentó

la información asociada a través de las opciones básicas del portal; la segunda, en la cual se generó una presentación de los datos más apropiada a la aplicación, figura N°4.

En lo que respecta a la aplicación Android, se había planteado que la misma se conectara al software que estaba trabajando en el servidor global de computación en la nube, pero los problemas previamente detallados impidieron implementar a tiempo la base de datos con la cual debía comunicarse. Como alternativa se implementó una base de datos MySQL [5] en un servidor local y se probó satisfactoriamente la aplicación desarrollada. La aplicación se planteó con las siguientes funcionalidades: Login-Logout, consulta de disponibilidad, consulta de saldo, consulta de tiempo, ubicación e información general de la aplicación. La figura N°5 presenta distintas pantallas de la aplicación desarrollada.

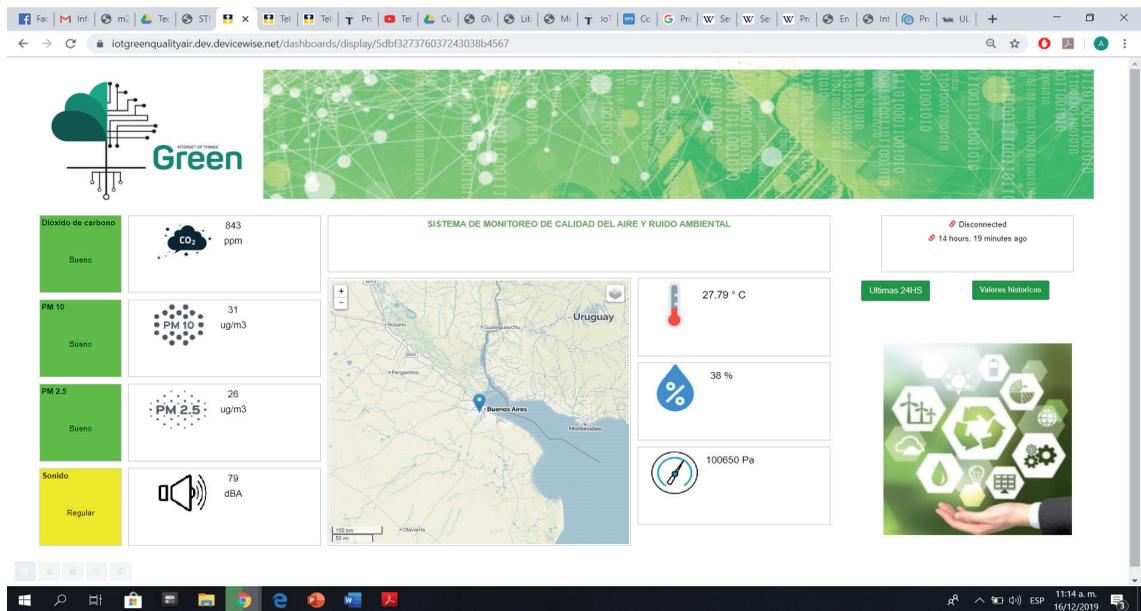


Figura N°4. Interfaz principal de visualización de datos en el portal de Telit.

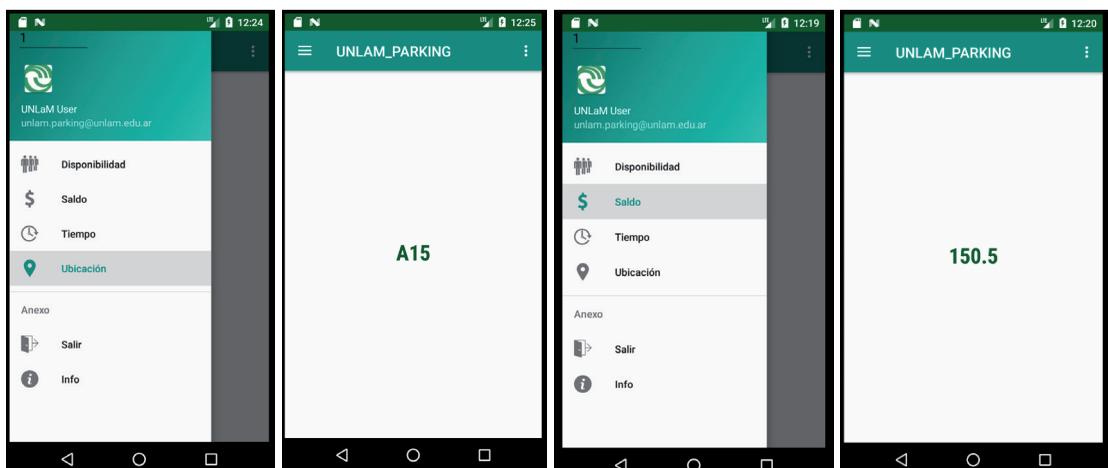


Figura N°5. Pantallas de la aplicación Android. a- Menú principal con opción de ubicación seleccionada. b- Ubicación indicada. c- Menú principal con opción de ubicación seleccionada. d- Saldo disponible.

## Conclusiones

El presente proyecto, Internet de las cosas y sus aplicaciones en ciudades inteligentes, buscaba el desarrollo, implementación y estudio de una aplicación concreta en la temática de ciudades inteligentes, objetivo que fue logrado casi en su totalidad. Si bien el objetivo general inicialmente planteado, un sistema experimental de estacionamiento inteligente para el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT) de la Universidad de la Matanza (UNLaM), alcanzó entre un 60% y un 70 %, se logró desarrollar satisfactoriamente un sistema de monitoreo de calidad de aire y ruido ambiental, quedando tan solo su instalación en el DIIT.

Otro aspecto importante para destacar es la formación de alumnos en investigación aplicada, lo cual se evidencia en la participación de estos en las publicaciones realizadas.

## Publicaciones y/o transferencias empleadas

Zaradnik, Ignacio; Lupi, Daniel; Agüero, Agustin; Behar, Christian; Lanzillotti, Leandro; Vázquez, Matías; Canziani, Mónica. "Computación en la nube para un sistema de monitoreo de calidad de aire y ruido ambiental". XXI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación -WICC 2019. ISBN: 978-987-3984-85-3.

Zaradnik, Ignacio José. "Desde las primeras Herramientas para la Enseñanza Digital, Programación y Robótica hasta el Desarrollo de Internet de las Cosas Aplicada a Ciudades Inteligentes". Jornada de vinculación Tecnológica. Año 2019. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe.

Agüero, Agustin; Behar, Christian; Lanzillotti, Leandro; Vázquez, Matías; Zaradnik, Ignacio; Lupi, Daniel. "Sistema de monitoreo de calidad de aire y ruido ambiental". Congreso Argentino de Sistemas Embebidos 2019. ISBN: 978-987-46297-6-0.

Agüero, Agustin; Behar, Christian; Lanzillotti, Leandro; Vázquez, Matías; Zaradnik, Ignacio; Lupi, Daniel. "Desarrollo de un decibelímetro para un sistema de monitoreo de calidad de aire y ruido ambiental". Congreso de microelectrónica aplicada 2019.

## Bibliografía utilizada

- [1] Sekhar N. Kondepudi (2016) "Shaping smarter and more sustainable cities. Striving for sustainable development goals". Disponible: [http://wftp3:itu.int/pub/epub\\_shared/TSB/ITUT-Tech-Report-Specs/2016/en/flipviewerexpress.html](http://wftp3:itu.int/pub/epub_shared/TSB/ITUT-Tech-Report-Specs/2016/en/flipviewerexpress.html). Ultima visita: 19/02/2018. [2] Espresiff (n.d.) "ESP32 A Different IoT Power and Performance". Disponible: <https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp32/overview>. Ultima visita: 14/02/2020.
- [3] ST (n.d.) "32F411EDISCOVERY". Disponible: <https://www.st.com/en/evaluation-tools/32f411ediscovery.html>. Ultima visita:14/02/2020.
- [4] IBM (n.d.) "Welcome to the ESP8266 IoT Workshop". Disponible: <https://github.com/binnes/esp8266Workshop/blob/master/README.md>. Ultima vista 14/02/2020.
- [5] MySQL(n.d.) "MySQL". Disponible: <https://www.mysql.com/>. Ultima visita 09/03/2019.

# MODELACION DE ACCION VIENTO Y NIEVE SOBRE ESTRUCTURAS EN CASO DE CLIMA EXTREMOS (C2-ING-072)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

**Director:** Ing. Raúl Novoa e-mail: rnovoa@unlam.edu.ar

**Co-Director:** Mag. Daniel O. Díaz e-mail: ddiaz@unlam.edu.ar

**Integrantes:**

Ing. José Rueda

Ing. Diego Lignassi

Esp. Vivian Jeandet

Ing. Matías Rodríguez

### Resumen

Se llevó a cabo una modelación de acción dinámica viento y nieve en conjunto. Tomando como base una estructura en la Antártida (Base Marambio). Se utilizó el software ANSYS, en especial el Fluent 2020 R2.

Como resultado del modelo se puede observar que la acción de viento y nieve en conjunto no cumple con la relación lineal que establecen las normas (ASCE-7, CIRSOC), se observa a partir de los resultados del modelo que no se debe utilizar una función lineal para superponer los efectos de viento y nieve, en caso de acciones dinámicas.

**Palabras clave:** nieve, viento, cargas, dinámicas, Antártida

### Introducción

El análisis dinámico de diversas construcciones en el ámbito de la ingeniería civil, ha adquirido una gran importancia en la actualidad debido a los repetidos daños e inconvenientes sufridos por diversas instalaciones tanto a las acciones dinámicas originadas en causas naturales (sismo, viento, oleaje) como a las acciones generadas por la actividad humana (tránsito peatonal y vehicular, trenes y subterráneos, vibraciones de máquinas, explosiones, pilotajes, etc.).

En particular dentro de la Aeroelasticidad, se analizan las vibraciones que ocasiona el viento en estructuras cilíndricas [1], la clasificación de acciones del viento en los distintos códigos de edificación [2], y en otros análisis como afecta la acción del viento sobre las estructuras por la geometría que rodea al edificio [3].

En el diseño de las construcciones, la mayoría de los reglamentos vigentes como la ASCE-7 16 [4], CIRSOC [5], [6] o Euro-códigos, analizan las acciones climáticas por separado y luego realizan una combinación lineal de estas cargas calculadas.

Independientemente de los coeficientes de combinación lineal adoptados, los reglamentos presuponen que dichas acciones son independientes unas de las otras. Es decir que la acción del viento no incide sobre la nieve y viceversa. Dicho de otra manera, que la acumulación de nieve no afecta al perfil aerodinámico de la construcción y/o del terreno y por consiguiente que los coeficientes de arrastre exterior sobre las construcciones no se ven afectados.

La presente investigación modela la acción del viento y nieve en conjunto, realizado en un programa de CFD, y para el caso habitual de las construcciones de la Base Marambio.

## **Modelo utilizado**

Para llevar a cabo el modelo se utilizó el software Ansys, para la modelación de la estructura se consideraron las dimensiones de las edificaciones existentes en la base Marambio.

Entradas de datos del modelo:

Velocidades de viento: Se adoptaron 10m/s (36Km/h), 30m/s (108km/h), 50m/s (180km/h). Según [7].

Densidad del viento: Se adoptó una densidad de 1,226 kg/m<sup>3</sup>. Esta densidad es la correspondiente al reglamento ASCE7-16 [4].

Densidad de la nieve en el aire: Se adoptó 100Kg/m<sup>3</sup>. La cohesión de la nieve depende del contenido de humedad [6] estando en rangos de 40 y 250 kg/m<sup>3</sup>.

Tamaño de partícula de la nieve: Diámetros seleccionados 0.5mm, 1mm, 1.5mm y 2mm. Según [8].

Velocidad de entrada de la nieve: Se ingresaron los siguientes valores de velocidad en función del tamaño de las partículas, Partícula 0.5mm - V=3m/s; Partícula 1.0mm - V=4m/s; Partícula 1.5mm - V=5m/s; Partícula 2.0mm - V=6m/s, según [8]

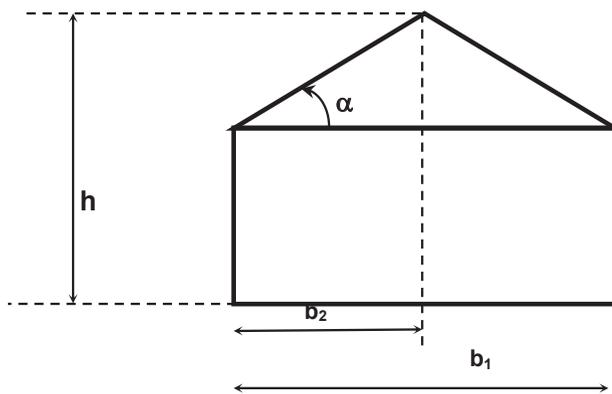
Fracción volumétrica de la nieve en el ingreso: Los valores ingresados son 0,1 (10%), 0,3 (30%), 0,6 (60%) y 0,9 (90%). La fracción volumétrica significa la cantidad de solido por volumen de control.

Coeficiente de fricción: Se consideró el valor de 40°. Según [8].

### **Modelo de la estructura:**

La argentina cuenta con 7 bases permanentes y 13 bases temporales. La mayoría de las viviendas tienen cubiertas inclinadas tipo dos aguas, y un par de edificios con techos curvos.

Los datos adoptados para el esquema de la estructura son (ver Fig. 1):



Altura hasta la cubierta  $h = 8\text{m}$ .

Ancho del edificio  $b_1 = 14\text{m}$ .

Ancho entre pared y cumbrera  $b_2 = 7\text{m}$ .

Pendiente del techo  $\alpha = 25^\circ$ .

Largo de la estructura  $l = 30\text{m}$ .

Este modelo de estructura se usará para analizar el modelo aerodinámico bajo la acción del viento y nieve con las características de la zona antártica.

Fig. 1 Esquema de estructura

### Modelo de cálculo para la simulación

La simulación se llevó a cabo con el software Fluent 2020 R2 de Ansys. Las medidas del recinto son 1400m de largo x 100m de alto ubicándose la estructura en la mitad del recinto, como se puede ver en la Fig. 2

La parte oscura de la Fig. 2 es donde se considera la fricción entre nieve y nieve (ver coeficiente de fricción). Las flechas verticales indican la entrada de la nieve con las consideraciones de densidad, tamaño de partícula, velocidad y fracción volumétrica. Las flechas horizontales azules indican el ingreso del viento y las rojas la salida del mismo.

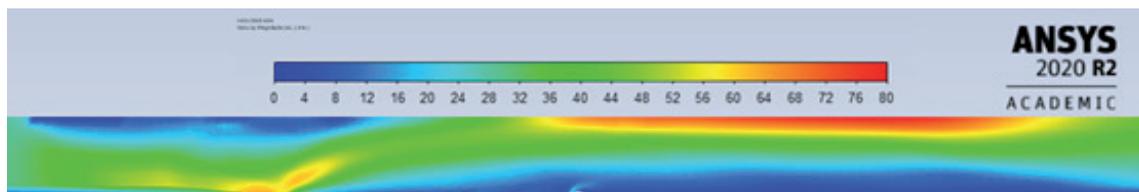


Fig. 2 Simulación del recinto

### Valores obtenidos

De acuerdo con el modelo anterior se corrieron diferentes simulaciones con entradas de viento de 10m/s, 30m/s y 50m/s y con fracciones volumétricas de nieve de 5%, 10%, 30%, 60% y 90%. Obteniendo como resultado: (a) velocidades máximas dentro del recinto, (b) velocidades en la posición  $X = 700\text{ m}$ ,  $Y = 50\text{ m}$ , dicha posición se encuentra por arriba de la estructura. (c) velocidades sobre la pared de la estructura a barlovento y sotavento. (d) velocidad del viento sobre el techo de la estructura a barlovento y sotavento.

Velocidad de entrada de aire	Entrada de Nieve por Fracción Volumétrica	Velocidad del Viento en el recinto		Velocidad viento sobre la construcción			
		Máximo (a)	Coordenada del recinto x:700 y:50 (b)	Pared (c)		Techo (d)	
		Vmax	Vmed	P-Barlov	P-Sotav	T. Barlov	T.Sotav
10	5%	43	15	5	0	5	0
10	10%	27	27	4	0	22	0
10	30%	52	26	0	0	26	0
10	60%	335	50	0	0	35	0
10	90%	210	30	0	0	42	0
30	5%	43	17	6	0	8	0
30	10%	1970	98	0	200	130	200
30	30%	80	32	12	0	18	0
30	60%	85	42	19	0	23	0
30	90%	93	47	12	0	18	0
50	5%	77	42	10	0	20	0
50	10%	129	22	25	0	25	0
50	30%	131	65	20	0	36	0
50	60%	85	47	21	0	19	0
50	90%	137	82,5	55	0	35	0

En la tabla 1, los valores obtenidos para la velocidad de 30m/s de viento y 10% de fracción volumétrica, se desestiman debido a que dan valores muy altos y se escapan del rango de valores que se obtienen con las otras velocidades y fracciones. Los valores que dan cero sobre la estructura, tanto en pared como en techo indican que la nieve se ha adherido a la estructura.

La Fig. 3 corresponde a una entrada de viento de 30m/s y una fracción volumen nieve de 3%. Como resultado, las diferentes gamas de colores indican las distintas velocidades de viento y nieve en conjunto, dentro del recinto modelado, (azul velocidad mínimo de 0 y rojo con velocidad máximo 80m/s).

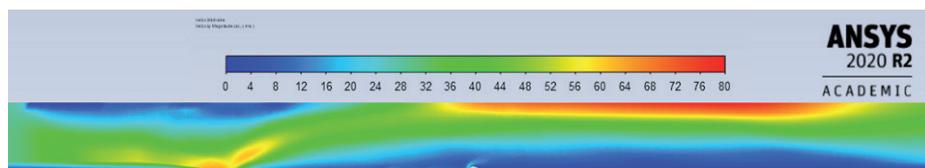


Fig. 3 Salida datos de viento en todo el recinto

La Fig. 4 se corresponde con una entrada de viento de 30m/s y una fracción volumen nieve de 3%. El modelo corresponde a las inmediaciones de la estructura.

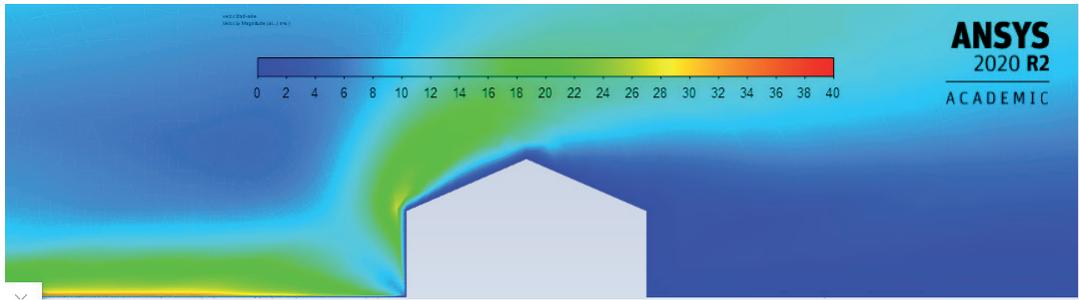
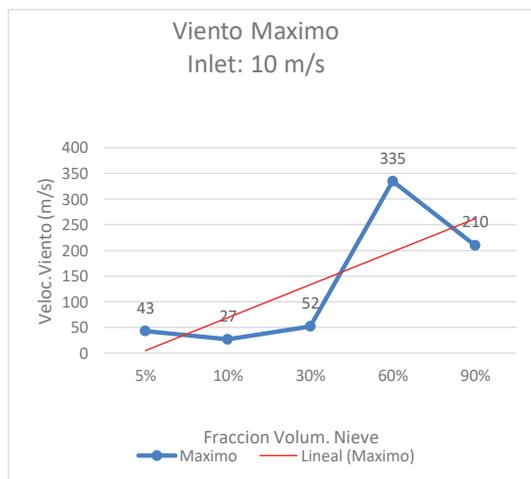


Fig. 4 Salida de viento en la estructura

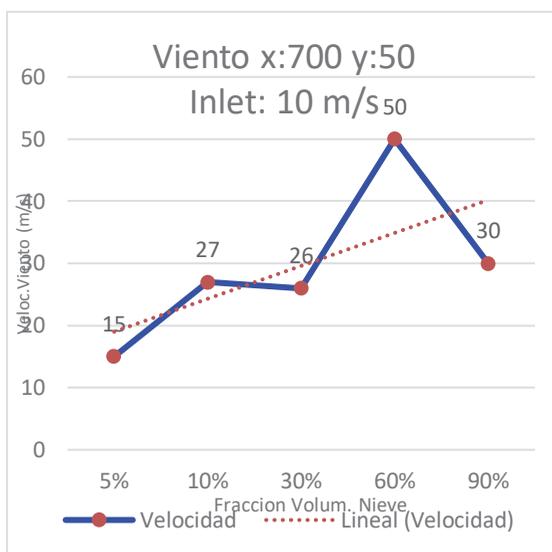
## Análisis de resultado

En vista de los valores obtenidos en el recinto podemos ver que la acción de viento y nieve no siguen una función lineal tal como lo consideran las normas ASCE-7 [4], CIRSOC [5] [6]. Los siguientes gráficos han sido confeccionados a partir de la tabla 1.



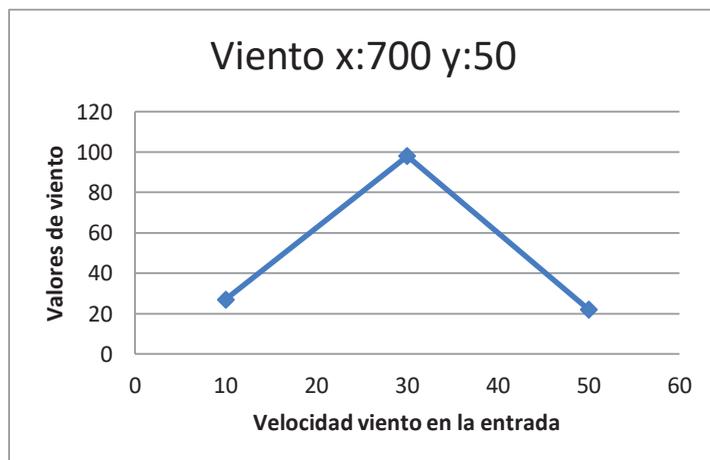
Gráf. 1 Velocidades máximas viento en el recinto

En el Graf. 1 podemos ver las velocidades máximas para una entrada de viento y para los diferentes valores de fracción volumétrica de nieve (azul), y ajuste lineal (rojo). Como se puede observar no existe una correlación lineal entre la acción del viento y de la nieve. Lo mismo ocurre si tomamos las otras velocidades de viento como entrada en función de las fracciones volumétricas de nieve.



Gráf. 2 Velocidades del viento en (700,50) con entrada de fracción de volumen

Si analizamos las velocidades en un punto fijo del recinto. Coordenadas X = 700m Y = 50m se tiene el Graf. 2. Como se puede ver si en vez de considerar los valores máximos de viento dentro del recinto se considera un punto fijo, tampoco se obtiene una correlación lineal. Lo mismo ocurre si tomamos las otras velocidades de viento como entrada en función de las fracciones volumétricas de nieve.



El Graf. 3 corresponde a los valores de viento en las coordenadas  $X = 700$   $Y = 50$  para una fracción volumétrica de nieve constante del 10% y a distintas velocidades de entrada del viento. Como se puede observar tampoco mantiene una relación lineal entre la acción del viento y la nieve.

**Gráf. 3 Velocidades del viento en (700,50) con entradas de distintos valores de viento**

## Conclusiones:

La acción dinámica del aire se ve aumentada por la presencia de las partículas de nieve, esto se debe a que el aire debe pasar entre las partículas, lo que provoca su aceleración, llegando a ser 4 veces más grande que la velocidad de entrada.

Como se puede observar en los análisis de resultados, la relación lineal entre viento y nieve que establecen las normas [4] [5] [6] no se cumple cuando se produce una interacción dinámica. Como muestran los gráficos no existe una correlación lineal.

Queda para futuras investigaciones realizar un modelo más ajustado y analizar los perfiles aerodinámicos ( $C_d$ ) que establecen las normas y compararlos con los obtenidos en un nuevo modelo.

## Bibliografía

- [1] “Análisis de vibraciones aeroelásticas en estructuras esbeltas sometidas a cargas de viento” – Ali Vasallo Belver – Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid - Año 2009.
- [2] “Comparative study of major international wind codes and standards for wind effects on tall buildings” - Dae Kun Kwon, Ahsan Kareem - Engineering Structures 51, ScienceDirect (Elsevier), pp 23- 35 – Año 2013.
- [3] “Effect of recessed cavities on wind-induced loading and dynamic responses of a tall building” - S.Y. Wong, K.M. Lam – Journal of Wind Engineering Industrial Aerodynamics 114 ScienceDirect (Elsevier), pp 72 - 82 – Año 2013
- [4] ASCE7-16, “Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures”, standard by American Society of Civil Engineers, 06/19/2017- ISBN(s): 9780784414248, 9780784479964
- [5] Reglamento CIRSOC 102, “Reglamento Argentino De Acción Del Viento Sobre Las Construcciones”, Editado por INTI (Instituto Nacional De Tecnología Industrial), año2008.
- [6] Reglamento CIRSOC 104, “Reglamento Argentino De Acción De La Nieve Y Del Hielo Sobre Las Construcciones”, Editado por INTI (Instituto Nacional De Tecnología Industrial), año2008.
- [7] Datos Fuerza Aérea Argentina.
- [8] “Manual De Nieve Y Nivometría”, Vol. 1, Ministerio De Obras Públicas Dirección General De Aguas (República De Chile) - Geoestudios Ltda. – Diciembre 2008.

# OPTIMIZACIÓN DE MICRO HIDRO TURBINAS POR APLICACIÓN DEL EFECTO VENTURI (C-208)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

**Director:** Mg. Eterovic, Jorge E. e-mail: jeterovic@unlam.edu.ar

**Co-Director:** MgFauroux, Luis E. e-mail: lfauroux@unlam.edu.ar

**Integrantes:**

**Investigadores**

Degaetani, Omar J.

González, Ricardo

**Alumnos Ad-Honorem**

Perissé, Alexis

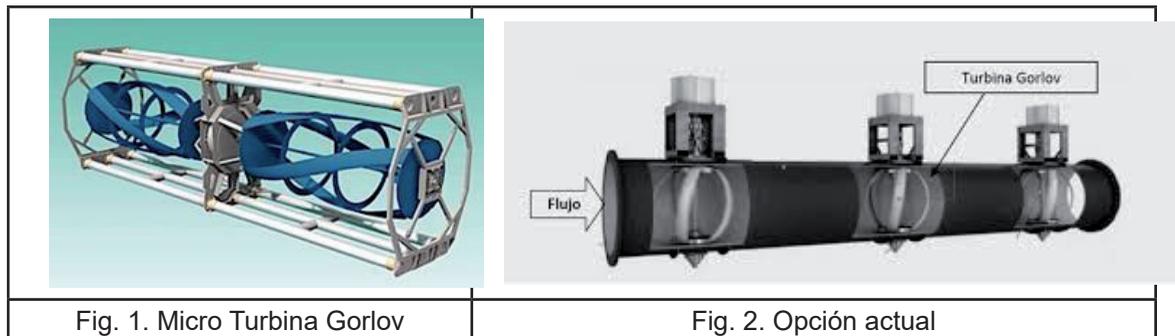
### Síntesis del contenido

La implementación de microturbinas hidráulicas es una alternativa evaluada, por barrios cerrados y/o clubes ribereños, para la obtención de energía limpia, y de bajo costo. Sin embargo, la eficiencia de una turbina es afectada por la turbulencia generada a su entrada, la que actúa como un efecto “tapón” para el ingreso del fluido. Los fenómenos en mecánica de fluidos pueden ser descritos mediante las ecuaciones de Navier-Stokes, y las simulaciones fueron realizadas en FreeFem++. La incorporación de una segunda carcasa produce un efecto Venturi, provocando una depresión aguas abajo, la que se tradujo en una succión dentro la turbina. Así se consigue un incremento en la velocidad de paso, y por ende su optimización. Con el objeto de mejorar la eficiencia se planteó el uso de gabinetes exteriores de geometría simple, como caños alcantarilla, tubos rectos, o cónicos, fácilmente adquiribles en mercado. El beneficio de esta implementación es una mejor relación costo-beneficio en la producción de energía.

**Palabras clave:** Simulación, Venturi, Microturbinas

### Problemática a resolver

Las turbinas micro hidráulicas son una opción para la obtención de energía limpia, mediante una corriente de agua. Si el curso de agua de aplicación, es de régimen permanente, o con fluctuaciones dentro de sus especificaciones, entonces serán una fuente continua de electricidad.



Las turbinas estudiadas son dispositivos simples y de baja potencia. El presente trabajo tomó aquellas de hasta 1 kW. Si bien existen en el mercado algunas que alcanzan los 6 kW, éstas tienen un diámetro considerablemente mayor, lo que implica mayor requisito en la profundidad del cauce, restringiendo el abanico de posibles beneficiarios. La problemática radica en que todo objeto que se interponga a un flujo genera turbulencia, así el agua fluirá por el camino que menor resistencia oponga. La turbulencia actúa como un efecto “tapón” para el ingreso del fluido en la turbina, lo que implica que, respecto la velocidad del flujo de agua, la velocidad dentro de la turbina será sensiblemente menor, y por lo tanto su rendimiento. Como es de esperar, todo equipo tiene especificaciones técnicas, siendo relevantes para este proyecto sus dimensiones físicas, y la velocidad mínima requerida por parte de la vía fluvial.

## Metodología del trabajo desarrollado

Se utilizaron las ecuaciones de Navier-Stokes para describir los fenómenos en mecánica de fluidos. Las fuerzas internas son producto de la presión y la viscosidad del fluido. El contorno del dominio del fluido se asume como una superficie cerrada y suficientemente regular. Así, el flujo dependiente del tiempo de un fluido viscoso e incompresible está gobernado por el balance de momentos. Se asignaron, un valor de velocidad a una porción del contorno, y la tracción del contorno en la porción complementaria. No se requiere condiciones iniciales para la presión del fluido, ya que no existe derivada de tiempo. La presión está presente mediante su gradiente, y determinada por una constante arbitraria, es usual imponer la presión promedio, o el valor en un punto, para definir de manera única el campo de presión. En el planteo numérico de un flujo newtoniano, el tensor de esfuerzo, y el de deformación del fluido, están linealmente relacionados, agregando la condición de incompresibilidad se obtiene la ley de Stokes, por lo que la presión tiene una interpretación puramente mecánica. La forma adimensional de las ecuaciones de Navier-Stokes se obtiene reemplazando la viscosidad cinemática por la inversa del número de Reynolds ( $Re$ ). Conceptualmente el número de Reynolds, caracteriza el cociente entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas. La presencia del término convectivo no lineal, y no simétrico, en la ecuación de momentos, provoca inestabilidad numérica en flujos de alto  $Re$ , donde domina la convección. Pueden utilizarse, entonces, técnicas de estabilización como SUPG (Streamline-Upwind-Petrov-Galerkin), GLS (Galerkin Least-Squares), SGS (Sub-Grid Scale), o LS (Least-Squares), para obtener soluciones mediante elementos finitos. La ecuación de continuidad para un fluido incompresible consiste en una restricción en el campo de velocidad, libre de divergencia, la presión debe ser considerada como una variable no relacionada a ninguna ecuación constitutiva. Su presencia, en la ecuación de

Navier-Stokes, busca introducir un grado de libertad adicional, como un multiplicador de Lagrange de la restricción de incompresibilidad, necesario para satisfacer un auto-ajuste instantáneo, generando así un acoplamiento entre la velocidad y la presión. Las simulaciones fueron realizadas en FreeFem++, entorno de desarrollo integrado de alto nivel para resolución numérica de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales en 2D y 3D mediante elementos finitos, contiene algoritmos de estabilización, generador de malla automatizado, y visualizadores propios.

## Desarrollo y resultados obtenidos

El objetivo es, en primer término, mejorar la eficiencia de turbinas hidráulicas sumergidas, y montadas en una pieza de geometría simple, mediante la aplicación de este efecto. Para ello se relevó la información correspondiente al diseño de turbinas y la simulación del diseño. A diferencia del montaje tradicional presentado en la Figura 2, se propuso estudiar la factibilidad de utilizar una turbina de eje co-lineal al flujo. Así, se encontró una variante diseñada por Tesla, cuyo montaje para el caso de estudio está entonces representado por la Figura 3



Las simulaciones se realizaron en FreeFem++, (Open Source software) entorno de desarrollo integrado de alto nivel (IDE), para la resolución numérica de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales (PDE), en 2D y 3D, mediante elementos finitos. La simulación contiene algoritmos de estabilización, generador de malla automatizado (mesh generator), y visualizadores propios. Como visualizador alternativo externo se utilizó Paraview (OpenSource). La estrategia para calcular el movimiento de cuerpos rígidos en un fluido, estuvo basada en principios simples. Lo que ilustra cómo se pueden simular fenómenos complejos directamente con el uso de las soluciones de freefem++ [2, 5]. Se utilizó un enfoque donde el dominio ocupado por el fluido está cubierto por un mallado no estructurado, dado que para una microturbina el movimiento del fluido puede seguirse sin grandes deformaciones, y que no se trata de un cuerpo flotante [1, 2]. También fue incluida una estrategia de penalidad basada en término penal L2, usado para prescribir un valor (ej. U) para la velocidad dentro de una parte del dominio, simplemente se adicionó un término a la formulación variacional, con test-function [1], y la suposición de que el dominio (2D o 3D) se llena con un fluido newtoniano de densidad  $\rho$ , viscosidad  $\eta$ , viscosidad dinámica, estando el proceso gobernado por la ecuación de Navier-Stokes [3, 4]

$\mathbf{v} = \eta/\rho$	(1)
$\mathbf{v}_t + \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v} - \nu \nabla^2 \mathbf{v} + \nabla p = \mathbf{a}_{ext}$	(2)
$\nabla \cdot \mathbf{v} = 0$	(3)

Si el flujo es de alta viscosidad dinámica, en el modelo anterior el término convectivo puede ser despreciado y se obtiene el flujo de Stokes [3]:

$\mathbf{v}_t - \nu \nabla^2 \mathbf{v} + \nabla p = \mathbf{a}_{ext}$	(4)
------------------------------------------------------------------------	-----

La presión tiene que ser considerada como una variable no relacionada a ninguna ecuación constitutiva. Su presencia, en la ecuación de Navier-Stokes, tiene el propósito de introducir un grado de libertad adicional, necesitado para satisfacer un auto-ajuste instantáneo, actuando como un multiplicador de Lagrange de la restricción de incompresibilidad, y así, generando un acoplamiento entre la velocidad, y la presión, desconocidos. Se busca aplicar esta formulación a un problema de rotación de un cuerpo rígido,  $O$ , en este caso la microturbina, que representa un obstáculo que sigue un movimiento newtoniano en torno a un eje sin fricción, esto es,

$\Omega/O = \Omega/O_{(t)}$	(5)
-----------------------------	-----

Lo que se reduce a una ecuación en la velocidad angular ( $\omega$ ) entorno a un eje (o un punto en el caso 2D). Estas ecuaciones son acopladas a fuerzas hidrodinámicas que ejerce el fluido sobre el sólido. Finalmente, la viscosidad impone condiciones de no deslizamiento en el contorno de  $O$  (microturbina): la velocidad del lado del fluido es igual a la velocidad del lado rígido. Tratándose de un fluido newtoniano en torno de un proceso dinámico se considerará el tensor de Cauchy ( $\sigma$ ) y el de deformación linealmente relacionados, la forma compacta de escribir la relación velocidad de tensión- deformación es mediante la ley de Stokes [3]:

$\sigma = -pI + 2\eta \nabla^S \mathbf{v}$	(6)
--------------------------------------------	-----

Donde

$\nabla^S = 1/2(\nabla^T + \nabla)$	(7)
-------------------------------------	-----

Las condiciones de contorno son las usuales para flujos a través de un obstáculo,

$\mathbf{v} = \mathbf{v}_\Gamma$	(8)
----------------------------------	-----

En el contorno  $\Gamma$ ; y salida libre de fluido en la cara del lado trasero de la turbina se plantea con condiciones de contorno de Neumann. En este sector se considera de tracción cero, esto es:

$\sigma \cdot n = -pn + v(n \cdot \nabla)v = 0$	(9)
-------------------------------------------------	-----

Por supuesto para los álabes de la turbina se cumple que  $\sigma \cdot n \neq 0$ . Por ser un objeto móvil en un fluido incompresible la tensión ( $\sigma$ ) debe calcularse en cada paso de la simulación. Numéricamente la fuerza normal será

$F_N = -p + 2v \partial v_n / \partial n = 0$	(10)
$F_\tau = v (\partial v_\tau / \partial n + \partial v_n / \partial \tau)$	(11)

con  $\tau$  vector tangencial, de acuerdo a las condiciones de contorno planteadas para la velocidad  $\partial v_\tau / \partial n = 0$ .

Para tomar en cuenta las fuerzas hidrodinámicas se agregarán condiciones de acoplamiento en las que se calcula el momento ejercido por el fluido en la turbina

$v = \omega \times (r - r_0)$	(12)
$I(d\omega / dt) = - \int ((r - r_0) \times \sigma) \cdot n$	(13)

Siendo  $I$ , el momento de inercia, realizándose la integración sobre el área de la microturbina. Para que el planteo 3D sea consistente desde un punto de vista conceptual, el rendimiento óptimo de turbina se conseguirá para el diseño que minimice la fuerza de fricción y evite la acumulación de líneas de corriente (o distribución irregular). Para el cálculo de la fuerza de fricción se busca integrar la fuerza en toda el área de la microturbina calculando el gradiente de la velocidad en dirección normal y tangencial

$F \sim v (\partial v_n / \partial n + \partial v_n / \partial \tau)$	(14)
-----------------------------------------------------------------------	------

## Conclusiones

El montaje de la turbina dentro de un cuerpo adecuado mejora su eficiencia disgregando la turbulencia y disminuyendo la presión a la entrada, lo que implica que se ha logrado aumentar la velocidad en la turbina. Cabe destacar que no es posible aumentar el rendimiento absoluto de la turbina, sino su eficiencia, o rendimiento relativo, aunque disminuya la velocidad del curso de agua. Utilizando los conceptos mencionados, se realizaron simulaciones donde se agregó una segunda carcasa. El perfil de velocidad inicial es lineal: desde 0 en el fondo a 1m/seg en la superficie, el recorrido completo es de 5 m. y una profundidad de 1.2m. Los resultados (Fig. 4 y Fig. 5) donde las velocidades inferiores se representan de 0 m/s a 7m/s. En general, se puede apreciar el beneficio del agregado de una segunda carcasa, y en particular una mejor respuesta del montaje sobre un caño de alcantarilla. La apreciación mencionada con anterioridad se sostiene con las gráficas de comparación de velocidades máximas obtenidas. Es común en dinámica de fluido computacional (CFD), proveer una instantánea de un campo de flujo, dibujando una familia

de líneas de corriente (curvas a  $\psi$  constante y  $V$  tangente). En el contexto de elementos finitos, los contornos de líneas de corriente (con intervalos especificados, entre pares de líneas de corriente vecinas), son obtenidas integrando numéricamente, a lo largo de los lados de los elementos.

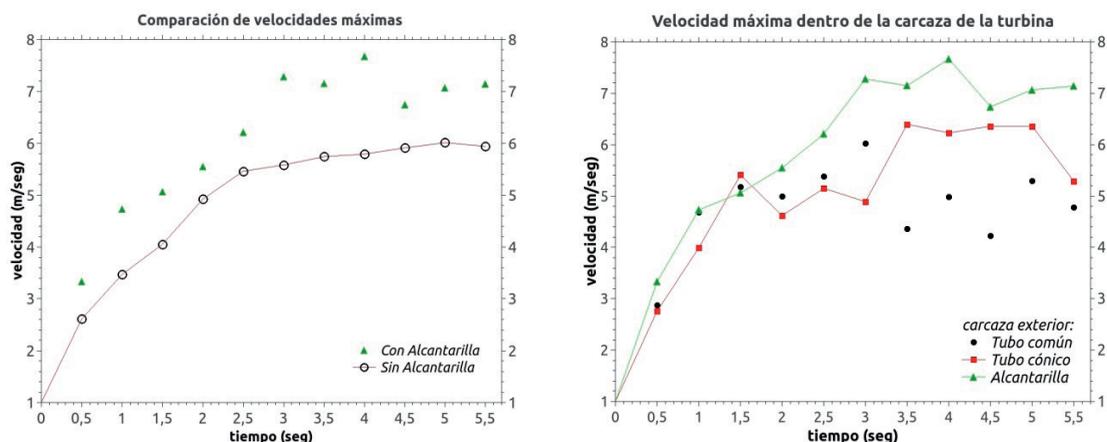


Fig. 4. Comparación de las velocidades máximas según el montaje

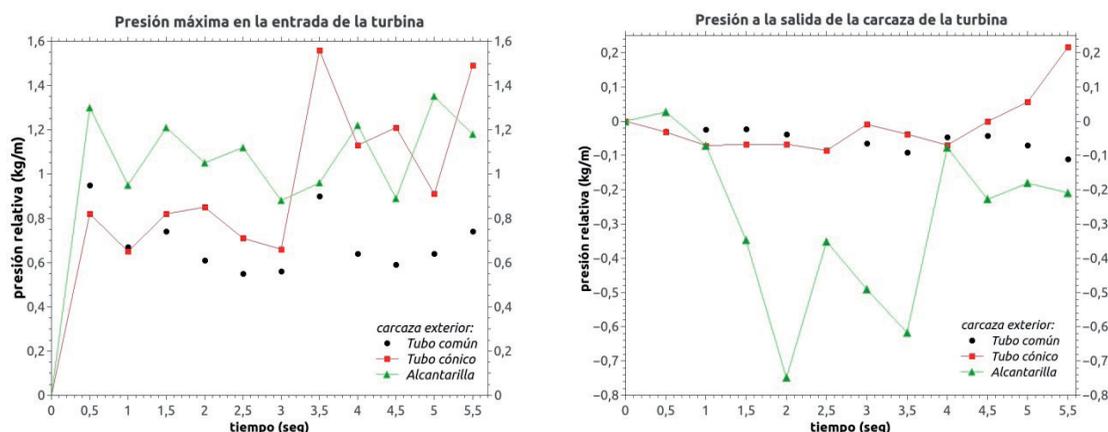


Fig. 5. Presiones máximas, a la entrada y salida, según el montaje

## Publicaciones y/o transferencias empleadas

- Luis E. Fauroux, Jorge E. Eterovic, Omar J. Degaetani. El efecto Venturi y su incidencia en el rendimiento de turbinas micro-hidráulicas. Revista Digital del Departamento de Ingeniería y Investigaciones Tecnológicas. Vol 3, N° 1, Julio 2018. ISSN 2525-1333
- Jorge E. Eterovic, Luis E. Fauroux, Omar J. Degaetani, Ricardo G. Aplicación teórica del efecto Venturi en micro turbinas hidráulicas. VI Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica. San Miguel de Tucumán, Argentina. Octubre 2018. ISBN 978-987-46987-0-4
- Luis E. Fauroux, Pablo Rinaldi, Jorge E. Eterovic. Simulación del efecto Venturi en una micro turbina hidráulica montada en gabinetes de geometría simple. X Congreso Argentino de Ingeniería Química. Santa Fe, Argentina. Agosto 2019. ISSN 1850-3519 / ISSN 1850-3500
- Luis E. Fauroux, Pablo Rinaldi, Jorge E. Eterovic. Simulación del efecto Venturi sobre una turbina microhidraulica tipo Gorlov. XII Congreso Argentino de Ingeniería Industrial. Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina. Noviembre 2019. ISBN en trámite.

## **Bibliografía utilizada**

- S. del Pino, B. Maury; 2D/3D turbine simulations in freefem ++, PROCEEDINGS of Numerical Analysis and Scientific Computing for PDEs and Their Challenging Applications, CIMNE, Barcelona, Spain 2007.
- A. Lefebvre; Fluid-particle simulations with freefem++, ESAIM: PROCEEDINGS, July 2007, Vol. 18, pp120 -132.
- Jean Donea and Antonio Huerta, Finite Element Method for Flow Problems, John Wiley & Sons Ltd, 2003.
- O. C. Zienkiewics and R. L. Taylor, The Finite Element Method, Vol3, Fluid Dynamics, Ed. Butterworth-Heinmann, 5th edición, 2000.
- Y. Achdou, J.L. Guermond; Convergence Analysis of a finite element projection/Lagrange-Galerkin method for the incompressible Navier Stokes equations, SIAM J. Numer. Anal. 37 (2000), no. 3, 799–826.

# POSIBILIDADES DEL RECURSO EÓLICO EN ÁREA URBANA DEL PARTIDO DE LA MATANZA (C2-ING-053)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

**Director:** Provenzano, Pablo G. e-mail: pprovenzano@unlam.edu.ar

**Co-Director:** Fernández, Luis A. e-mail: lfernaar@yahoo.com.ar

**Integrantes:**

**Investigadores**

**Alumnos Ad-Honorem:** Catellano, Gabriel Gustavo

**Becarios** Mijalowski, Christian Mauro

### Síntesis del contenido

El estudio realizado trata de la estimación del potencial del recurso eólico en el sector urbano del Partido de La Matanza, del rendimiento teórico de un aerogenerador de 20 kW de potencia nominal operando en este sector, plazos de amortización en un escenario económico adverso y de la introducción en la facturación de los costos debido a reparación en concepto de daño ambiental por empleo de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica. Las conclusiones indican que el recurso, si bien ha mejorado su calidad en este nuevo plano en altura, continúa siendo insuficiente para fines de explotación energética. Sin embargo la contribución que genera como vector de cero emisión de gases del efecto invernadero es, en sí mismo, un haber para la explotación eólica en este área, en acuerdo con las proclamas que surgen desde los Foros Internacionales sobre Cambio Climático.

El estudio del desarrollo de las energías renovables en Alemania y en la Argentina, desde la perspectiva legal e histórica, permitió comprender el éxito de la nación europea como referente en temas medioambientales debido a las estrategias, acciones y criterios que ese país ha adoptado, en contraste con el incipiente y moderado desarrollo que presenta nuestro país en esta materia.

**Palabras clave:** Efecto- Invernadero- Potencial- Eólico- Performance- Legislación.

### Problemática a resolver

Los perceptibles cambios ambientales que conducen a un deterioro progresivo del hábitat, afectando a la diversidad de ecosistemas continentales y marítimos como a comunidades poblacionales enteras, constituyen información de primera plana en los titulares del Mundo. La causa de esta degradación está determinada: se trata, concretamente, de un retardo de la emisión térmica desde la faz nocturna del planeta hacia el espacio para compensar la insolación terrestre en la faz diurna, hecho que implica una mayor permanencia de energía térmica en la atmósfera y es debido al efecto de gases como el CO<sub>2</sub> y metano, conocidos como gases de Efecto

Invernadero. El aumento de ese contenido es notorio cuando se comparan los niveles actuales de CO<sub>2</sub> en la atmósfera (cerca de las 390 ppm) con el contenido de 280 ppm hasta la era preindustrial y estables durante los últimos veinte mil años anteriores a la irrupción de la Máquina de Vapor, en el siglo XVIII [1,2].

Las conclusiones surgidas del Acuerdo de París, hacia finales del año 2015, son claras: se trata de aunar esfuerzos de todos los países y comunidades del mundo para poder afrontar con éxito la problemática del Cambio Climático, exigiendo un riguroso nivel de compromiso y responsabilidad en las estrategias y acciones a desarrollar (que han resultado insuficientes en las décadas previas). Están llamados a actuar todos los actores de la Sociedad, desde el ámbito gubernamental e institucional hasta el comunitario e individual [3]. El informe del *Intergovernmental Panel for Climate Change* (IPCC), de octubre del 2018 es contundente al respecto: anuncia que si la temperatura promedio global llegara a alcanzar el aumento de 1,5°C respecto al nivel promedio de temperatura de la era preindustrial, los daños al ambiente y a los ecosistemas del planeta podrían tener carácter duradero o en algunos casos, ser irreversibles. Ya se ha alcanzado un aumento de 1°C y son perceptibles algunas manifestaciones de ese deterioro ambiental. Por lo tanto, la población mundial debe sumar esfuerzos inmediatos para evitar que el aumento alcance el valor de 1,5°C [4]. Procesos críticos en la emisión de CO<sub>2</sub> son la generación eléctrica y la combustión interna en motores y máquinas térmicas puesto que en todos estos casos el accionamiento demanda consumo de elementos fósiles. La minimización de uso de los fósiles es una vía para contribuir a los objetivos de reducción del Efecto Invernadero. Las tecnologías de emisión cero son una realidad y están probadas en países como Alemania, España, Estados Unidos, La India y Japón, quienes lideran en generación eléctrica mediante aplicación de estas formas no convencionales [5]. Estas tecnologías resultan efectivas en la reparación del daño ambiental generado y dentro de ellas se enlista la explotación del viento como el vector energético no convencional de mayor aplicación en el mundo actual. Tales alternativas deben ser implementadas de manera progresiva para la generación de energía eléctrica, motriz, térmica, etc., y su aplicación requiere identificar previamente la calidad del viento en un área geográfica determinada

## **Metodología del trabajo desarrollado**

Este Proyecto de investigación ha sido elaborado sobre la base de los conceptos que expuestos: acción para contribuir a la mitigación del Efecto Invernadero desde nuestro ámbito institucional y la opción de la fuente eólica por el éxito demostrado en otras latitudes en lo relativo a generación eléctrica sin emisión de gases de Efecto Invernadero. Por otra parte, se da continuidad a la línea de investigación del Proyecto de Investigación C2 ING 033, anterior al actual. Se postuló en el Proyecto vigente la evaluación de la calidad del viento en un plano a mayor altura, a 30 metros respecto del suelo, evaluación basada en el desarrollo del perfil vertical de velocidad de este fluido, que sigue un lineamiento de carácter no lineal creciente respecto la altura, hecho que supone un vector velocidad promedio creciente conforme el plano de medición se aparta del suelo. La hipótesis planteada sostiene que la velocidad promedio es de, al menos, un 20 por ciento mayor en este plano de 30 metros, respecto del plano de 15 metros.

## *Análisis del recurso eólico*

Se ha analizado el potencial eólico en un periodo de 24 meses, desde diciembre del año 2017 a noviembre del 2019. El registro de datos de velocidad y dirección del viento, colectados mediante la estación meteorológica marca *Pegasus*, instalada en el predio de la Universidad, ha sido almacenado para su procesamiento estadístico.

La obtención de los parámetros típicos de posición y de dispersión permitió una primera aproximación a las características del recurso. Ese volumen de datos almacenados en cada mes de los 24 meses analizados ha sido, luego, ordenado por rangos en la confección de histogramas de frecuencias de velocidad [6]. Los histogramas se han empleado, en el siguiente paso, como material de base para la confección de las curvas de probabilidad de frecuencias de *Weibull*, que aportan una descripción más detallada del potencial eólico en cada mes [7]. Un tratamiento similar ha sido empleado con los registros de la dirección para la elaboración de las rosas de viento, obteniendo una información completa sobre el tema analizado. El trabajo descrito con el volumen de datos registrados ha sido replicado en cada mes analizado.

## *Estimación de la potencia entregada*

La potencia entregada en función del recurso disponible se ha estimado por solapamiento de la curva del aerogenerador ANE modelo AH-20kW con las distribuciones de frecuencia de velocidad mensuales. Se obtuvo, también por esta vía, la energía generada mensualmente desde el eólico. Estos resultados orientaron en la tarea de determinar las posibilidades reales que ofrece este sector del Conurbano en materia de obtención de energía eléctrica sin emisión de CO<sub>2</sub>.

## *Análisis de rentabilidad del sistema eólico operando con el recurso en altura*

Se estimó el costo del aerogenerador, incluyendo el equipamiento hidráulico y los accesorios, tasas en concepto de embarque, trasladado desde el país de origen (China) y costos de instalación. El monto total asciende a USD 46723,25. Ha sido calculada la rentabilidad de la máquina, el índice de rentabilidad simple y plazos de la amortización, comparando con el beneficio que el molino aporta al proveer parte de la demanda de energía que consumen 20 viviendas estándar. Ese ahorro en la facturación de energía eléctrica de red se ha empleado como activo de amortización del equipo eólico.

Seguidamente se ha realizado el mismo análisis pero en un escenario económico con tasa de interés bancaria nominal fija del 16 por ciento anual (libre de impuestos) para establecer el tiempo de amortización del molino y el tiempo de recupero de ese mismo capital si se colocara en un plazo fijo (interés compuesto).

## *Estudio del ahorro introducido en concepto de daño ambiental por uso de tecnología eólica*

El concepto se basa en la realización del mismo análisis de rentabilidad (simple y también en un escenario con tasa de interés bancario) pero incluyendo variables ambientales como el costo de reparación por daño ambiental en la facturación de servicio de red, en la hipótesis que esa electricidad ha sido generada mediante quema de combustibles fósiles

en su totalidad. Ese costo de reparación es el que demanda extraer del ambiente cada tonelada de CO<sub>2</sub> esparcida a la atmósfera por empleo de esos combustibles para generación de electricidad. Se ha aplicado el factor de emisión, parámetro que indica las toneladas de CO<sub>2</sub> liberados a la atmósfera por cada MWh generado mediante uso de combustibles, propio de cada país.

## *Estudio del derecho eólico en la Argentina. Estudio del derecho eólico en Alemania.*

### *Análisis comparativo*

El estudio de la legislación eólica en Alemania y en la Argentina se ha desarrollado con la meta de establecer una comparación entre un país que se ubica a la vanguardia en el empleo de tecnologías renovables y es referente mundial en esta área, y nuestro país, que se encuentra muy lejano de los primeros puestos en el ranking de las renovables. Se ha optado por realizar el estudio desde la perspectiva histórica de ambas naciones en esta materia. Ha sido consultada bibliografía muy completa como el *Energiewende* (transición energética) proyecto técnico-económico-político de impulso a las renovables.

Han sido analizadas, además, iniciativas como las *Feed in Tarifs*, la Ley de Energías Renovables del año 2000 y el *Energie Concept*, plan estratégico diez años posterior a esa ley y que plantea metas sobre el aumento de la participación en la matriz energética de las renovables, extendidas al año 2050, profundizando la concepción de eficiencia energética [8].

La Argentina no ha presentado desde sus inicios un plan estratégico en estas formas de energía y se caracterizó tempranamente por modelar un marco legal que aparece circunscripto a algunas provincias (Plan Provincial de Energía No Convencional de la Provincia del Chubut, 1984; creación del CREE (1985), Chubut) previo al año 2000. La consulta de las leyes provinciales como la mencionada, la iniciativa local de Cooperativas y más adelante, en el año 2010, cuando el Estado Nacional interviene firmemente en la cuestión, los lineamientos del Programa de Generación Eléctrica a partir de Energías Renovables (GENREN) en conjunto con las leyes 25019, del año 1998, que señalaba a las energías eólica, solar y la biomasa de interés nacional, la ley 26190 del año 2006 y la ley 27191 dentro de cuyo marco jurídico se crea el programa *RenovAr* (que surge en el año 2017) constituyen parte del material que permitió esbozar el recorrido histórico de las formas limpias de generación en nuestro país [9].

## **Desarrollo y resultados obtenidos**

El promedio de velocidad de los vientos del periodo completo es de 3,78 m/s, comparado con el valor de 3,14 m/s estimado en el plano de 15 metros (datos correspondientes al Proyecto de Investigación precedente) está indicando un incremento de este valor en el orden del 20 por ciento al duplicar la altura respecto del suelo. Por otra parte, si bien no existe una dirección predominante, los vientos presentan una mayor frecuencia de la dirección este-sureste, y en segundo término, de la dirección norte. Se ha encontrado que velocidades del recurso menores a 3 m/s (no generan movimiento de la aeroturbina) se dan en un tercio de los días del año, mientras que las velocidades que accionan al aerogenerador de manera moderada se dan en una proporción algo menor a un tercio de los

días. El tercio restante registra vientos mayores a 5 m/s pero solamente un 5 por ciento del año registró vientos mayores a 9 m/s, que generan una alta operatividad de la máquina.

Se encontró que en esta situación, el molino entregará una potencia de 2,5 kW en promedio y la energía eléctrica total generada en esos 24 meses sería de 43411,82 kWh, equivalentes para abastecer el 30 por ciento de la demanda eléctrica de unas 20 viviendas estándar.

Se encontró también que con este nivel de operatividad (que depende de la calidad del viento disponible) el índice de rentabilidad para cada una de las 20 familias que invierten en la compra e instalación de la máquina (cálculo de rentabilidad simple) es de 0,65 y el plazo de amortización del sistema se extiende, entonces, a 30 años y 9 meses (asumiendo la paridad del dólar estadounidense en \$ 63,00). Si el escenario económico es con tasa de interés bancario nominal fija del 16 por ciento anual (cálculo de rentabilidad compuesta) la situación empeora pues ese mismo capital de inversión colocado en un plazo fijo (se asume inmovilizado en el tiempo de capitalización) reporta el mismo rédito que daría el molino pero en 4 años y 8 meses.

Este escenario mejora al introducir en la factura de la red eléctrica el concepto de reparación de daño ambiental. En este caso la factura del servicio de red se incrementaría significativamente (en especial con una paridad cambiaria del dólar en \$ 63,00). El índice de rentabilidad por cobertura del 30 por ciento de la demanda eléctrica desde el eólico sería, ahora, de 1,74 (mejora visiblemente) y la amortización se reduciría a 11 años y 6 meses, siendo éste un plazo de amortización aceptable. Sin embargo, en un escenario con tasas bancarias del orden del 16 por ciento anual, la recuperación de ese capital a invertir en el molino, pero colocado en plazo fijo sigue siendo notoriamente más atractivo.

La experiencia de Alemania y de la Argentina en materia eólica difieren notablemente: Alemania inició la carrera de las renovables hace unas cuatro décadas y uno de los primeros pasos dados ha sido en el sentido de formular un proyecto abarcativo, el *Energiewende* (transición energética) proyecto técnico-económico-político de impulso a las renovables y que se extiende a la política industrial y a un cambio social profundo en la comunidad alemana respecto a la concepción de la naturaleza y su cuidado. Como dato ilustrativo del cambio iniciado desde la década de 1980 es la firme convicción de independizarse de la tecnología nuclear, sobre todo luego del desastre de *Chernovil*, y dar protagonismo a estas formas no contaminantes para generar energía eléctrica. Se formularon instrumentos como la Ley Eléctrica del *Feed-in Tariffs* (1991) que profundizó esta tendencia mediante el beneficio que toda la electricidad proveniente de fuentes energéticas renovables que todo productor volcase a la red, sería comprada por el Estado [8]. Un aspecto paralelo abordado por la legislación alemana ha sido la minimización importante de costos administrativos en estudios de impacto ambiental y en obtención de permisos, reducción de impuestos y tasas que ha incentivado la inversión en instalaciones, especialmente de menor tamaño. Por otra parte, los sucesivos gobiernos han continuado en una misma dirección, desde Helmut Schmidt (1974-1982) hasta Ángela Merkel (2005- ) la política de estado muestra coherencia y acuerdo en esta

temática y en el año 2013 se validaron nuevamente los términos del *Energiewende*, postulándose metas para el año 2050 [8].

La Argentina comenzó también ese camino en la década de 1980, pero por iniciativa de profesionales de Universidades e investigadores independientes que comenzaron a nuclearse en incipientes grupos de investigación. Surgieron en esa década los primeros marcos jurídicos, circunscriptos, no obstante, a provincias como Chubut y Buenos Aires, y se crearon organismos como el CREE en Chubut para dar impulso a las formas renovables. La crisis política, en el principio de este siglo, implicó un gran retraso en el desarrollo de proyectos e inversión en renovables, pero la leyes 25019 (1998), 26190 (2006) (y su tardía reglamentación hacia el año 2009) y la ley 27191 (2015) direccionaron hacia la organización energética de cero emisión, dando lugar a la formulación del Programa de Generación Eléctrica a partir de Energías Renovables (GENREN) en el año 2010, programa signado por la fuerte presencia del Estado Nacional, que dio cierto impulso al desarrollo de la eólica registrando un incremento en la potencia instalada de 30 MW a 271 MW hacia el año 2014 [9]. La Ley 27191 generó el marco para la creación del programa *RenovAr*, vigente, y que estableció metas de participación del 12 por ciento en matriz energética nacional para finales de la década, meta que, sin embargo, no se ha alcanzado.

### *Formación de recursos humanos*

Participaron en el Proyecto de investigación los alumnos Christian Mijaloski y Gabriel Castellano, avanzados de la carrera de Ingeniería Industrial. Mijaloski ha sido becario mediante el programa de becas de la Universidad Nacional de La Matanza.

### *Publicaciones*

‘Estudio del Potencial Eólico en el Conurbano Bonaerense’ - VI Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica- (FACET- FoDAMI) Facultad de Cs. Exactas –UNT, San Miguel de Tucumán, octubre de 2018.

‘Potencial Eólico del Conurbano Bonaerense’ -Expo Viento & Energía 2019 (AAEE - FIUBA)- Facultad de Ingeniería- UBA, octubre de 2019.

‘Estudio del recurso eólico y de factibilidad de generación eolo-eléctrica en área urbano- industrial del Gran Buenos Aires’ IV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología Ambiental (SACyTA- UNAJ) UNAJ- Florencio Varela- Pcia de Buenos Aires, diciembre de 2019.

### **Conclusiones**

Se observa a 30 metros de altura un aumento en el promedio de velocidad del viento en el orden del 20 por ciento, respecto del plano de 15 metros de altura, no obstante un tercio de los días del año el aerogenerador permanece inactivo. El recurso muestra una calidad aún insuficiente para los fines estudiados. El servicio del eólico genera una rentabilidad baja, con plazos de amortización de 30 años y la inversión presenta gran desventaja frente a un escenario de, por ejemplo, tasa nominal bancaria del 16 por ciento de interés anual (recupero del capital en un tiempo de unos 5 años). El índice de rentabilidad, no obstante, mejora visiblemente y la amortización se reduce a 11 años y 6 meses si se incluyen en la facturación de red conceptos del orden ambiental, aunque la tasa de interés

continuará siendo preferencial para el inversor. Sin embargo, la no emisión de CO<sub>2</sub> que introducen estas tecnologías constituye un haber importante en el desafío del saneamiento ambiental que no debería ser desestimado en absoluto.

El análisis comparativo de las políticas en Alemania y en la Argentina se resume destacando que ambas naciones iniciaron el derrotero eólico cuatro décadas atrás en el tiempo y además que la Argentina posee recursos del viento superiores a Alemania. Este último país ha mostrado una firme convicción, continuidad de criterios ambientales y facilidades a través de los años tendientes a la promoción de las renovables mientras que en la Argentina, iniciativas discontinuadas y demoras, en parte por procesos de crisis política y económica en las últimas décadas, han contribuido a retrasar el desarrollo de estas fuentes. Los resultados muestran que en Alemania la potencia eólica instalada actual es de 59 GW (tercera posición en el ranking mundial) mientras que en la Argentina llega a unos 2 GW en la actualidad.

## Bibliografía

- [1] Sánchez Maza, M - '*Energía Solar Térmica*' - Editorial LIMUSA, Grupo Noriega Editores (2010).
- [2] Harper, H.- '*Tecnologías de Generación de Energía Eléctrica*'- Editorial LIMUSA, Grupo Noriega Editores (2009).
- [3] Carlino, H. '*El Acuerdo de París y sus Implicaciones para América Latina y el Caribe*' - Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2017)
- [4] Secretaría de IPCC- '*Comunicado de Prensa del IPCC*'-The World Meteorological Organization – UNEP – Incheon, South Corea (Octubre 2018)
- [5] Salgado, O..J.; Borjas, D. M. '*Energía del Viento*' Revista Ciencia pp.18-29 ( abril 2010)
- [6] Haber, A. & Runyon, R. (1986) '*Estadística General*'. Ed. Addison–Wesley (pp. 31-118)- USA.
- [7] Touré, S. '*Investigations on the Eigen-coordinates method for the 2-parameter Weibull Distribution of wind speed*'. Renewable Energy, (30;4) (pp. 511–521) - (2005)
- [8] Alvarez Pelegry, E. y Ortiz Martínez, I. '*La transición Energética en Alemania (Energiewende)*'. (pp. 3-160). Instituto Vasco de Competitividad – Fundación DEUSTO –Bilbao. España (2016)
- [9] Secretaría de Energía de la Nación '*Energías Renovables- Energía Eólica*' - Coordinación de Energías Renovables, Subsecretaría de energía Eléctrica (2008)

**RESOLUCIÓN EFICIENTE DE LA DESCOMPOSICIÓN  
EN VALORES SINGULARES EN UNA ARQUITECTURA HÍBRIDA Y  
SU POSTERIOR INSERCIÓN EN UN SISTEMA  
DE RECUPERACIÓN DE INFORMACIÓN (C225)  
RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL**

---

<b>Director:</b> Hugo Ryckeboer	<b>e-mail:</b> hugor@unlam.edu.ar
<b>Codirector:</b> Osvaldo Sposito	<b>e-mail:</b> sposito@unlam.edu.ar
<b>Integrantes:</b>	
<b>Investigadores:</b>	
<b>Gabriela Cora</b>	
<b>Viviana Ledesma</b>	
<b>Alumnos Ad-Honorem:</b>	
<b>Gastón Procopio</b>	
<b>Fabio Quintana</b>	

### **Síntesis del contenido**

A partir del desarrollo de los repositorios digitales cada vez ha cobrado mayor interés el estudio de los Sistemas de Recuperación de Información (SRI). El volumen de la información contenida en dichos repositorios crece de forma exponencial, con lo cual, la búsqueda de los documentos que respondan a la necesidad de los usuarios se torna una tarea difícil. La Indexación Semántica Latente (ISL) es un método para la búsqueda de información en documentos a través de la indexación de términos, lo cual involucra la aplicación de algoritmos matemáticos especializados a fin de simular el análisis que realizaría una persona. Una técnica ampliamente utilizada a tal fin es la Descomposición en Valores Singulares (DVS), luego la recuperación se realiza a partir de los valores y vectores singulares obtenidos al aplicar dicha técnica. Esta investigación tuvo por objetivo obtener una mejora para un SRI de desarrollo propio, mediante la implementación y evaluación de distintos algoritmos secuenciales y paralelos, para resolver la DVS. Se ha puesto especial atención a una fase preliminar de dicho proceso que consiste en llevar la matriz inicial a su forma bidiagonal y se ha contrastado los rendimientos conseguidos cuando se implementan distintas arquitecturas.

**Palabras clave:** Sistema de Recuperación de Información, Indexación Semántica Latente, Descomposición en Valores Singulares, Bidiagonalización.

## Problemática a resolver

Un SRI comprende la representación, el almacenamiento, la organización y el acceso a los ítems de información (Baeza-Yates y Ribeiro-Neto, 1999). Se dispone de una colección de documentos (corpus), por otra parte, existen usuarios con necesidades de información que son planteadas al SRI en forma de consultas para que el mismo retorne como respuesta aquellos documentos considerados relevantes, que se devuelven como respuesta en forma de una lista ordenada o rankeada. En la Figura 1 se muestra de forma gráfica la problemática asociada a los SRI.



Figura 1. Problemática de los SRI

Para realizar operaciones sobre un corpus, se necesita primero una representación lógica de todos sus documentos como también de las consultas con el fin de comparar la similitud entre tales representaciones. Con tal propósito, conviven actualmente una variedad de modelos que se apoyan en distintos paradigmas (Tolosa y Bordignon, 2020). Se destacan entre estos, los modelos denominados clásicos: el modelo booleano, el modelo vectorial y, el modelo probabilístico. En los distintos modelos se seleccionan las palabras útiles, que por lo general son todos los términos del documento a excepción de las palabras sincategoremáticas, es decir, semánticamente sin significado, este proceso se enriquece utilizando técnicas de lematización y etiquetado (Jaimes y Riveros, 2005).

El presente trabajo está asociado a una extensión del modelo de recuperación vectorial, la ISL, que permite la búsqueda de información en documentos mediante la indexación de sus términos (Deerwester, Dumais, Furnas, Landauer y Harshman, 1990). La aplicación de la ISL, como se indicó anteriormente, implica la utilización de algoritmos matemáticos especializados. Permite buscar por conceptos o definiciones en contraste a lo que sería una búsqueda literal. Pretende solucionar problemas de sinonimia y polisemia, o equivocidad del habla corriente. Para tal fin, un primer recurso es trabajar con lexemas y no con palabras, ya que palabras derivadas de una misma raíz comparten buena parte de la carga semántica.

Generalmente, la indexación de los términos de los documentos da por resultado matrices de documentos que se vuelve de grandes dimensiones. Por tal razón, en la búsqueda de acelerar el proceso de recuperación de información, suelen aplicarse técnicas de reducción de la dimensionalidad con el fin de transformar dicha matriz en una de menores dimensiones, pero capaz de reflejar las características de la matriz original al momento de procesar las búsquedas. Con tal propósito, se aplica la DVS, una técnica mediante la cual

se descompone una matriz en varias matrices que presentan las propiedades más significativas de la matriz original (Deerwester, Dumais, Furnas, Landauer y Harshman, 1990). Así, como se muestra en la Figura 2, una matriz A de tamaño  $t \times d$  descompuesta con DVS produce tres matrices, de la forma:  $A = T_0 \times S_0 \times D_0$ .

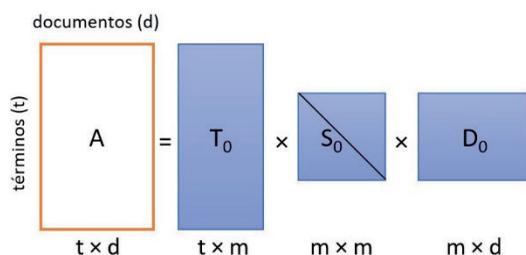


Figura 2. Reducción de las dimensiones en la DVS.

Fuente: (Deerwester, Dumais, Furnas, Landauer y Harshman, 1990)

Con este proyecto se buscó aportar un nuevo avance para la resolución de la DVS, en especial mediante implementar algoritmos para resolver una fase preliminar que se usa muy frecuentemente para este proceso, la bidiagonalización. Se ha comprobado que dicha fase es la que más tiempo insume, estudios realizados muestran que puede consumir más del 70% o 90% del tiempo total para obtener todos los vectores singulares o solo los valores singulares, respectivamente (Ltaief, Luszczek y Dongarra, 2013). El trabajo se ha orientado hacia algoritmos que puedan ser implementados en plataformas paralelas y, en particular, aprovechando la capacidad de las unidades de procesamiento gráfico (GPU, por sus siglas en inglés), buscando de esta manera reducir los tiempos de respuesta insu- midos para el proceso.

## Metodología del trabajo desarrollado

La metodología utilizada para cumplir con los objetivos del proyecto incluyó:

1. Búsqueda de bibliografía de los fundamentos matemáticos de la DVS y sus posibles variantes
2. Revisión del estado del arte.
3. Estudio de las tecnologías existentes para la implementación de la programación en paralelo que utiliza GPU.
4. Desarrollo de librerías propias en lenguaje de programación C#.
5. Diseño y ejecución de casos de prueba para la comparación de los resultados arrojados por los algoritmos en plataformas secuenciales y paralelas, en cuanto a tiempos de respuesta para su ejecución.

## Desarrollo y resultados obtenidos

A partir de la revisión de distintos métodos de bidiagonalización y, a modo inicial, se implementó un algoritmo genérico, secuencial, que sirvió para evidenciar el funcionamien-

to interno del proceso, en [1] se da mayor detalle sobre este. Posteriormente, se ha orientado el estudio hacia algoritmos que puedan ser implementados en plataformas paralelas.

Luego de analizar distintas variantes, se ha decidido adaptar y desarrollar un algoritmo alternativo propuesto por Barlow, Bosner y Drmač (2005) (en adelante, Barlow). Aunque se han encontrado trabajos en los que el algoritmo de Barlow es implementado y probado en MatLab, en CPU secuencial y paralelo, nunca había sido probado en entornos con GPU, con lo cual este trabajo representó un avance en este sentido.

El algoritmo ha sido paralelizado y desarrollado para ser implementado en GPU, y los resultados obtenidos en cuanto a rendimiento se compararon con los obtenidos en arquitecturas monoprocesador, multiprocesador, este trabajo se describe parcialmente en [3]. En la Figura 3 pueden apreciarse las evoluciones y las respectivas variaciones en las mediciones de los tiempos de ejecución, para cada una de las arquitecturas mencionadas, en la medida que el tamaño de la matriz se incrementa. Cuando la dimensión de la matriz va aumentando, los tiempos entre CPU monoprocesador y GPU se asemejan. De los tiempos obtenidos, se observa que cuando las matrices son de menor dimensión es conveniente ejecutar este tipo de algoritmos en CPU monoprocesador. En cambio, cuando la matriz comienza a superar las dimensiones, aproximadamente a partir de un orden de 200 o 300, la GPU mejora notoriamente el tiempo de ejecución con respecto a CPU monoprocesador y CPU multiprocesador. En cuanto a la CPU multiprocesador, se puede observar que es constante el tiempo de resolución y este se incrementa lentamente hasta las dimensiones aproximadas a 200.

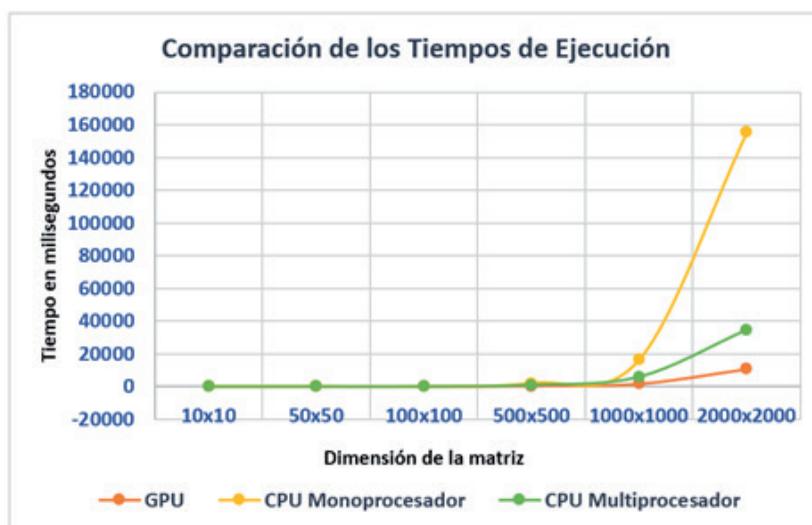


Figura 3. Gráfico comparativo de los tiempos de ejecución del algoritmo de Barlow en las distintas arquitecturas aplicado a matrices de diferentes dimensiones

Tomando como punto de partida este análisis se avanzó con la meta de evaluar si la adaptación e implementación del mismo algoritmo en un entorno híbrido CPU-GPU, podría lograr una aceleración en los cálculos. La idea principal de una arquitectura híbrida fue aprovechar la capacidad de cálculo de cada una de estas implementaciones, en lo que respecta a tiempos de ejecución, a fin de analizar si es posible obtener mejoras en los tiempos insumidos con respecto a la ejecución completa en GPU. Esto implicó identificar

cuál sería el punto de quiebre o cota, para definir qué columnas de la matriz se deberían procesar en la GPU, dejando las restantes para ser ejecutadas en la CPU. La elección de la cota más conveniente ha sido explicada en mayor detalle en [4]. Una vez conseguidos los tiempos de ejecución con la implementación híbrida, se procedió a comparar los resultados con respecto a los tiempos insumidos al bidiagonalizar las mismas matrices, pero haciendo el proceso completo en GPU, los resultados conseguidos se presentan en la Figura 4.

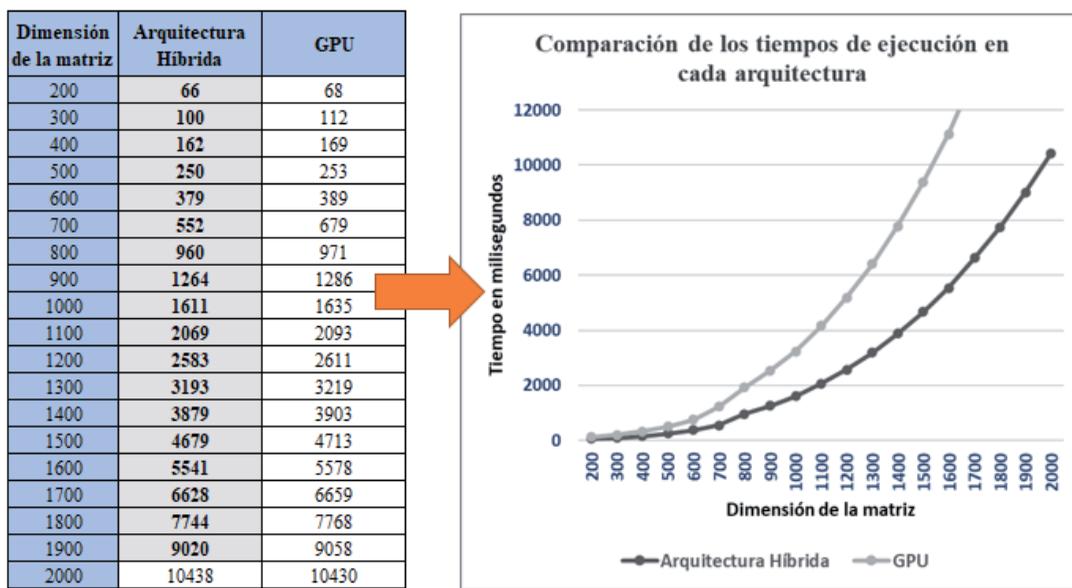


Figura 4. Tiempos de ejecución insumidos en la arquitectura híbrida CPU-GPU y en GPU

Al comparar ambas implementaciones, como se muestra en la Figura 4, se logró una reducción de tiempo que va de 2 a 127 milisegundos, dependiendo de la dimensión de la matriz, a favor de la arquitectura híbrida con respecto a GPU. Sin embargo, en la tabla de la izquierda también puede observarse que cuando  $n$  es igual a 2000, el tiempo de ejecución comienza a ser más favorable para la implementación en GPU, la cual muestra una ventaja de 8 milisegundos. Esto hace suponer que para matrices con  $n > 2000$  podría ser conveniente aplicar una arquitectura basada únicamente en GPU, de todos modos, para generalizar esta afirmación sería necesario repetir esta prueba con matrices de mayores dimensiones.

Finalmente, se requirió la adecuación del SRI para reemplazar el algoritmo de bidiagonalización secuencial original por el algoritmo de Barlow paralelizado y adaptado para una arquitectura basada en GPU que fue descrito en el trabajo [3].

## Conclusiones

Este trabajo ha permitido el desarrollo e implementación de un algoritmo alternativo que hace posible resolver el problema de la bidiagonalización de matrices densas. La particularidad de este algoritmo es que se orienta a conseguir un método más sencillo de paralelizar que los métodos tradicionales mediante una propuesta de bidiagonalización unilateral. De este modo se pretende reducir la cantidad de comunicaciones necesarias

durante su ejecución, y conseguir, como consecuencia, una reducción en los tiempos requeridos para el proceso.

El algoritmo fue adaptado para su implementación y prueba en diferentes arquitecturas, se puso énfasis en aquellas basadas en GPU, incluyendo una arquitectura híbrida CPU-GPU, lo que implicó identificar la cota más adecuada que permitiera asignar a cada parte aquellas columnas para las cuales presenta un mejor desempeño con relación a los tiempos de ejecución. Al comparar los rendimientos alcanzados con las distintas implementaciones se observó en general una mínima mejora en cuanto a los tiempos conseguidos cuando el algoritmo fue paralelizado en una arquitectura híbrida. Aunque también pudo notarse que, para una matriz con una dimensión de 2000, el comportamiento en GPU fue más eficiente. Sin embargo, en cuanto a esto, se planifica replicar estas pruebas con matrices de mayores dimensiones para obtener resultados que puedan ser generalizados, incluso se debería analizar la posibilidad de una optimización en lo referido a la cota utilizada.

Se realizaron las modificaciones necesarias en el SRI para insertar en el mismo este algoritmo paralelizado. A futuro, se espera ampliar el volumen del corpus documental a fin de poner a prueba la mejora conseguida en el sistema de recuperación, con la finalidad de comprobar el nivel de impacto alcanzado en la productividad del proceso.

## **Publicaciones y/o transferencias empleadas**

Se realizaron las siguientes publicaciones con referato:

1. “Aplicación de la Descomposición de Valores Singulares a un Sistema de Recuperación de Información”, Sposito O., Ledesma V. y Procopio G. REDDI, Revista Digital del Departamento de Ingeniería (UNLaM), volumen 2(4), diciembre 2019. ISSN: 2525-1333.
2. “Hacia la optimización de un sistema de recuperación de información”, Sposito O., Ledesma V., Procopio G. y Ryckeboer H. XXII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2020), El Calafate, Santa Cruz, pp. 738-742, mayo 2020. ISBN 978-987-3714-82-5.
3. “Comparación de un Algoritmo de Bidiagonalización para su Utilización en la Recuperación de Información”, Sposito O., Ledesma V., Procopio G., Ryckeboer H., Saizar V. y Vainberg A. XXVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2020). Universidad Nacional de La Matanza, pp. 72-81. Modalidad virtual, octubre de 2020. ISBN 978-987-4417-90-9.
4. “Implantación de un Algoritmo de Bidiagonalización en un Entorno Híbrido para su Aplicación en la Recuperación de Información”, Sposito O., Ledesma V., Procopio G., Saizar V. y Vainberg A. 8vo. Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información (CoNaIISI 2020). Universidad Tecnológica Nacional, San Francisco, Córdoba, noviembre de 2020. (no publicadas aún a la fecha).

## **Bibliografía utilizada**

- Baeza-Yates, R. y Ribeiro-Neto, B, “Modern Information Retrieval”, USA, Addison Wesley, 1999.
- Barlow, J., Bosner, N., Drmač, Z.: A new stable bidiagonal reduction algorithm. Linear Algebra and Its Applications, ELSEVIER, vol. 397, pp. 35-84, 2005.
- Consultado el 12/08/2020.
- Deerwester, S., Dumais, S., Furnas, G., Landauer, T. y Harshman, R., “Indexing by latent semantic analysis”, Journal of the American Society for Information Science, Septiembre 1990, vol. 41(6), pp.391–407.

- Jaimes, L. y Riveros, F., “Modelos clásicos de recuperación de la información”, en Revista Integración, Escuela de Matemáticas, Universidad de Santander, 2005, vol. 23(1), pp. 17–26.
- Ltaief, H., Luszczek, P., y Dongarra, J., “High performance bidiagonal reduction using tile algorithms on homogeneous multicore architectures”, en ACM Transactions on Mathematical Software, 2013, vol. 39(3).
- Tolosa, G. y Bordignon, F., “Introducción a la Recuperación de Información: Conceptos, modelos y algoritmos básicos”, Universidad Nacional de Luján, Argentina, 2008. Disponible en: <http://eprints.rclis.org/12243/1/Introduccion-RI-v9f.pdf>.

# SISTEMAS DE SEGMENTO TERRENO SATELITAL DE PRÓXIMA GENERACIÓN (C211)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

**Director:** Jorge S. Ierache e-mail: jierache@unlam.edu.ar

**Co-Director:** Pablo Soligo e-mail: psoligo@unlam.edu.ar

**Integrantes:**

**Investigadores**

**Anibal Pose**

**Maria Cecilia Valenti (ARSAT-Asesora Externa)**

### Síntesis del contenido

Este trabajo se enfocó en el proceso de modelización, implementación y experimentación de un sistema de operación, control y explotación multiplataforma de próxima generación para misiones espaciales, incluyendo la exploración de las necesidades de segmentos terrenos que apliquen a arquitecturas segmentadas. En este orden, generar un entorno que permita operar simultáneamente y de manera uniforme constelaciones o segmentos de vuelo tecnológicamente heterogéneos, utilizando exclusivamente componentes de software/hardware COTS de amplia aceptación, marginando soluciones ad-hocs o de escasa penetración. Un segmento terreno que incluya el estado del arte de la industria informática y que sea económicamente viable.

**Palabras clave:** Software, Segmento Terreno Satelital, Arquitectura Segmentada, Comando y Control.

### Problemática a resolver

El proyecto se orientó al desarrollo de un único prototipo de sistema multimisión que permita la operación y explotación de datos de sistemas satelitales de diferentes fabricantes. El proyecto busca diferenciarse de las soluciones propietarias mono misión comunes en la industria espacial y demostrar la factibilidad de implementación de estos sistemas mediante componentes COTS. El alcance abarcó desde la ingestión y procesamiento de telemetría, el procesamiento de telecomandos (En ambos casos de fuentes heterogéneas), hasta la publicación de datos en sus diferentes niveles de procesamiento y normalización [1], incluyendo mecanismos que faciliten la explotación de datos con técnicas de minería de datos, sistemas expertos y machine learning. Se han marginado de la solución, estándares, formatos o protocolos propietarios o de escasa penetración en la industria de software de uso masivo y se priorizando las soluciones, bibliotecas, componentes y frameworks de uso extendido.

## Metodología del trabajo desarrollado

Para el logro de los objetivos se aplicaron un enfoque cuantitativo, experimental. Iniciando con el prototipo de sistema derivado de la misión FS2017-MDIAE (Cohorte 2015-2017). Se utilizaron muestras de telemetría real que permitieron validar las implementaciones y obtener conclusiones medibles.

Para el desarrollo de módulos adicionales se aplicó diseño orientado a objetos en la mayoría de los casos con un enfoque incremental. Se diseñaron, desarrollaron y probaron una o más soluciones para cada problemática en particular de manera independiente y siguiendo el orden del flujo de datos; Ingestión, almacenamiento, procesamiento y publicación. Se previeron también iteraciones de ajustes en módulos que tuvieran algún acoplamiento entre ellos. Las experiencias obtenidas durante la MDIAE con los sistemas de segmento terreno de diversas agencias espaciales han servido de base de requerimientos y los lineamientos de diseño, han adherido los manuales de buenas prácticas del área espacial [2], casi todas ellas comunes y aplicables a las buenas prácticas conocidas en la industria de software general.

La **Tabla 1 - Software Utilizado** muestra el detalle del software utilizado. La **Tabla 2 - Hardware Utilizado** muestra el hardware disponible para el desarrollo.

Sistemas Operativos	Windows 10 Linux Ubuntu 16.04 LTS Linux Ubuntu 18.04 LTS
Base de datos	Postgresql 10
Administración de Base de datos	PGAdmin4
Demodulador	GQRS
Decodificador	Direwolf
Interprete	Python 3.6 Javascript TypeScript 6.0
Framework	Django
IDEs	Eclipse PyDev Visual Studio Code

**Tabla 1 - Software Utilizado**

## Hardware

Equipo 1	Procesador	Intel(R) Core(TM) i5-5200U CPU @ 2.2 GHz
	Memoria	8.00 GB
	Sistema Operativo	Windows 10 - 64 bits
Equipo 2	Procesador	AMD® A10-7860k radeon r7, 12 compute cores 4c+8g x 4
	Memoria	6.8 GB
	Sistema Operativo	Ubuntu 18.04.1 LTS - 64 bits

**Tabla 2 - Hardware Utilizado**

## Desarrollo y resultados obtenidos

Si bien el proyecto fue concebido inicialmente como un sistema multimisión solo había operado con el FS2017. Durante la segunda etapa del proyecto se finalizó la integración con telemetría del satélite argentino con instrumento de la NASA SAC-D / Aquarius, siendo este el primer satélite gran satélite en incorporarse al sistema. La **Figura 1 - Cubesat 2U**

**FS2017** muestra el modelo académico del satélite FS2017, la **Figura 2 - Datos del SAC-D accedidos vía UNLaM GS y NASA OPEN MCT** muestra telemetría del satélite SAC-D decodificada, almacenada por medio del prototipo de segmento terreno desarrollado y visualizada por medio de la integración con NASA OPEN MCT.



Figura 1 - Cubesat 2U FS2017

Figura 2 - Datos del SAC-D accedidos vía UNLaM GS y NASA OPEN MCT

La generación de telemetría en valores de ingeniería está completamente realizada por scripts cargados en tiempo de ejecución y desarrollados bajo lenguajes/intérpretes de propósito general [2].

Ante la necesidad de contar con una interfaz gráfica web que permita la visualización y el análisis de los datos y frente al esfuerzo que implica desarrollar una propia, se optó por integrar el segmento terreno al proyecto NASA OPEN MCT. Se ha realizado una primera integración de telemetría histórica que permite la cómoda visualización de datos. Se crearon las interfaces estandarizadas REST/JSON para una ingestión y publicación telemetría [4]. Actualmente el sistema puede obtener datos descargados de la red satnogs (<https://satnogs.org/>) mediante estas interfaces, siendo esto fundamental para las nuevas misiones incorporadas.

El carácter heterogéneo de las misiones incorporadas hasta la fecha, FS2017, Lituanicasat2, Bugsat1(Tita) y SAC-D, demuestran el carácter multimisión del proyecto, generando:

- • Un prototipo de segmento terreno multimisión costo efectivo destinado a dar soporte a futuros proyectos satelitales dentro de la universidad.
- • Una herramienta realista de capacitación aplicable dentro la universidad o en actividades de vinculación con otras instituciones (MDIAE, M4-CONAE)
- • Una plataforma de investigación para proyectos de IA aplicada a los sistemas aeroespaciales y de tiempo real.

Se espera durante el 2020/2021 contar con una estación terrena propia que permita la plena incorporación a la red satnogs.

## Conclusiones

La incorporación de 4 misiones de diferente envergadura, objetivo y con soluciones tecnológicas heterogéneas demuestran la factibilidad de desarrollar un único sistema multimisión completamente basado en componentes de estantería y más aún en unidades de código abierto. El uso de lenguajes de propósito general para los scripts de decodificación y comandos resultó ser una alternativa no solo posible, sino que deseable en términos de costos, versatilidad y mantenibilidad. Las interfaces REST/JSON colaboraron con el objetivo y demostraron su utilidad dado que fueron mandatarias para la integración con NASA OPEN MCT.

La incorporación y primera integración del proyecto NASA OPEN MCT ha sido altamente satisfactoria, siendo un “componentes de estantería” (COTS) de calidad superlativa y extremadamente versátil. Se debe tener en cuenta que la integración ha sido parcial y la documentación muy justa. Una integración completa puede presentar problemas o requerir un esfuerzo en horas hombre fuera del alcance del grupo de investigación.

## Publicaciones y/o transferencias empleadas: presentaciones, informes internos, prototipos.

Los resultados de las investigaciones han sido publicados en los siguientes congresos y workshops:

- Experiences and lessons learned developing a next-generation ground segment prototype, 2019, 2nd International Academy of Astronautics
- Latin American Symposium on Small Satellites:
- Advanced Technologies and Distributed Systems
- Segmento Terreno Para Misiones Espaciales de Próxima Generación, XXI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, 2019
- Arquitectura de segmento terreno satelital adaptada para el control de límites de telemetría dinámicos, 2019, Congreso Argentino de Ciencias de la Computación 2019
- Software de segmento terreno de próxima generación, 2018, Congreso Argentino de Ciencias de la Computación 2018

Como actividad de vinculación destacada se puede mencionar al curso M4 dictado para la CONAE. Durante el segundo cuatrimestre del 2019 se dictó la capacitación para más de 30 alumnos con una carga horaria total de 40 horas presenciales. Se impartieron conceptos teóricos y prácticos del desarrollo de software en general y de su implementación en el área espacial en particular. El curso consta de unidades dedicadas al desarrollo de software sobre Python, lenguaje C y sistemas operativos de tiempo real. Los módulos dedicados a lenguajes de definición de hardware no han sido dictados por limitaciones de tiempo. Durante el dictado del curso se abordaron problemáticas vinculadas al desarrollo de software en el sector, alternativas, evaluaciones y soluciones posibles. Durante el curso se trabajó intensivamente con conjuntos de datos derivados de las investigaciones del proyecto. Se aprovechó la oportunidad para intercambiar experiencias y lecciones aprendidas con equipos técnicos de CONAE y para intercambiar datos e información sensible a las investigaciones en curso y futuras. Para el dictado del curso fue necesario la generación de material adicional, filminas, ejercicios, ejemplos, juegos de datos, proyectos

y máquinas de virtuales de uso didáctico. El material queda disponible para futuros cursos o como material de la materia en futuras cohortes de MDIAE.

## Otras actividades de vinculación

- International Space Forum at Ministerial Level, the Latin American and Caribbean Chapter – ISF Buenos Aires (<http://www.iafastro.org/events/international-space-forum-the-latin-american-chapter-isfbuenosaires/>).
- PyDay 2018: Presentación “Desarrollo de un segmento terreno satelital de próxima generación con python” (<https://pydaylp.python.org.ar/#!/#agenda>)
- UNSaM: Conferencia “TUB and space. Satellite Missions from TUB” (<http://www.unsam.edu.ar/institutos/Colomb/tub.asp>).
- UNSaM: Workshop “Operation of University Satellite Missions. Ground Stations. Communications and Antennas” (<http://www.unsam.edu.ar/institutos/Colomb/tub.asp>).

## Bibliografía utilizada

- [1] T. Morel, G. Garcia, M. Palsson y J. C. Gil, «High Performance Telemetry Archiving and Trending for Satellite Control Centers,» de *SpaceOps 2010 Conference Delivering on the Dream Hosted by NASA Marshall Space Flight Center and Organized by AIAA*, 2010.
- [2] K. Galal y R. P. Hogan, «Satellite Mission Operations Best Practices,» 2001.
- [3] G. Garcia, «Use of Python as a Satellite Operations and Testing Automation Language,» de *GSAW2008 Conference, Redondo Beach, California*, 2008.
- [4] G. Chaudhri y S. Hollander, «Ground Systems-The Need for Standardization,» de *Space Ops*, 2004.
- [5] P. Soligo y J. S. Ierache, «Software de segmento terreno de próxima generación,» *CACIC 2018*.
- [6] P. Soligo y J. S. Ierache, «Software de segmento terreno de próxima generación,» de *XXIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (La Plata, 2018)*, 2018.
- [7] P. Soligo y J. S. Ierache, «Segmento Terreno Para Misiones Espaciales de Próxima Generación,» *WICC 2019*.
- [8] P. Soligo y J. S. Ierache, «Experiences and lessons learned developing a next-generation ground segment prototype,» de *2nd International Academy of Astronautics Latin American Symposium on Small Satellites: Advanced Technologies and Distributed Systems (November 11-16, 2019)*, 2019.
- [9] P. Soligo y J. S. Ierache, «Arquitectura de segmento terreno satelital adaptada para el control de límites de telemetría dinámicos,» de *XXV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (La Plata, 2019)*, 2019.
- [10] G. Chaudhri, J. Cater y B. Kizzort, «A model for a spacecraft operations language,» de *SpaceOps 2006 Conference*, 2006.

# VIRTUALIZACIÓN DE FUNCIONES DE RED (C210)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

**Director:** Roca, José Luis

**e-mail:** jlroca@conae.gov.ar

**Co-Director:** Dufour, Fernando Javier

**e-mail:** fdufourf@hotmail.com

**Investigadores:** Serra Ariel Miguel, Peliza Carlos, Micieli Gustavo Ariel

**Becarios:** Agüero Guerrero, Facundo

### Síntesis del contenido

Este trabajo, en primer lugar, pretende introducir los conceptos fundamentales de una arquitectura con funciones de red virtualizadas (NFV), revisando para ello la bibliografía disponible para enunciar las posibilidades de desarrollo de la arquitectura. Como segundo punto, clasificar el estado de las redes de quinta generación en Argentina. Mediante el análisis de lo actuado en Argentina, buscaremos describir el estado de las redes de 5G virtualizadas en el país y cuál ha sido el tipo de desarrollo NFV que se ha decidido implementar.

**Palabras clave:** Virtualización, SDN, VNF, NFV, Redes Móviles, 5G.

### Problemática a resolver

El análisis del marco teórico de la tecnología NFV nos permite saber que, una situación que permitirá su desarrollo, está ligado a brindar nuevos servicios para la telefonía móvil. Este o estos servicios serán los que permitan lograr que NFV tenga una llegada rápida al mercado que conforman las empresas de telefonía.

Los análisis de mercado que realizan las empresas de Telecomunicaciones indican que las tendencias de consumo, se dirigen al uso del servicio móvil en tiempo real o de muy baja latencia y esa cualidad solo es posible con tiempos de latencia como se ha estandarizado en 5G.

En síntesis, NFV se verá apalancado por la oferta de 5G, que deberá traer una serie de servicios con demanda agregada de valor, de manera de hacer interesante la inversión de las empresas de telecomunicaciones.

En Argentina a finales de 2017, en simultáneo con el cierre del proceso de estandarización, se han realizado pruebas satisfactorias de una implantación 5G RAN (Radio Access Network) con dispositivos en fase de pruebas no comerciales.

Al momento de la prueba antedicha, existen disponibles redes NFV con solución monolítica de LTE que por problemas de disponibilidad de tiempo no fueron exploradas para conectar con la RAN 5G, por lo que no resulta factible considerar una conectividad posible. Será una experiencia que debe transitarse. Esta situación indicaría una separación de las inversiones entre 5G y N.F.V, que podría detener el avance de una u otra de estas tecnologías.

De lo antes descripto, un servicio que apalancaría el desarrollo en paralelo de NFV y 5G, y cuya evolución estará garantizada con la actualidad de la arquitectura NFV es el de VoLTE (Voz sobre LTE), porque la obsolescencia de las redes de voz hace necesario el recambio y previo a la crisis económica de nuestro país, la inversión en NFV tenía como horizonte dicha renovación, sin embargo, es posible afirmar que como no interceden factores más relevantes de apalancamiento junto a la crisis, el ritmo de crecimiento será menor.

No es esperable una aparición disruptiva en cuanto a servicios, y su evolución, sino que resulta esperable un amesetamiento, que va a permitir una mejora de las capacitaciones en NFV, perfeccionando los resultados.

**Metodología del trabajo desarrollado:** Este proyecto de investigación estuvo dedicado a abordar dos aspectos. Primero introducir los conceptos fundamentales de una arquitectura con funciones de red virtualizadas (NFV), revisando para ello la normativa y bibliografía en uso, lo que nos permitió conocer las posibilidades de desarrollo y el estado de la arquitectura NFV.

La metodología que nos permitió cubrir este primer aspecto fue:

- Hacer una investigación documental del estado actual de la tecnología.
- En base a esta investigación determinamos las incompatibilidades e inconvenientes del mercado argentino.
- Se realizaron entrevistas con:
  - Especialistas del mercado.
  - Especialistas de los fabricantes de tecnologías.
  - Especialistas de laboratorios de prueba.
- Se analizaron las normas existentes asociadas a la problemática y el cumplimiento de estas por parte de los fabricantes de equipos.
- Se buscó la verificación de resultados obtenidos con resultados de pruebas de laboratorio o pruebas piloto en operadoras de telefonía móvil.

El segundo aspecto que se abordó desde este proyecto de investigación fue la formalización de una prospectiva del mercado argentino para la tecnología NFV, un análisis sobre las limitaciones y potencialidades de las redes virtualizadas que incluya los servicios actuales y futuros a brindar bajo la arquitectura virtualizada.

La metodología que nos permitió cubrir este segundo aspecto fue:

- La investigación sobre los servicios que los organismos de estandarización han establecido como apalancadores de la tecnología NFV y el estado de implantación en operadoras de Telecomunicaciones de la región.
- Un análisis en retrospectiva para establecer las mejores prácticas que permitan un óptimo desarrollo de servicios virtualizados.

En la actualidad, los tres servicios que brindan compañías de redes, que ofrecen servicios virtualizados y que facilitarían la adquisición de la arquitectura NFV, son:

Backup (almacenamiento automático)

Firewall virtual para cada compañía.

v-DNS (Domain Name System virtualizado)

v-SBC (Controladora de Servicios de Borde Virtualizado)

v-EPC Componentes virtualizados de un Core de paquetes de red Móvil.

Específicamente de este último servicio, ya se encuentran funcionando en modalidad de pruebas las siguientes funcionalidades propias para redes móviles.

- CSFB 4G to 3G
- E2E 2G/3G/4G Data Forwarding
- IMS Registration
- VoLTE Call

## Conclusiones

Una buena práctica para la implementación de servicios debe comprender los siguientes ítems:

1. Considerar la energía eléctrica como parte integral de la red a integrar, siendo que las redes de Telecomunicaciones tenían como principal fuente de energía para sus equipos, una energía de 48 VDC. Es importante planificar la energía en función de los nuevos equipamientos cuya alimentación eléctrica es 220 VAC, adicionalmente el uso de servidores implica mayor juego de energía reactiva.
2. El uso de modelos de información estándar de la industria abiertos y expandibles, como TOSCA y formatos de VNF adecuados, es fundamental para que el ecosistema de proveedores de VNF pueda ofrecer sus servicios en esta nueva arquitectura global.
3. La formación de equipos laborales mixtos, multidisciplinarios será un diferencial que acelerará la implantación de N.F.V.
4. El control de la topología de red, la ubicación de la VNF, los anchos de banda de los enlaces, y las garantías de calidad de servicio, así como también el conocimiento de las capacidades de hardware en las plataformas de servidores subyacentes son críticas en el sector de las telecomunicaciones.
5. El diseño de seguridad de red debe adaptarse a las redes virtuales, abiertas y dinámicas del futuro. Las nuevas implementaciones de NFV deben, si es posible, integrar la seguridad en cada capa de la infraestructura. Los proveedores que adoptan OpenStack como la plataforma de infraestructura NFV necesitarán endu-

recer y asegurar las distribuciones comerciales de OpenStack para satisfacer sus necesidades. En la capa de gestión y orquestación, los proveedores de servicios deben incluir la gestión de seguridad y las capacidades de automatización.

Como parte de las mejores prácticas se han configurado alianzas estratégicas entre proveedores de VNF y Telcos, sin embargo, quedará para análisis posteriores la relación entre estas alianzas y la definición de “agnóstico” de los fabricantes realizada en las etapas de desarrollo incipiente de N.F.V.

## Publicaciones y/o transferencias empleadas:

*Tabla 1 Presentaciones de la investigación.*

Título	Evento	Lugar	Mes	Año
Virtualización de funciones de red	XXI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación	San Juan	Abril	2018
Redes 5G y Virtualización de funciones de red en Argentina	XIII Workshop arquitectura, redes y sistemas operativos (WARSO)	Tandil	Octubre	2018
Virtualización de funciones de red de una Telco en Argentina 2018	6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática – Sistemas de Información.	Mar del Plata	Noviembre	2018
Virtualización y 5G, en Argentina	JORNADA DE INTEGRACIÓN, EXTENSIÓN Y ACTUALIZACIÓN	Misiones	Septiembre	2019
Fibra Óptica y redes de 5G	Jornada Semana de la Ciencia	La Matanza	Setiembre	2019
NFV aún sin 5G: Esperando al auto no tripulado	Octavo Congreso Argentino de la Interacción-Persona Computador@, Telecomunicaciones, Informática e Información Científica	Córdoba	Noviembre	2019

## Bibliografía utilizada

- Hakiri, A., Gayraud, T., Schmidt, D., & Berthou, P. (2014). Software Defined Networking: Challenges and research opportunities for Future Internet. *Computer Networks Volume 75, Part A*, 453-471.
- AT&T: Margaret Chiosi. BT: Don Clarke, Peter Willis, Andy Reid. China Mobile: Dr. Chunfeng Cui, Dr. Hui Deng, et al. (s.f.). (29 de Abril de 2018). ETSI. Obtenido de European Telecommunications Standards Institute: [http://portal.etsi.org/NFV/NFV\\_White\\_Paper.pdf](http://portal.etsi.org/NFV/NFV_White_Paper.pdf)
- Chris Wolf, Erick M. Halter. (2005). *Virtualization: From the Desktop to the Enterprise (Books for Professionals by Professionals)*. Apress.
- Metzler, A., & Metzler, J. (2015). *The 2015 guide to SDN and NFV*. Obtenido de Webtorials.
- Rajendra Chayapathi, Syed F. Hassan, Paresh Shah. (2017). *Network Functions Virtualization (NFV) with a Touch of SDN*. Pearson Education.

# **PEDAGÓGICOS**

---



# ANÁLISIS Y PROPUESTAS SOBRE LA INFLUENCIA DEL USO DE LA GAMIFICACIÓN Y HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN CONTINUA EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE EN “PROGRAMACIÓN AVANZADA” (C216)

RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

**Director:** Dr. Daniel Giulianelli, [dgiulian@unlam.edu.ar](mailto:dgiulian@unlam.edu.ar)

**Co-Director:** Dra. Verónica Inés Aubin, [vaubin@unlam.edu.ar](mailto:vaubin@unlam.edu.ar)

**Integrantes:**

**Blautzik Leonardo José**

**Cabrera José Luis**

**Cantore María Cristina**

**García Gabriel Aníbal**

**Goitea Alejandro**

**Ravinale Carolina**

**Sánchez Carolina Florencia**

**Videla Lucas**

## Síntesis del contenido

Este proyecto de investigación centra su interés en la cátedra de Programación Avanzada y en su forma de enseñanza, con el objetivo de avanzar desde las prácticas tradicionales centradas en el docente hacia prácticas que tengan en cuenta al alumno como sujeto activo y futuro profesional.

El proyecto se enmarca bajo los conceptos de trabajo en equipo, trabajo colaborativo en la universidad, a partir de los cuales se llevaron a cabo diversas actividades con los estudiantes (torneos, trabajos de investigación, entre otros) con el correspondiente seguimiento del alumno como parte de ese equipo.

Cabe destacar que en cada una de las instancias en las que se trabajó con los estudiantes fue dentro de un contexto de evaluación continua.

**Palabras clave:** gamificación, trabajo en equipo, evaluación continua, competencias

## Problemática a resolver

Dentro del marco teórico de la Psicología Social, el objetivo de los grupos es aprender a pensar. En efecto, no puede perderse de vista que el pensamiento y el conocimiento son producciones sociales. Necesariamente, para aprender a pensar, el individuo necesita del otro. Pensar, siempre es pensar en grupo.

En un trabajo en equipo, el rol de cada uno de los integrantes dentro del mismo es fundamental. Cada uno posee un rol diferente y el grupo tiende a tratar de que perdure, siempre hay alguien que adjudica y otro que lo asume y lo desarrolla ya que los roles tienen un deber ser, algo permitido y algo prohibido; más allá de estar informando acerca de lo que sucede en el clima áulico todos los seres humanos en cualquier ambiente encarnan diferentes roles.

Un grupo no es sólo una agrupación de personas, hay algo que los une, un fin o propósito en común el cual será parte de la motivación, motor del trabajo en equipo, y acompañado de la aplicación de gamificaciones con su alto poder motivacional y capacidad socializadora pueden ser una interesante herramienta, no sólo para conseguir mayor compromiso del alumno sino un aprendizaje más significativo, donde se convierte en protagonista.

Para lograr mejores resultados en el aprendizaje es necesario que el alumno esté motivado. En un ámbito de educación superior partimos de sujetos que se acercan de forma libre, voluntaria y vocacional a determinados estudios, con los que pretenden forjar su futuro profesional y con ello parte de su vida. La gamificación induce a la motivación, porque como técnica basada en juegos y logros coloca al estudiante en el centro de la experiencia y por ello le empuja a decidir y actuar. Por otro lado, el profesor ahora tiene la labor de ayudarlo a aprender. En lugar de suministrar conocimientos, participa en el proceso de generar conocimiento junto con el estudiante; de forma construida y compartida.

El logro del objetivo propuesto puede suponer, además, que el grupo alcance algún tipo de recompensa que favorezca una mayor implicación de los miembros del equipo en la consecución del objetivo (por ejemplo, la publicación del trabajo realizado o la obtención de una puntuación extra que se computará en la nota final). Este refuerzo puede ser, incluso, de carácter competitivo, de modo que, en caso de existir varios grupos de trabajo, sólo uno o algunos de ellos puedan alcanzarlo. Su obtención se da de modo interdependiente (lo que sucede cuando está en función de las recompensas individuales logradas por el aprendizaje individual) o dependiente (cuando se evalúa exclusivamente al grupo y, en función del resultado global, se alcanza o no la recompensa), debiendo evaluar el profesor en cada caso.

Para concluir, en base a todo lo expuesto, podemos afirmar que el llamado trabajo en equipo es una modalidad didáctica que se abre paso dentro de las aulas de la universidad, distinguiéndose de aquellas formas tradicionales de aprendizaje, enfrentando al alumno a un abanico de nuevas posibilidades de interacción y construcción cooperativa del conocimiento, al mismo tiempo que lo prepara para la vida profesional donde la tendencia es el abordaje de las distintas problemáticas desde la interdisciplinariedad, lo cual conlleva necesariamente a la modalidad de trabajo en equipo.

## **Metodología del trabajo desarrollado**

En la primera etapa del proyecto se realizó una búsqueda y análisis de material bibliográfico, lo que permitió establecer el estado del arte actualizado. Se rastrearon fuentes acerca del concepto de grupo y del trabajo en equipo, dentro del marco teórico de la Psicología Social y sobre el trabajo colaborativo en la universidad. Se realizó un releva-

miento de las herramientas que se encuentren disponibles para desarrollar software trabajando en equipo, que permitan hacer seguimientos y ver el grado de participación de cada integrante. Se decidió utilizar Loom y GitHub para el proceso de evaluación continua. Así también se indagó sobre la pertinencia y resultados favorables en el aprendizaje cuando el alumno es partícipe de un equipo de trabajo.

En la segunda etapa, los datos utilizados para el análisis fueron obtenidos de los docentes a cargo de las cátedras que conforman la carrera de Ingeniería en Informática de la UNLaM, del registro de las cátedras e instrumentos de evaluación. Se llevó a cabo una encuesta que permitió establecer parámetros sobre formas de dictado y desarrollo de la cursada de otras cátedras de programación del DIIT. Los aspectos que se evaluaron fueron: modo de aplicación, instrumentos e indicadores, forma de evaluación, respuesta en el aula y comunicación docente-alumno.

En las siguientes etapas, se tomaron como base los cursos de la cátedra de “Programación Avanzada” donde se aplicaron las metodologías y se midieron los resultados. Se diseñaron escenarios de aprendizaje integrados con actividades que promuevan la resolución de tareas de forma innovadora y colaborativa. Las actividades permitían el aprendizaje del tema específico, fomentando la adquisición de competencias transversales como: capacidad de trabajo en equipo, de análisis y síntesis, de toma de decisiones, de crítica y autocrítica, así como también la capacidad para aplicar la teoría a la práctica. Para medir los resultados se utilizaron las herramientas de seguimiento Loom y GitHub, que cuentan con las métricas necesarias, permitiendo la simplificación de la trazabilidad del desempeño grupal e individual de los estudiantes. Se utilizaron rúbricas especialmente confeccionadas para registrar las distintas formas de evaluación de trabajo en equipo. Se establecieron indicadores, relacionados con la competencia del trabajo en equipo, para evaluar el grado de dominio adquirido por los estudiantes, considerados desde distintas perspectivas: autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación.

## **Desarrollo y resultados obtenidos**

Con la idea de fortalecer la enseñanza de la programación surge la primera actividad realizada que utilizó un torneo como herramienta lúdica. El torneo se basó en el conocido juego de “piedra, papel, o tijera”. Mediante sencillas técnicas de inteligencia artificial, los alumnos desarrollaron una aplicación (Jugador), que les permitió competir entre ellos. Durante el precalentamiento y en las mejoras de los jugadores de cada grupo, los alumnos pusieron en práctica las competencias de análisis, síntesis, toma de decisiones, crítica y autocrítica, y aplicar la teoría a la práctica. Al compartir las estrategias de cada grupo, se pusieron en juego competencias de comunicación, crítica y autocrítica. Mientras pensaban y programaban su estrategia grupal se estableció una fuerte comunicación entre pares, aumentando el vínculo, afianzando la relación del grupo. La adquisición de los conceptos curriculares, de inteligencia artificial, que la cátedra se propuso que los alumnos alcancen, se dio por el contraste de la estrategia de cada uno y la de los docentes que también presentaron un jugador. Los estudiantes mostraron un gran entusiasmo en la participación del torneo y se motivaron para continuar mejorando a sus jugadores. Si bien no era parte de la competencia, todos los equipos compartieron sus estrategias con los demás. Esto fomentó el espíritu colaborativo fundamentalmente para seguir mejorando cada estrategia en particular y lograr vencer a los bots de los docentes. Al menos la mitad de los equipos

lograron este objetivo. Pocos grupos pensaron en la estrategia del otro Jugador al momento de programar el suyo propio.

En el marco del proyecto también se llevó a cabo una actividad de investigación y exposición oral desarrollada por equipos. La actividad tenía el fin de valorar distintos modos de evaluar el grado de adquisición de las competencias de trabajo en equipo. Se aplicó una evaluación multiactores a través de rúbricas diseñadas especialmente para apoyar estas prácticas. La evaluación multiactores permitió evaluar la competencia de trabajo en equipo de un estudiante con la mirada de sus compañeros, la de sus docentes y su propia mirada. Se consensuaron criterios de evaluación que contemplaron diferentes aspectos de esta modalidad de trabajo. Entre los aspectos considerados podemos mencionar la implicación de los alumnos en las dinámicas de trabajo en equipo, su responsabilidad ante el aprendizaje y el trabajo final. Los resultados obtenidos a partir del análisis de los datos recopilados en dichas rúbricas, han permitido obtener las tendencias generales orientativas de los modos de evaluación del grado de adquisición de la competencia de trabajo en equipo. Así como detectar los problemas en el desarrollo de la experiencia, lo que ha llevado a plantear nuevas estrategias de trabajo para los próximos cursos. Para más detalles sobre la experiencia ver artículo publicado en CACIC 2019.

En cuanto a la formación de recursos humanos, como ya se ha explicado oportunamente, las actividades de investigación realizadas en el presente proyecto contribuyen fuertemente al desarrollo de la tesis de maestría de Alejandro Goitea.

## **Conclusiones**

Las experiencias llevadas a cabo durante este proyecto han demostrado su efectividad como factor de motivación. Crearon situaciones en las cuales se generan interacciones productivas. El torneo realizado reveló el potencial de esta actividad como recurso estratégico para la enseñanza de programación. Los docentes ratificaron que el juego es claramente una actividad completa de aprendizaje, donde el conocimiento no lo transmite el docente en una clase magistral, sino que los estudiantes lo incorporan a través de la experiencia.

Respecto a la evaluación continua del trabajo en equipo, podemos concluir que trabajar de esta manera conduce hacia una pronta detección de errores en los enfoques o en la realización de la actividad, y ayuda a corregir rápidamente los esfuerzos mal canalizados. Permite además comprobar el balance de la participación de todos los integrantes de un equipo, evitando injusticias y previniendo conflictos. Trabajar en equipo fortalece al estudiante en su desempeño académico y lo acerca de manera temprana a la actividad profesional, donde se enfrentará a situaciones grupales que sabrá resolver con éxito.

Para el desarrollo de competencias de trabajo en equipo, al igual que en otras prácticas, es indispensable el feedback con el docente. La mirada del docente actúa como elemento motivador, ayuda a detectar y resolver errores en forma temprana y promueve la continuidad del trabajo. La coordinación del docente en relación al uso de la autoevaluación y la coevaluación, consideramos que acompañaría a los estudiantes a habituarse a estos métodos de evaluación.

Por último, se ha observado que los estudiantes tienen dificultades para identificar las competencias en las que necesitan reforzar el estudio. Esta habilidad no es preexistente y no poseen técnicas para adquirir las competencias, y por consiguiente, los conocimientos objetivos de la asignatura. Se propone por ello, investigar si la visualización del grado de adquisición de competencias por parte de los estudiantes, a través de indicadores visuales en un entorno gamificado, aumenta el involucramiento en el proceso de aprendizaje, y mejora su rendimiento.

## **Publicaciones y/o transferencias empleadas**

- Del Giorgio, H., Aubin, V. I., Blautzik, L. J., Videla, L., Guatelli, R., Cabrera, J. L., Sánchez, C. & Goitea, A. (2018). Influencia del uso de la gamificación y las herramientas de evaluación continua en el proceso de enseñanza y aprendizaje. In XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2018, Universidad Nacional del Nordeste).
- L. Videla, L. Blautzik, F. Gasior, J. Crispino, V. Aubin, R. Guatelli, J. Cabrera, C. Sanchez, D. Giulianelli (2018). Técnicas de gamificación aplicadas a una experiencia práctica como factor de fortalecimiento del proceso de enseñanza aprendizaje de programación. VI Congreso Nacional de Ingeniería Informática – Sistemas de Información (CoNallSI 2018), Universidad Atlántida Argentina, Universidad FASTA, Universidad Nacional de Mar del Plata y Universidad CAECE.
- Verónica Aubin, Análisis y propuestas sobre la influencia del uso de la gamificación y herramientas de evaluación continua en el proceso de enseñanza y aprendizaje en “Programación Avanzada. (2018). II Encuentro Mejoras de las Estrategias Pedagógicas –MEP Universidad Nacional de La Matanza DIIT. UNLaM
- Verónica Aubin, Análisis y propuestas sobre la influencia del uso de la gamificación y herramientas de evaluación continua en el proceso de enseñanza y aprendizaje en “Programación Avanzada. (2019) III Encuentro Mejoras de las Estrategias Pedagógicas –MEP. Universidad Nacional de La Matanza. 17 septiembre de 2019. DIIT. UNLaM
- Verónica Aubin, Renata Guatelli, Luca Videla, José Cabrera, Carolina Sanchez, Carolina Ravinale. Análisis de una experiencia de la evaluación de la adquisición de la competencia “trabajo en equipo”. (2019). XXV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2019). Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba.

## **Bibliografía utilizada**

- Fernández Cruz, F. J., & Fernández Díaz, M. Los docentes de la Generación Z y sus competencias digitales. (2016).
- Asamblea General de la Asociación Iberoamericana de Entidades de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI). Declaración de Valparaíso. (2013), Torrelles, C., París, G., Sabrià, B., Alsinet, C. Assessing teamwork competence. *Psicothema*, 27(4), pp.354-361. (2015)
- Ruíz-Corbella, M., de Rivas Manzano, R. Los valores vinculados a la competencia del trabajo en equipo en entornos virtuales de aprendizaje. Un estudio en la Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador). *Revista Complutense de Educación*, 26(3), pp.759-780. (2015)
- Sotelo, A. F., & Arévalo, M. G. V. Proceso de autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación para caracterizar el comportamiento estudiantil y mejorar su desempeño. *Revista San Gregorio*, 1(9), 6-15. (2015).
- Cataldi, Z., & Lage, F. (2004). Un nuevo perfil del profesor universitario. *Revista de Informática educativa y medios audiovisuales - Universidad de Buenos Aires*, 28-33.

- Durán Aponte, E., & Durán García, M. (2014). Competencias sociales y las prácticas profesionales. Vivencias y demandas para la formación universitaria actual. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1174/113564012799740777>
- Martínez, L. V., & del Moral Pérez, M. E. (2015). Gamificación: Estrategia para optimizar el proceso de aprendizaje y la adquisición de competencias en contextos universitarios. *Digital Education Review*, (27), 13-31.
- Oliva, H. (2017). La ludificación como estrategia metodológica en el contexto educativo universitario. *Realidad y Reflexión*, 44(0), 29-47. <https://doi.org/10.5377/ryr.v44i0.3563>
- Rico, R., Alcover de la Hera, C., & Taberner, C. (2010). Efectividad de los Equipos de Trabajo, una Revisión de la Última Década de Investigación (1999-2009). [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1576-59622010000100004](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1576-59622010000100004)

# COMPETENCIAS LINGÜÍSTICAS PREVIAS EN INGLÉS: UNA ACCIÓN DE DOCENCIA Y VINCULACIÓN ENTRE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA Y LA UNIVERSIDAD (C227)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

Director: Mg. Saraceni, Ana Claudia    e-mail: [asaraceni@unlam.edu.ar](mailto:asaraceni@unlam.edu.ar)  
Co-Director: Mg. Nancy L. Fernández    e-mail: [nfernandez@unlam.edu.ar](mailto:nfernandez@unlam.edu.ar)

### Integrantes:

Investigadores: Esp. Almada, G. -Lic. Andrade, C. -Mg. D'Anunzio, G. -Lic. Hayet, M. -Lic. Herrera, A. -Ing. Mg. Igarza, A. -Mg. Konicki, B. -Esp. Monti, J. -Mg. Morena, I. -Lic. Roldán, M. -Esp. Rosas, M. -Lic. Visciglia, P. -Mg. Suárez, G. -Mg. Suchecki, M.

### Síntesis del contenido

Este trabajo describe una acción de vinculación y extensión universitaria. Propone integrar a los/las estudiantes secundarios a la universidad. Surgió para optimizar el desarrollo de un proyecto anterior que buscaba fortalecer la retención, permanencia y rendimiento de los estudiantes en Inglés I (2018/2019). Para ello se ofreció un Curso Preliminar Virtual Autogestionado (CuPAI) a estudiantes que habían abandonado la cursada en años anteriores. Los resultados obtenidos evidenciaron un mejor nivel de retención de esos/as usuarios/as del curso, aunque el impacto no fue el esperado en cuanto al rendimiento académico. Se los indagó sobre las posibles razones, y la mayoría manifestó haber comenzado sus estudios universitarios con un bajo nivel de inglés, lo cual les dificulta finalizar la cursada. La cátedra de inglés en la UNLaM ofrece cuatro niveles que favorecen la construcción de un conocimiento integrado y significativo. Para potenciar esta construcción con la educación secundaria, se generó esta propuesta que articula estrategias y contenidos, concretada en un nuevo Proyecto (2020-2021) cuyo objetivo es ampliar el alcance del curso ofreciéndolo a estudiantes de escuelas secundarias locales para poder evaluar su impacto en potenciales estudiantes de la UNLaM y, además, adaptarlo a las necesidades del estudiantado con algún tipo de discapacidad.

**Palabras clave:** Lengua extranjera inglés, docencia, vinculación, educación secundaria y superior

### Problemática a resolver

#### Fundamentos conceptuales

La escuela secundaria tiene como finalidad preparar a los/las estudiantes para ingresar en instituciones terciarias y/o universitarias o en el mundo del trabajo, sin descuidar su

formación integral como ciudadanos/as. El motivo de la existencia de Inglés como lengua extranjera es, en este nivel, desarrollar el pensamiento crítico del estudiantado. El enfoque que propone el Diseño Curricular para el Ciclo Superior de la secundaria es el de Aprendizaje Integrado de Contenido y Lengua Extranjera (AICLE). La fundamentación, las expectativas de logro y el enfoque metodológico prescripto en este documento fueron el punto de partida del presente proyecto para generar una herramienta didáctico-pedagógica que actúe como agente de vinculación y articulación entre ambos niveles educativos.

La inclusión de la asignatura Inglés Niveles I, II, III y IV como lengua extranjera en el currículo de todas las carreras de grado en la UNLaM y su enseñanza de manera transversal se fundamentan en dos propósitos primordiales: (i) que el/la estudiante aprenda inglés como lengua franca para poder comunicarse con individuos de otras regiones del mundo de manera eficaz; y (ii) que utilice la lengua extranjera (LE) como un instrumento para el acceso directo a fuentes de conocimiento científico, tecnológico y humanístico.

En línea con los postulados del paradigma del modelo social de la discapacidad, y como parte de la oferta académica de todos los programas de estudio, la cátedra de Inglés incluye adaptaciones en los procesos de aprendizaje y de evaluación que constituyen una estrategia didáctica necesaria a fin de garantizar el acompañamiento pedagógico de los/las estudiantes con discapacidades. Debido a que en la UNLaM la matrícula de estudiantes con discapacidades ha crecido de manera significativa, desde la cátedra de Inglés asumimos un mayor compromiso de sensibilización académica y social hacia todo el colectivo. Para ello, el diseño de un currículo flexible que atienda todas las necesidades de los/las estudiantes y la mejora en las herramientas informáticas de apoyo facilitan la adquisición de contenidos, a la vez que contribuyen a la comunicación e interacción en inglés. Esto redundará en una educación universitaria integral y completa durante su trayecto formativo.

Desde su creación hasta el presente, y en búsqueda de una propuesta pedagógica que optimice los resultados, desde la cátedra de Inglés se han generado diferentes acciones para facilitar el trayecto de sus cuatro niveles. Entre ellas se encuentra la revisión constante de los recursos didácticos, la implementación de un sistema de tutorías y la incorporación de un soporte tecnológico para cada nivel. Dentro de este conjunto de acciones de apoyo para la población estudiantil se evidenció que las dificultades en el aprendizaje del inglés pueden explicarse, entre otras causas, en (a) carencias en las competencias lingüísticas previas y (b) las necesidades que presentan los/las estudiantes que tienen algún tipo de discapacidad visual y/o auditiva o algún trastorno disfuncional.

Esta propuesta intentó brindar diferentes herramientas a los estudiantes de educación secundaria de escuelas públicas del Partido de La Matanza y, en particular, a los/las ingresantes a esta Universidad que presentan dificultades con el idioma por razones diversas y llevar a cabo acciones complementarias para construir un espacio que allane el camino hacia la retención y permanencia de los/las estudiantes.

### **Hipótesis de trabajo**

El equipo investigador planteó que la participación de los/las estudiantes de la escuela secundaria superior en un Curso de Articulación Preliminar Virtual Autogestionado de Inglés (CuPAI), antes de cursar Inglés I, fortalece las competencias lingüísticas de tales participantes en la potencial cursada regular de dicha materia.

## **Metodología del trabajo desarrollado**

Este estudio se abordó con un enfoque mixto cuanti-cualitativo de alcance exploratorio-descriptivo que se propuso examinar el impacto de la implementación de las acciones propuestas sobre la retención y permanencia de los/las estudiantes inscriptos en Inglés I. Esta investigación se basó en la recolección de datos a través de encuestas y entrevistas. El diseño de esta investigación corresponde al tipo aplicada: se trabajó con un grupo voluntario conformado por los/las participantes en el “Curso de Articulación Preliminar Virtual Autogestionado de Inglés” que conformó una variable independiente no manipulada para medir las variables dependientes: La retención, la permanencia y el rendimiento en la cursada de Inglés I de los/las estudiantes que previamente hayan completado el curso.

El equipo a cargo de este trabajo estuvo conformado por investigadores/as cuya formación disciplinar permitió organizar la tarea en dos ejes. El primer eje fue el diseño de material didáctico con soporte tecnológico para el aprendizaje autogestionado de inglés con el fin de fortalecer los conocimientos previos de los/las estudiantes. El segundo eje lo constituyó la vinculación con la educación secundaria y su aspecto normativo-pedagógico para generar el espacio de articulación propuesto en este trabajo.

## **Desarrollo y resultados obtenidos**

El primero de los objetivos inicialmente planteados fue el de clasificar los diversos aspectos a fortalecer en cuanto al aprendizaje del inglés en base a encuestas y grillas de observación. Los sujetos de estudio planteados en un principio habrían sido posibles aspirantes al curso de ingreso a la UNLaM. Es por eso que en 2020 se administró una encuesta a 250 docentes de escuelas secundarias de la región de la UNLaM. Los datos recabados permitieron clasificar los diversos aspectos a fortalecer en cuanto al aprendizaje del idioma inglés. Asimismo, se administró una encuesta exploratoria a 455 estudiantes que se encontraban cursando Inglés I en 2019 con el objetivo de conocer sus necesidades en cuanto al aprendizaje del idioma.

En segundo lugar, el equipo investigador se propuso diseñar un curso virtual para fomentar la articulación entre estudiantes de la escuela secundaria superior, potenciales estudiantes de Inglés I. Sin embargo, con la irrupción de la pandemia del COVID-19, las escuelas secundarias se vieron afectadas en su funcionamiento estructural y, por ende, en las posibilidades de vinculación con estos/as alumnos/as desde la Institución. Dada esta situación, se reformularon los objetivos y se cambiaron los sujetos de estudio por aquellos/as estudiantes que cursaron Inglés I durante el segundo cuatrimestre del 2021. Una vez sorteado este obstáculo, se procedió a ampliar y mejorar el curso, agregando archivos de audio y video como así también actividades interactivas realizadas mediante aplicativos como Wordwall, Educaplay y Google Forms.

Por otra parte, para medir el impacto del recurso didáctico en los/las participantes a través de encuestas y actividades pre- y post-intervención, el curso fue alojado en la plataforma MleL de la UNLaM y se invitó a participar voluntariamente a los/las estudiantes de Inglés I que estaban cursando la materia en el segundo cuatrimestre de 2021. Se anotaron 110. Luego, se administró una Encuesta Final para conocer sus percepciones sobre el curso, la cual fue completada por 60 estudiantes. El 83% de los participantes expresó sa-

tisfacción con el curso ya que les ayudó a comprender mejor algunos contenidos básicos, lo cual aumentó su interés por el idioma. Asimismo, la totalidad de los/las encuestados/as consideró que haber hecho este curso le ayudaría a mejorar su rendimiento académico durante la cursada de Inglés I.

Otro de los objetivos consistió en evaluar la efectividad de la propuesta didáctica a partir del seguimiento de los resultados académicos que obtengan los/las participantes de la propuesta. Los/Las estudiantes evaluaron el curso positivamente argumentando que les ayudó a comprender mejor algunos contenidos básicos, lo cual demuestra que aprovecharon este recurso según sus necesidades. Evidentemente, el uso del recurso fue consecuente con su interés y motivación al aceptar participar voluntariamente. Además, destacaron que la corrección automática fue de gran ayuda, así como también la posibilidad de rehacer las respuestas incorrectas. Estas percepciones sugieren que el diseño y complejidad de las evaluaciones han sido relevantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje como un instrumento de retroalimentación.

Cabe agregar que no se pudo conformar el grupo de control, aquel que no participó del CuPAI, por lo que no se realizó la triangulación con los datos obtenidos del grupo experimental, lo cual, podría haber aportado más información para mejorar el curso. Por otra parte, no se tuvo en cuenta a estudiantes que presentan Dificultades Específicas del Aprendizaje (DEA) o Dislexia, lo cual consideramos un aspecto a incluir en un próximo proyecto.

Finalmente, en cuanto a la evidencia empírica para ampliar el campo del conocimiento acerca de la educación basada en el aprendizaje organizacional, el diseño del curso sustentado en los postulados del aprendizaje organizacional evidenció la integración del conocimiento y la experiencia de los/las investigadores/as con las percepciones constructivas de los/las participantes en el mismo, con el fin de generar ideas y propuestas innovadoras de manera colectiva a la vez que se socializaba el conocimiento.

## **Conclusiones**

A partir de los resultados obtenidos se puede concluir que la hipótesis de partida de este trabajo se verificó en parte. La misma sostenía que la participación de los/las estudiantes de la escuela secundaria superior en un Curso de Articulación Preliminar Virtual Autogestionado de Inglés (CuPAI), antes de cursar Inglés I, fortalecería sus competencias lingüísticas en la potencial cursada regular de dicha materia. Como se mencionó anteriormente, debido a la situación inesperada que instaló la pandemia, el curso no se ofreció a los/las estudiantes de la educación secundaria; en su lugar, los/las participantes fueron ingresantes que estaban cursando el primer cuatrimestre de la carrera, dado que esta población de estudiantes sólo puede comenzar a cursar la estructura transversal a partir del segundo cuatrimestre de la carrera. Este contratiempo redujo las posibilidades de vinculación entre ambos niveles de educación y apartó al equipo de la posibilidad de concretar la acción de vinculación. De todos modos, a quienes realizaron el curso se los/las invitó a completar una encuesta de salida para que valoraran su participación en el mismo. Sus respuestas permitieron concluir que tanto el diseño del curso como la manera en la que se implementó virtualmente, contribuyó a incrementar la comprensión de los contenidos

básicos para transitar la cursada de Inglés I con mayor confianza. También, aumentó la motivación por la adquisición de esta lengua extranjera.

De igual modo sucedió con el objetivo principal de generar una propuesta didáctica virtual autogestionada con el propósito de disminuir la deserción de los/las ingresantes del nivel secundario a la cátedra de Inglés en la UNLaM y atender a las necesidades del estudiantado con algún tipo de discapacidad. En cuanto a esto último, si bien fue posible adaptar algunas de las actividades para cubrir las necesidades de un creciente número de estudiantes con algún tipo de discapacidad visual o auditiva, es necesario continuar con el proceso de adecuación del currículo y generar un recurso aún más efectivo. Además, como limitación, observamos que no se tuvo en cuenta a los/as estudiantes que presentan Dificultades Específicas del Aprendizaje (DEA) como la dislexia, lo cual consideramos un aspecto a incluir en un próximo proyecto.

## **Publicaciones y/o transferencias empleadas**

En el transcurso del proyecto se presentaron los siguientes trabajos a congresos y/o jornadas:

Una acción de retención: Curso preliminar virtual autogestionado de inglés (02/10/2020). Autores: Almada, Morena, Saraceni. Evento: XXVI Encuentro Plurilingüístico - I Virtual, Universidad Católica de Cuyo, San Juan.

Pandemia 2020: Descubriendo la educación virtual (02/10/2020). Autores: Morena, Rosas, Saraceni. Evento: XXVI Encuentro Plurilingüístico - I Virtual, Universidad Católica de Cuyo, San Juan.

Competencias Lingüísticas Previas en Inglés: Una Acción de Docencia y Vinculación entre la Educación Secundaria y la Universidad (04/12/2020). Fernández *et al.* Evento: XXVII Semana Nacional de la Ciencia y la Tecnología. IV encuentro del MEP del DIIT. Universidad Nacional de La Matanza, San Justo, Buenos Aires.

Una acción de retención: Curso preliminar virtual autogestionado de inglés (2020). Autores: Almada, Morena, Saraceni. Medio de publicación: Editorial Universitaria UCCUYO.

Pandemia 2020: Descubriendo la educación virtual (2020). Autores: Morena, Rosas, Saraceni. Medio de publicación: Editorial Universitaria UCCUYO.

Retention and performance when learning English at university (04/06/2021). Autores: D'Anunzio, Konicki, Suchecki. Evento: ARTESOL 2021 Virtual Convention, Argentina Teachers of English to Speakers of Other Languages.

Inglés en la Universidad: Estrategia para la mejora del desempeño y la retención (14 al 17/09/2021). Autores: D'Anunzio, Herrera, Konicki, Suchecki, Visciglia. Evento: IX Congreso Nacional de Extensión de REXUNI y las VIII Jornadas de Extensión del Mercosur. Modalidad virtual. Universidad Tecnológica Nacional, Universidade de Passo Fundo, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Competencias Lingüísticas Previas en Inglés: Vinculación entre la Educación Secundaria y la Universidad (29/11 al 03/12/2021). Autores: Saraceni, D'Anunzio, Visciglia, Morena, Fernández, Rosas, Konicki, Herrera, Suárez. Evento: Segundo Congreso Internacional Innovación y Tecnología en la Enseñanza de Idiomas. Modalidad virtual. Departamento de Humanidades de la Universidade Aberta, Portugal.

Enseñanza y Aprendizaje Virtual de Inglés en la Universidad: Percepciones del estudiantado hacia una modalidad postpandemia (2021). Autores: Morena, Rosas, Saraceni. II Congreso Paraguay de Lingüística Aplicada: CONPLA.

## Bibliografía utilizada

- Arnaiz Sánchez, P (1999). Currículum y atención a la diversidad. En M.A.Verdugo Alonso y F.B. Jordán de Urríes Vega (Coord.). Hacia una nueva concepción de la discapacidad. Salamanca: Amarú Ed., pp. 3961.
- Ellis, R. (1985). *Understanding Second Language Acquisition*. Oxford: Oxford University Press.
- Fernández Batanero, J. M. (2004). Necesidades educativas especiales en el contexto universitario español. *Revista de la Educación Superior*, 33 (131), 149-162.
- Ley de Educación Superior N°26.002. Modificación. Boletín Oficial N° 30.563. 5 de enero de 2005.
- Peralta, A. (2007). *Libro Blanco sobre Universidad y Discapacidad*. Madrid: Real Patronato sobre la Discapacidad.
- Pérez Lindo, A. (2007). *Prospectiva de la Educación Superior 2020*. Secretaría de Ciencia y Tecnología, Buenos Aires.
- Plan de Desarrollo Institucional 2006-2010 (2006). Universidad Nacional de La Matanza. Buenos Aires: CaRol-Go.
- Resolución 13259/99. Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires. Diseño Curricular del Profesorado de Tercer Ciclo de la EGB y de la Educación Polimodal en Lengua y Literatura. 7 de diciembre de 1999.
- Varela Navarro, G. (2012). Personalización adaptativa de recursos educativos basados en estilos de aprendizaje. *Revista de innovación educativa Apertura*. Vol. 4, Núm. 2. Recuperado de: <http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura/article/view/321/287>. Fecha: 20/10/19.

# DISPOSITIVO MÓVIL COMO RECURSO DIDÁCTICO EN LA ENSEÑANZA DE ANÁLISIS MATEMÁTICO (C212)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

**Director:** Adriana Favieri

**e-mail:** afavieri@unlam.edu.ar

**Co-Director:** Betina Williner

**e-mail:** bwilliner@unlam.edu.ar

**Integrantes:**

**Investigadores:** Roxana Scorzo, Norma Sartor y Claudia Algieri

### Síntesis del contenido: tema, objetivos

Trabajamos hace una década en investigaciones en Educación Matemática enmarcadas en recursos didácticos con y sin uso de tecnología en computadora y habilidades matemáticas. Los resultados de una encuesta a los alumnos de la investigación anterior a ésta y ciertas limitaciones que tenemos en la Universidad para usar computadora en el aula nos condujeron a replantear el tipo de soporte del recurso didáctico. De allí la necesidad de estudiar marcos teóricos vinculados al uso de la telefonía celular en la enseñanza y aprendizaje de matemática, las características de la aplicación GeoGebra y el diseño e implementación de un recurso didáctico usando la aplicación para dispositivos móviles GeoGebra, destinado a mejorar los niveles de desempeño de la habilidad matemática *Aplicar el concepto de derivada en la solución de problemas*.

**Palabras clave:** recursos didácticos - telefonía celular - matemática

### Problemática a resolver

En esta investigación nos propusimos como objetivo general desarrollar un recurso didáctico usando la aplicación para dispositivos móviles GeoGebra, destinado a mejorar los niveles de desempeño de la habilidad matemática *Aplicar el concepto de derivada en la solución de problemas*. El buen desempeño de esta habilidad por parte de los alumnos es de suma importancia en la asignatura Análisis Matemático I, ya que este concepto es uno de los pilares de ésta.

### Metodología del trabajo desarrollado

Se trató de una investigación exploratoria y de tipo predictiva. Estudiamos los niveles de desempeño iniciales de la habilidad matemática *Aplicar el concepto de derivada en la solución de problemas*, diseñamos un recurso didáctico usando la aplicación para dispositivos móviles GeoGebra y al finalizar volvimos a medir los niveles de desempeño de la habilidad mencionada.

## Desarrollo y resultados obtenidos

Cumplimos con todos los objetivos específicos planteados, ajustando el test diseñado en el proyecto anterior (C180), compuesto por tres tareas sobre el concepto de derivada que incluyen la interpretación geométrica, la interpretación física y la aplicación a otros contextos. Lo empleamos en cuatro cursos de la cátedra. Los alumnos trabajaron en equipos de dos personas. Obtuvimos un total de 128 respuestas. Aproximadamente el 95% de los alumnos reconoció a la velocidad como la derivada de la función posición en un instante dado. En el caso del modelo geométrico, solo un 35% de los estudiantes respondió correctamente al asociar la recta tangente a una curva en un punto de la misma con el concepto de derivada. En el último contexto (volumen de un gas a determinada presión y temperatura constante), el 58% de los equipos identificó de manera adecuada la aplicación de la derivada a la razón de cambio instantánea. Esta fue la base para trabajar en los cuatrimestres siguientes.

Pudimos analizar las diversas aplicaciones de GeoGebra, sus comandos y utilidades y diseñar el recurso en concordancia con la aplicación y sus actualizaciones. Lo utilizamos en el primer cuatrimestre 2019 cuando realizamos la experiencia.

A la finalización aplicamos el mismo test inicial. En esta oportunidad contestaron 244 equipos (formados por dos alumnos) pertenecientes a seis comisiones. Comparando los resultados principales obtuvimos que aproximadamente el 95% reconoció a la velocidad como la derivada de la función posición en un instante dado. En el caso del modelo geométrico un 59% de los estudiantes respondió correctamente al asociar la recta tangente a una curva en un punto de la misma con el concepto de derivada. En el último contexto (volumen de un gas a determinada presión y temperatura constante), el 75% de los equipos respondió correctamente sobre la aplicación de la derivada a la razón de cambio instantánea. Para ver los resultados en forma más detallada dirigirse al Anexo E.

## Conclusiones

Al comparar los resultados de los dos test podemos decir que:

- En el contexto físico interpretando la velocidad como la derivada de la función en un punto, el nivel de buen desempeño en las dos pruebas fue similar (95%) y muy alto. Podemos entonces afirmar que este es un contexto adecuado para introducir el concepto ya que los alumnos logran relacionar la velocidad de un cuerpo con la derivada de la función posición.
- En el contexto geométrico el aumento del porcentaje de buen desempeño fue considerable: pasó de un 35% a un 59%. Esto nos alienta a pensar que el recurso didáctico diseñado dio sus frutos. Pensamos que al trabajar los alumnos con el concepto de recta secante y pendiente y luego pasar a la recta tangente usando un deslizador produjo una visualización (entendiendo ésta como la comprensión a través de imágenes) de la interpretación geométrica de la derivada.
- En el contexto del volumen de un gas conociendo su presión el buen desempeño pasó de un 58% a un 75%. En la actividad 2 se relacionan en varios registros y de diferentes maneras la razón de cambio media con la instantánea. Esto con el

hecho de hacer hincapié en los cocientes de incrementos con sus unidades pensamos que influyó positivamente en la mejora del desempeño de la habilidad.

Los resultados obtenidos nos permiten decir que el recurso didáctico diseñado ha resultado efectivo, mejoraron ostensiblemente los niveles de desempeño de la habilidad *Aplicar el concepto de derivada en la solución de problemas*. Hemos podido optimizar el uso de la aplicación de celular en el aula ya que el recurso didáctico exige una participación activa del alumno, debe interactuar con GeoGebra, interpretar las respuestas obtenidas y vincular con los conceptos que intervienen. Esto nos impulsa a seguir indagando sobre el diseño de actividades y/o recursos didácticos con uso de la aplicación GeoGebra que favorezcan la participación del alumno, la comprensión de conceptos y la mejora del rendimiento académico.

## **Publicaciones y/o transferencias empleadas**

### *Publicaciones en revistas:*

- Roxana Scorzo, Adriana Favieri y Betina Williner (2018). Desarrollo de un espacio de enseñanza aprendizaje para realizar actividades con uso de software en una cátedra numerosa. Revista: Iberoamericana De Tecnología En Educación Y Educación En Tecnología,
- Betina Williner (2018). Situación de aprendizaje sobre conceptos involucrados en el estudio de funciones. Revista: Números. Revista de Didáctica de la Matemática
- Adriana Favieri (2018). Regiones en el plano complejo, software Mathematica y habilidades matemáticas y digitales. Revista Digital Docentes Conectados
- Betina Williner, Roxana Scorzo y Adriana Favieri (2019). Parametizando curvas mediante un hipermedio: una experiencia de cátedra. Revista digital Matemática, Educación e Internet
- Adriana Favieri, Roxana Scorzo y Betina Williner (2019). Evaluando el aprendizaje del concepto de derivada en alumnos de ingeniería de la Universidad Nacional de La Matanza. Revista Digital del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.
- Roxana Scorzo y Adriana Favieri (2019). Test sobre imágenes mentales y conceptuales con uso de software sobre asíntotas de funciones. Números. Revista de Didáctica de las Matemáticas
- Betina Williner, Adriana Engler y Andrea Lavalle (2019). La comprensión a través de las concepciones proceso-objeto. Un estudio sobre los conceptos que intervienen en la resolución de problemas de optimización. Revista: BOLEMA
- Marta Caligaris, Georgina Rodríguez, Adriana Favieri y Laura Laugero (2019). Desarrollo de habilidades matemáticas durante la resolución numérica de problemas de valor inicial usando recursos tecnológicos. Revista: Educación en Ingeniería Asociación

### *Capítulos de libros*

- Adriana Favieri, Roxana Scorzo, Betina Williner (2019) Plataforma Wolfram Mathematica en Análisis Matemático 1. En Las plataformas virtuales en la educación superior, editado por Mónica Giuliano, Silvia Pérez, Marcela Falsetti
- Roxana Scorzo, Gabriela Ocampo (2019) Plataforma GeoGebra Dinamic para aspirantes a ingresar en la UNLaM. En Las plataformas virtuales en la educación superior, editado por Mónica Giuliano, Silvia Pérez, Marcela Falsetti

### *Trabajos presentados a congresos y/o seminarios*

Williner, Betina; Scorzo Roxana y Favieri Adriana (2018). Habilidades matemáticas en torno al concepto de derivada: resultados de una investigación. EMCI XXII encuentro Nacional y XIII Internacional de Educación Matemática para Carreras de Ingeniería

- Williner, Betina; Scorzo Roxana (2018). Propuesta de evaluación continua en Análisis Matemático I en la Universidad Tecnológica Nacional. EMCI XXII encuentro Nacional y XIII Internacional de Educación Matemática para Carreras de Ingeniería
- Favieri Adriana (2018). Habilidades matemáticas en tareas de composición de funciones EMCI XXII encuentro Nacional y XIII Internacional de Educación Matemática para Carreras de Ingeniería
- Fernández, Teresa; Favieri, Adriana; Williner, Betina (2018). Secuencia de aprendizaje integrado. Habilidades metacognitivas en la formación básica en ingeniería. XIII CAREM – Décimotercer Congreso Argentino de Educación Matemática
- Patricia Cavatorta - Adriana Favieri - Bibiana Iaffei (2018). Análisis de una consigna para la enseñanza de límite puntual de funciones reales de variable real. XIII CAREM – Décimotercer Congreso Argentino de Educación Matemática
- Betina Williner (2018). Actividades de exploración y descubrimiento: un camino hacia la construcción de conceptos. XIII CAREM – Décimotercer Congreso Argentino de Educación Matemática
- Favieri Adriana, Roxana Scorzo y Betina Williner (2018) Plataforma Wolfram Mathematica en Análisis Matemático I -. JoPled
- Scorzo Roxana y Ocampo Gabriela (2018) Plataforma GeoGebra Dynamic Mathematics para aspirantes a ingresar en la UNLaM. JoPled
- Scorzo, Roxana; Williner, Betina; y Favieri Adriana (2018). Actividades para construir el concepto de derivadas usando diferentes Registros de Representación. XIII Congreso Argentino de Educación Matemática (CAREM)
- Favieri, A., Williner, B. y Scorzo, R. (2019). Taller: GeoGebra, aplicación para clases de matemática. Taller que forma parte de las actividades de difusión del Proyecto de Investigación C212 – Dispositivo Móvil como Recurso Didáctico en la Enseñanza de Análisis Matemático.
- Favieri, A. Algieri, C. y Sartor, N. (2019) Taller: Uso aplicación GeoGebra para las clases de matemática. Congreso Entramar - Tecnología Educativa Digital

## **Bibliografía utilizada**

- Bravino, L.; Margaria, O. (2014). Dispositivos móviles: una experiencia en el aula de Matemática Financiera. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación.
- Brazuelo Grund, F. y Cacheiro González, M. (2010). Diseño de páginas web educativas para teléfonos móviles. Edutec. Revista electrónica de tecnología educativa, 32.
- Camarena, P. (2014). Un modelo para el diseño de material computacional interactivo. Revista Iberoamericana de Informática Educativa 19, 3-16.
- Dillon, A. (24 de 09 de 2016). El celular en la escuela: testimonios de docentes. Clarín Sociedad. Obtenido de [https://www.clarin.com/sociedad/celular-escuela-testimonios-docentes\\_0\\_BkapEVQa.html](https://www.clarin.com/sociedad/celular-escuela-testimonios-docentes_0_BkapEVQa.html)
- Ferreya-Olvera, R. y Pantoja-González, R. (2016). Ferreya-Olvera, R. y Pantoja-González, R. Cálculo aproximado del volumen de una sandía y un recipiente cómo sólidos de revolución en el itcg con apoyo de tracker y GeoGebra. Revista electrónica AMUTEM, 4(1). Obtenido de <https://revista.amiutem.edu.mx/relecamiutem/article/view/74>
- GeoGebra. (2015-2018). ¿Qué es GeoGebra? Obtenido de GeoGebra: <https://www.geogebra.org/about>
- GeoGebra. (2018). Descargar Aplicaciones GeoGebra. Obtenido de GeoGebra: <https://www.geogebra.org/download>
- Laguado, A. (2017a). ¿Qué es el Mobile Learning? Obtenido de <http://cor.to/LQjx>
- Laguado, A. (2017b). Aprendizaje Mixto (Blended Learning) y el Proceso de Aprendizaje. Obtenido de <http://cor.to/LQjC>

# GAMIFICACIÓN PARA LA EVALUACIÓN CONTINUA (C2-062-ING)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

<b>Director:</b> Bellani Marcela	<b>e-mail:</b> mbellani@unlam.edu.ar
<b>Co-Director:</b> Mazzi, María Liliana	<b>e-mail:</b> mmazzi@unlam.edu.ar
<b>Integrantes: Investigadores</b>	
Conrado, Héctor	
Lobatto, Elías Ezequiel	
Luchetti, Sandra	
Staple, Christian Leonardo	

### Síntesis del contenido

Uno de los problemas que debemos afrontar al comenzar un curso de matemática del primer año de las carreras de ingeniería es la falta de motivación de los estudiantes por aprender sus contenidos. Una de las razones es que “aparentemente” quedan muy distantes de la práctica profesional del futuro ingeniero/a.

Matemática Discreta no está exenta de esta problemática, máxime si el curso está formado por estudiantes de las distintas especialidades de la ingeniería.

Un recurso para mejorar la motivación y los procesos de enseñanza y de aprendizaje es la gamificación. Tendencia educativa en expansión que consiste en hacer del aprendizaje una tarea atractiva por medio del juego.

Por otro lado, el uso masivo de dispositivos móviles y las tecnologías de la información y comunicación, ofrecen variadas herramientas para su implementación tanto dentro como fuera del aula.

En este contexto, este proyecto propone introducir elementos de gamificación a partir del diseño, elaboración e implementación de actividades semanales utilizando distintos recursos digitales para dispositivos móviles que puedan ser incluidos en el entorno de enseñanza y de aprendizaje desarrollado por la cátedra. De esta manera pretendemos fortalecer la evaluación continua promoviendo que los estudiantes adopten un comportamiento activo en su aprendizaje.

**Palabras clave:** aprendizaje móvil, motivación, gamificación, evaluación continua

### Problemática a resolver

Matemática Discreta (MD) es una asignatura del primer año de las carreras de Ingeniería común a todas las especialidades orientada a proporcionar al alumno/a conceptos básicos acerca de temas tan variados como Teoría de Números, Relaciones, Combinatoria, Estructuras Algebraicas y Teoría de Grafos.

Si bien la MD es la que proporciona los contenidos matemáticos necesarios para la comprensión, aplicación y resolución de problemas vinculados con las Ciencias de la Computación y la informática, debido a las diferentes especialidades de los/as estudiantes, sus contenidos quedan aparentemente muy distantes de la práctica profesional del futuro/a ingeniero/a. Por lo que, mejorar la motivación de los/as estudiantes es un aspecto que necesitamos trabajar para que logren integrar los contenidos académicos-cognitivos y desarrollen competencias genéricas que favorezcan su desempeño en la asignatura como así también en todas las asignaturas de la carrera.

La gamificación es un recurso, en el ámbito educativo, para mejorar la motivación y los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

En palabras de Kapp, 2012, “es un enfoque serio para motivar la acción, promover el aprendizaje y resolver problemas. Permite mantener el interés, la motivación y concentración de los estudiantes a partir de la propuesta de actividades que pueden o no utilizar recursos tecnológicos propiciando la participación activa; la comunicación y la constancia en el proceso de aprendizaje”.

Al realizar actividades basadas en juegos se pueden impulsar cambios de hábito tanto en los estudiantes como en los/as docentes, especialmente, este cambio puede hacer que el estudiante pase a tener un papel más activo en el proceso de enseñanza-aprendizaje y no un simple receptor de conocimiento (Cortizo, 2011).

Paralelamente, el papel que juegan las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) es muy importante ya que proveen las herramientas necesarias para potenciar los procesos de enseñanza y de aprendizaje ofreciendo una infinidad de nuevas posibilidades para mejorar la práctica docente. El uso masivo de dispositivos móviles y las TICs, flexibilizan el tiempo y el espacio en el que se desarrolla la acción educativa e incorporan nuevos elementos (imágenes, videos y audio) que mejoran considerablemente la forma de presentar la información.

Asimismo, el panel de expertos implicado 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” (2017:17). Además, permiten a los estudiantes poner en práctica competencias necesarias para el desenvolvimiento en el siglo XXI tales como la comunicación, el aprendizaje autónomo, la colaboración o la creación de contenido, como así también facilita las posibilidades de interacción docente-estudiante. Pueden servir de refuerzo efectivo del aprendizaje, al poder disponer de él cuando y donde se necesita. Ser apoyo del resto de modalidades de aprendizaje, ampliando la oferta formativa y su tipología. Lo importante no es innovar con el móvil, sino en el proceso de enseñanza y de aprendizaje en sí mismos.

En suma, las TICs posibilitan la creación de entornos adecuados donde el aprendizaje de los estudiantes es potencialmente significativo y en sintonía con la sociedad actual (Millán, 2017).

En otro orden de cosas, la evaluación no puede limitarse solo a evaluar los aprendizajes, sino que, por el contrario, debe integrar elementos relacionados con el desarrollo de competencias genéricas. Sobre esto, la evaluación continua, nos plantea un cambio de

paradigma respecto a la evaluación, ya que dejará de ser solo de aprendizajes de contenidos, sino también de habilidades y competencias.

Para llevar a cabo lo expuesto anteriormente se plantearán pequeñas actividades de aprendizaje semanales (AxC) en el entorno de enseñanza y de aprendizaje para dispositivos móviles desarrollado por la cátedra en años anteriores. Otorgando cierta cantidad de “puntos de juego” por entregarlas y, eventualmente, una cantidad adicional de puntos algo menor si además son realizadas correctamente. Estas AxC, de un esfuerzo estimado máximo de una hora semanal que complementan a la clase teórica, obligan al alumno/a a reflexionar y trabajar sobre la teoría ya explicada. En las AxC se incorporarán, elementos de gamificación utilizables en dispositivos móviles para evaluar el proceso de aprendizaje de los/as estudiantes estableciendo un vínculo directo entre la actividad desarrollada y el proceso de aprendizaje. Una de las particularidades interesantes de este mecanismo de gamificación, es lograr que una parte muy importante de los/as estudiantes realicen las AxC y se sientan motivados y empujados a seguir el ritmo de la clase. Este sistema de evaluación continua implica un seguimiento personalizado del proceso de aprendizaje de cada estudiante. Y se combinará con otros sistemas de evaluación como la autoevaluación cooperando en el proceso de aprendizaje.

## **Metodología del trabajo desarrollado**

Esta investigación tiene como punto de partida el proyecto “El m-learning como estrategia central del aprendizaje colaborativo” que la cátedra de MD desarrolló durante el periodo 2017-19 y, en el cual, se trabajó en el diseño de un proyecto formativo basado en el aprendizaje móvil; elaborando objetos de aprendizaje (OA), correspondientes a cada uno de los temas de la asignatura con el fin de incentivar el autoaprendizaje, posibilitar el acceso remoto a la información (en línea), desarrollar el análisis y la reflexión y, además, proponer mecanismos para la aclaración de dudas.

Cabe aclarar que el Entorno Virtual de Enseñanza y de Aprendizaje (EVEA) desarrollado cuenta con Actividades de aprendizaje por Clase individuales para cada una de las clases presenciales (AxC) no obligatorias y para ser realizadas fuera del aula; Actividades de aprendizaje grupales en Clase obligatorias para hacer durante la clase presencial (AC) junto con el /la docente; contenido textual y/o multimedial y Actividades de Autoevaluación (AV) de cada uno de los temas del programa de la asignatura.

En el siguiente gráfico se muestra la pantalla inicial del EVEA.



Graf.1” Interfase inicial del EVEA”

Se planificó realizar un estudio comparativo entre el EVEA sin elementos de gamificación y el EVEA con elementos de gamificación con el fin de evaluar el impacto de ellos sobre los procesos de enseñanza y de aprendizaje de MD.

Para llevarlo a cabo, en primer lugar, durante 2019 se implementó y evaluó el EVEA sin la inclusión de elementos de gamificación. De esta manera se obtuvieron resultados respecto al uso, seguimiento y rendimiento académico de los/as estudiantes en un EVEA para dispositivos móviles sin elementos de gamificación.

Y, en segundo lugar, durante el 2020 se realizaría el agregado de elementos de gamificación en las AxC. Sin embargo, la pandemia nos planteó una modalidad de trabajo diferente a la que habíamos planificado para la implementación del EVEA. Nos obligó a cambiar la presencialidad por la educación en línea. Con poco tiempo los docentes tuvimos que repensar nuestra práctica presencial y adecuarla a la virtualidad. Pero siempre teniendo en cuenta que no se trata de replicar el aula presencial en el aula virtual. Abandonar la idea de dar la clase y poner en el centro de la escena la “participación activa” de nuestros estudiantes.

Lo cual generó que se desestimará la utilización de elementos de gamificación en el EVEA ya que este nos serviría para hacer un seguimiento individual del trabajo realizado o no de los /as alumnos/as durante la cursada virtual de MD a la que nos vimos obligados a realizar durante los dos cuatrimestres del 2020.

## Desarrollo y resultados obtenidos

El análisis del EVEA sin elementos de gamificación se desarrolló desde el punto de vista de la función pedagógica. Para lo cual, se recabó la opinión de los estudiantes. Se incorporó en la plataforma virtual una encuesta no obligatoria al finalizar cada cuatrimestre del 2019 para que los estudiantes respondieran cuestiones relacionadas con el entorno virtual. La misma fue respondida por 114 estudiantes de un total de 700 alumnos/as.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

El 89,5% de los/as alumnos/as que respondieron la encuesta utilizaron el EVEA, el 30 % lo utilizó para consultar todas las unidades del programa de la materia, el 8,8% solo lo

utilizó para realizar las actividades propuestas y el 71,1 % considera que los videos incluidos en el EVEA clarifican los contenidos teóricos.

Con respecto a las actividades de aprendizaje AC; AxC y las AV el 46.5% consideró que ayudaban a entender los temas, el 28,9 % consideró que ayudaban a entender los temas y aprobar la materia y el 12,3% consideró que no eran útiles.

Como ya se explicó anteriormente debido a la pandemia durante el 2020 el EVEA se utilizó para el seguimiento de los estudiantes otorgando un “puntaje extra” en la calificación final obtenida solo en el caso de tener las **Actividades Completas**. Para considerar cumplido este ítem se empleó el siguiente criterio:

- AC: haber realizado por lo menos 3 (inclusive) de las 4 disponibles
- AxC: haber realizado por lo menos 7 (inclusive) de las 9 disponibles
- AV: haber realizado por lo menos 10 (inclusive) de las 14 disponibles.

En caso de cumplimentar los requisitos de Actividades Completas se calculó el Rendimiento en Actividades para obtener el “puntaje extra”. Cada tipo de actividad otorgó 0,5 puntos extras, y tuvo un criterio de cumplimentación y métrica distinto.

- **AC:** Si el promedio era mayor o igual a 4, otorgó el puntaje extra.
- **AxC:** Si el promedio de sus calificaciones era superior al 70% (0.7) del promedio general de estas Actividades, se otorgó el puntaje extra.
- **AV:** Idem a **AxC**

Cabe aclarar que el puntaje extra otorgado solo se utilizó a modo informativo para que los/as docentes de los cursos de MD conocieran el trabajo hecho por cada uno de sus alumnos/as durante la cursada de la materia. Y se lo tuvo en cuenta a la hora de definir la condición final (materia promocionada o materia cursada con la posibilidad de hacer la evaluación de validación de los aprendizajes) de cada uno de ellos.

A modo ilustrativo en el gráfico 2 se muestra una planilla Excel con los resultados obtenidos para algunos alumnos/as del curso de los jueves noche.

DNI	Apellido y nombre	TURN	AE1	AE2	AE3	AC	AC(2)	AxC	AxC(9)	AV	AV(14)	Condic	NotaPr
40674256	NOLASCO FEDERICO SERGIO	JuNo	6	4	5	0	0	0,24	2	0	0	AUSENTE	AUSENTE
42776489	NÚÑEZ, MAURO FRANCISCO	JuNo	A	A	A	0	0	0	0	0	0	AUSENTE	AUSENTE
43036409	ONDARZA, SANTINO	JuNo	A	A	A	0	0	0,3	3	0	0	AUSENTE	AUSENTE
40914955	ORTUÑO LOPEZ, CLAUDIA MABEL	JuNo	3	A	A	0	0	0,21	2	0	0	AUSENTE	AUSENTE
41332496	OVIEDO, NICOLAS ALEJANDRO	JuNo	3	A	A	0	0	0,58	4	0,6	8	AUSENTE	AUSENTE
35075625	PACHECO, JONATHAN	JuNo	5	7	5	4	1	0,46	5	0,23	3	FINAL	5,67
42536210	PAEZ SALINAS, DANTE NICOLAS	JuNo	A	A	A	0	0	0,24	2	0,22	3	AUSENTE	AUSENTE
41332483	PARRA, MICHEL AGUSTIN	JuNo	6	7	9	0	0	0,8	8	0,67	9	VALIDAC	7,33
42775248	PEZZANO, LUCAS GABRIÉL	JuNo	9	9	5	1,5	1	0,43	3	0,13	2	VALIDAC	7,67
43988577	PIÑAN, JUAN MARTIN	JuNo	A	A	A	0	0	0,24	3	0	0	AUSENTE	AUSENTE
43082768	POLIGNANO, GONZALO FABIAN	JuNo	10	9	10	3	1	1,29	9	0,78	9	VALIDAC	9,67
41427472	PONTORIERO LUCIANO	JuNo	10	8	10	0	0	0,86	8	0,63	9	VALIDAC	9,33
94266839	QUENTA SILLERO, JHONNY	JuNo	A	A	A	0	0	0,11	1	0,2	2	AUSENTE	AUSENTE
41223235	RAMIREZ, MATIAS ISMAEL	JuNo	6	8	5	7	2	0,64	8	0,88	13	PROMOC	7,33
38143128	RAMOS ERIKA MARIEL	JuNo	7	7	8	5	1	0,86	8	0,59	8	VALIDAC	7,33
39830930	REIXACH, ELIANA SOLANGE	JuNo	A	A	A	0	0	0,11	1	0	0	AUSENTE	AUSENTE
41631510	RETTA LEONE, NICOLÁS ALFREDO	JuNo	A	A	A	0	0	0	0	0	0	AUSENTE	AUSENTE

Gráf.2 “Resultados finales de las actividades del EVEA”

## Conclusiones

Por un lado, concluimos que el EVEA desarrollado proporciona una herramienta específica para la enseñanza y el aprendizaje de la MD mediante la cual podemos fomentar el trabajo autónomo y la participación activa de los/as estudiantes en su aprendizaje a partir de la realización de una serie de actividades de aprendizaje.

Los resultados de la encuesta a los/as estudiantes nos dan una valoración positiva del EVEA como facilitador del aprendizaje. Y, además, como el recurso didáctico más utilizado por ellos/as.

Por otro lado, concluimos que, si bien no se pudo incluir los elementos de gamificación en las AxC, durante el 2020 el EVEA empujó a una gran cantidad de alumnos/as a seguir el ritmo de las clases virtuales. Esto permitió que lograrán cursar exitosamente la materia.

## Publicaciones y/o transferencias empleadas:

Durante el 2021 se realizarán, fundamentalmente, presentaciones en Congresos para visibilizar y reflexionar sobre el uso del EVEA en la cursada virtual de MD.

## Bibliografía utilizada

- Contreras Espinosa, R. y Eguia J.L. (2016). Gamificación en aulas Universitarias. Bellaterra: Institut de la Comunicació, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España.
- Delgado García, A. y Oliver Cuello, R. (2009). Interacción entre la evaluación continua y la autoevaluación formativa: La potenciación del aprendizaje autónomo. Red-U.
- Deterding, S. Khaled, R. Nacke, Le. Dixon, D. (2011). Gamification: Towards a Definition. Vancouver.
- Filz-Walter, Z., Tjondronegoro, D., Wyeth, P. (2012). A gamified mobile application for engaging new students at university orientation. Proceedings of the 24th Australian Computer–Human Interaction conference, ACM, Melbourne, Australia.
- Herrera, Francisco. (2014). Para saber más sobre gamificación del aprendizaje. Disponible en: <http://franherrera.com/para-saber-mas-sobre-gamificacion-del-aprendizaje>
- Kapp, K.M. (2012). The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education. San Francisco: Pfeiffer.
- Millán, M (2017). La gamificación en la evaluación continua de los procesos de enseñanza-aprendizaje en la educación superior. Una aportación basada en la evidencia en el ámbito de las Ciencias Sociales. En Ruiz-Palmero, J., Sánchez Rodríguez, J. y Sánchez-Rivas, E. (Edit.). Innovación docente y uso de las TIC en educación. Málaga: UMA Editorial.
- Oliva, H. A. (2017). La gamificación como estrategia metodológica en el contexto educativo universitario. Realidad y Reflexión.
- Resumen INFORME HORIZON (2017). Educación Superior. INTEF. Disponible en: [http://educalab.es/documents/10180/38496/Resumen\\_Informe\\_Horizon\\_2017/44457ade-3316-418e-9ff9fd5e86fc6707](http://educalab.es/documents/10180/38496/Resumen_Informe_Horizon_2017/44457ade-3316-418e-9ff9fd5e86fc6707)
- Romero, M. y Pérez Ferra, M. (2009). Cómo motivar a aprender en la universidad: una estrategia fundamental contra el fracaso académico en los nuevos modelos Educativos. Revista Iberoamericana de Educación, Vol. 51.

# RECURSOS DIDÁCTICOS CON TECNOLOGÍA EN MATEMÁTICA Y RENDIMIENTO ACADÉMICO (C229)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

**Director:** Mg. Adriana Favieri

**e-mail:** afavieri@unlam.edu.ar

**Co-Director:** Dra. Betina Williner

**e-mail:** bwilliner@unlam.edu.ar

**Integrantes:**

**Investigadores:** Mg. Lic. Roxana Scorzo, Lic. Claudia Algieri, Lic. Norma Sartor, Lic. Fabián Polo, Esp. Gabriela Ocampo, Prof. Univ. Carina Hamilton, Dra. Marcela Reale, Lic. Cristina Pérez Villamil, Ing. Romina Romano

### Síntesis del contenido

Este proyecto está enmarcado en la enseñanza y aprendizaje de la matemática con incorporación de tecnología en carreras de ingeniería. El contexto involucrado comprende Matemática y Geometría del curso de ingreso y la cátedra de Análisis Matemático I del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT) de la UNLaM. La problemática estudiada es la utilización de los llamados “Recursos Didácticos con Tecnología” (RDT), que incluyen actividades con la App de GeoGebra (GG) y videos tutoriales. El objetivo general será describir el rendimiento académico que logran los alumnos cuando usan RDT en la materia Matemática y Geometría del curso de ingreso y Análisis Matemático I en la carrera de ingeniería. Se informan las acciones realizadas, los logros y algunas reflexiones finales.

**Palabras clave:** Recursos Didácticos con Tecnología, GeoGebra, Videos Tutoriales

### Problemática a resolver

El proyecto aborda la problemática vinculada a la incorporación de distintos recursos didácticos con tecnología (RDT) en las materias Matemática y Geometría del curso de ingreso a las carreras de ingeniería y la asignatura Análisis Matemático I de dicha carrera de la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM). Definimos Recurso Didáctico con tecnología (RDT) a los videos que se encuentran en la plataforma MIEL y a las actividades realizadas con GeoGebra. El objetivo general es describir el rendimiento académico de los alumnos cuando trabajan con actividades realizadas con RDT.

### Metodología del trabajo desarrollado

Acorde al contexto de pandemia, modificamos algunas acciones. En el primer año del proyecto nos concentramos en el diseño, desarrollo y organización de RDT categoría

videos y modificamos algunos objetivos específicos. Durante el segundo año nos enfocamos en el diseño e implementación de actividades de clase con uso de RDT.

## Desarrollo y resultados obtenidos

Dividimos esta sección en tres partes: RDT elaborados en el transcurso del proyecto, resultados de la implementación de los RDT y resultados sobre una encuesta sobre uso de GG.

### 1. RDT elaborados en el transcurso del proyecto: estos fueron:

- **Videos tutoriales:** diseñamos una serie de videos que cubren los temarios completos de la asignatura Análisis Matemático I de las carreras de ingeniería y de las materias Geometría y Matemática del ingreso. Con el fin que los alumnos pudieran acceder a ellos de manera ordenada, los organizamos en la plataforma MIEL (Materias Interactivas en Línea) <https://miel.unlam.edu.ar/m> de manera ordenada, acorde al desarrollo de las clases, por unidades en Análisis Matemático I y por clases en las materias Geometría y Matemática del ingreso. Contamos con una amplia variedad de RDT en formato video y algunos de ellos incluyen el uso de GeoGebra.
- **RDT Video de asíntotas en la aplicación Edpuzzle:** diseñamos una actividad interactiva a través de un video sobre asíntotas de una función con preguntas “sincrónicas” para potenciar la interacción entre el alumno y el recurso. El objetivo fue que el alumno vaya respondiendo paulatinamente sobre lo visto en el video y que pueda dar cuenta por sí mismo si comprendía o no el contenido brindado. La implementamos en una de las comisiones de la noche del primer cuatrimestre que contaba con 51 alumnos. Participaron de la actividad 27 alumnos, de los cuales, el 33% completó satisfactoriamente las preguntas.
- **RDT videos para el dictado de clases:** antes o después de las clases utilizamos videos para que el alumno los viera y recuperamos dichas visualizaciones a través de diferentes estrategias. Entre ellas, resolver algunos problemas, escribir las respuestas en un formulario de Google Drive y explicar la resolución que les permitió llegar a la respuesta; responder encuestas en una página Web que genera una nube de palabras, destacando las de mayor frecuencia o compartir sus producciones en muros virtuales en la Web.
- **Secuencia didáctica con GG sobre estudio de funciones:** diseñamos una secuencia didáctica con uso de la App GeoGebra que tuvo por finalidad que los alumnos elaboren conjeturas respecto de la relación entre el signo de la derivada primera y la monotonía de una función, para luego, poder establecer formalmente dicha relación, asistidos por el docente. En dicha secuencia didáctica se alternan momentos de trabajo con GG por parte de los alumnos, espacios de interacción verbal entre alumnos y docente, e instancias de síntesis de lo realizado por parte del profesor. Los alumnos participantes en la clase han podido cumplir el objetivo de la secuencia didáctica.

- **Trabajo grupal con GeoGebra sobre función por intervalos y función inversa:** elaboramos una actividad cuyo objetivo era que los alumnos resolvieran un ejercicio integrador de funciones con uso de la App GeoGebra. Estaba pensada para ser resuelta de manera grupal de hasta cuatro alumnos y la llevamos a cabo en tres comisiones de la asignatura. Se presentaron 21 trabajos y para su corrección elaboramos una rúbrica. Los resultados obtenidos indican que los alumnos hacen un uso básico de la App y se observaron dificultades en la obtención de la función inversa de una función por intervalos.
- **Applet de GeoGebra sobre continuidad:** diseñamos un applet con el objetivo de repasar el concepto de continuidad de una función en un punto desde lo visual y desde lo analítico, experimentar con diferentes funciones, predecir resultados y luego reflexionar sobre la relación entre estos dos registros. La actividad estaba formada por varias tareas con uso de parámetros y deslizadores. El conflicto visual se producía en una de ellas donde la función “parecía” continua en un punto y no lo era. La implementamos en dos cursos del turno mañana. El resultado principal fue que la mayoría de los estudiantes no pudo explicar por qué el software mostraba “algo distinto” al desarrollo analítico.

## 2. Resultados de la implementación de los RDT:

Respecto a los resultados obtenidos en cuanto a la implementación de dichos recursos, podemos decir que los videos tutoriales resultaron ser los materiales más valorados por los alumnos. Asimismo, ponderaron positivamente las explicaciones con GG que realiza el docente durante las clases. El rendimiento académico de los alumnos fue positivo, tanto en Análisis Matemático I, como en Matemática y Geometría del curso de ingreso y estuvieron muy motivados al utilizar estos recursos.

## 3. Resultados sobre una encuesta sobre uso de GG:

realizamos una encuesta a través de un cuestionario Google, con el fin de conocer la apreciación de los alumnos en cuanto a la efectividad de los RDT con GG. Los resultados arrojan que la mayoría de los alumnos usa GG desde la web y cuando está haciendo ejercicios. Los alumnos no usan el software como calculadora, pero sí para graficar y analizar distintas posibilidades en los ejercicios. La mayoría percibe que no conoce todos los comandos o que no tiene un uso flexible del mismo. En cuanto al aprendizaje destacamos que la mayoría puede interpretar y justificar resultados con la ayuda del software y puede visualizar mejor un concepto tratado en clase. El uso del software motiva el interés y estudio de la materia y crea un ambiente de trabajo positivo.

## Conclusiones

De todo lo realizado podemos dar cuenta de que a los alumnos los motiva realizar actividades con RDT, especialmente con GeoGebra. En las actividades, el uso de éste es guiado por las consignas o por el Applet diseñado. Notamos que en estas instancias la dificultad se manifiesta en los conceptos matemáticos a relacionar o descubrir, no tanto en el uso del software ya que está guiado en la consigna. En general los estudiantes manifiestan que pueden entender más un concepto a partir de la actividad y de su visua-

lización a través de GG. Nuestra inquietud es tratar de lograr en el alumno un uso *flexible* del software con el objetivo de contribuir a la comprensión de los conceptos matemáticos del Cálculo. *¿Cómo lograr que el GG se convierta en una herramienta de trabajo para el alumno en forma cotidiana más allá de realizar un gráfico?* Pregunta que nos queda pendiente para el próximo proyecto.

## **Publicaciones y/o transferencias empleadas: presentaciones, informes internos, prototipos.**

### **Publicaciones en revistas**

- Williner, B., Favieri, A. y Scorzo, R. (2020). Clasificación de tareas con software. Propuesta usando la aplicación GeoGebra para dispositivos móviles en carreras de ingeniería. N° 59. Unión - Revista Iberoamericana de Educación Matemática. Fisem. Brasil. ISSN:1815-0640. <https://union.fespm.es/index.php/UNION/article/view/144/56>
- Favieri, A. Algieri, C., Sartor, N. y Polo, F. (2020). Prácticas Educativas con uso de GeoGebra. N° 5, Vol. 3. Revista Digital Docentes Conectados, Universidad de San Luis, Argentina. ISSN: 2618-2912. <https://www.evirtual.unsl.edu.ar/revistas/index.php/dc/article/view/96/69>
- Ocampo G., (2020). Autoevaluaciones con formularios Google en un curso de Ingreso a carreras de Ingeniería. Revista Digital Docentes Conectados. Universidad Nacional de San Luis. Argentina, N° 6. Vol. 3, ISSN: 2618-2912. <https://www.evirtual.unsl.edu.ar/revistas/index.php/dc/article/view/113>
- Scorzo R., Ocampo G. (2021). Organización del curso de admisión 2021 a carreras de Ingeniería, en el marco de la pandemia por COVID -19. Revista Digital Docentes Conectados. Universidad Nacional de San Luis. Argentina, Nro 7. Vol. 4, ISSN: 2618-2912. <https://www.evirtual.unsl.edu.ar/revistas/index.php/dc/article/view/154>

### **Ponencias en congresos**

- Favieri, A., Williner, B. y Scorzo, R. (2020). Dispositivo móvil como recurso didáctico en la enseñanza de Análisis Matemático. III Jornadas Internacionales de Investigación, Ciencia y Universidad y las XII Jornadas de Investigación UMaza. 19 al 23 de octubre. Argentina. <http://repositorio.umaza.edu.ar/handle/00261/2101>
- Betina Williner, Carina Hamilton, Marcela V. Reale. (2020). Applets con GeoGebra como herramienta para analizar la relación entre lo gráfico y lo analítico". COVAITE III Congreso Virtual Argentino e Iberoamericano de Tecnología y Educación. 11 de noviembre de 2020. Argentina, Colombia y México.
- Scorzo R., Ocampo G. (2020). Implementación de Aula Taller en comisiones de ingreso muy numerosas. VII Jornadas Nacionales y III Latinoamericanas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico – Tecnológicas (IPECyT 2020), 6 noviembre 2020. UTN. Facultad Regional Tucumán. Argentina.
- Scorzo, R., Ocampo, G. y Favieri A. (2021). Actividades con GeoGebra en el curso de Ingreso a carreras de Ingeniería y Arquitectura de UNLAM. Congreso Internacional "Ingresos e Ingresantes a la Universidad". Hacia una comprensión multidimensional de los procesos institucionales y subjetivos implicados en los inicios.
- Favieri, A., Sartor, N. y Romano, R. (2021). Prácticas educativas universitarias abiertas con uso de video en pandemia. III Workshop sobre Prácticas Educativas Abiertas (WPEA 2021).
- Reale, M., Hamilton, C. y Williner, B. (2021). El efecto sorpresa en actividades con software. Cuarto encuentro latinoamericano de enseñanza aprendizaje en Educación Superior. Universidad del Norte. Colombia.

- Sartor, N., Algeri, C., Favieri, A. Y Polo, F. (2021). Recursos didácticos con GeoGebra para Análisis Matemático I. IV Día GeoGebra Argentina - IX Día GeoGebra Iberoamericano.
- Scorzo R., Ocampo G. (2021). Actividades con GeoGebra en un curso de ingreso a carreras de Ingeniería. 5to. Congreso Argentino de Ingeniería (CADI). 3er. Congreso Latinoamericano de Ingeniería (CLADI). 11vo. Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería (CAEDI) ISBN 978-987-88-1872-6. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires
- Williner B., Scorzo R. (2021). Una experiencia de aula invertida en Análisis Matemático I. VIII Jornadas de Enseñanza de la Ingeniería (JEIN 2021). Universidad Tecnológica Nacional Santa Fe

## Bibliografía utilizada

- Barahona, F., Barrera, O., Vaca, B. e Hidalgo, B. (2015). GeoGebra para la enseñanza de la matemática y su incidencia en el rendimiento académico. *Revista Tecnológica ESPOL*, 28 (5), 121-132.
- Carrillo. A. (2012). El dinamismo de GeoGebra. *Unión Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 29, 9-22.
- Costa, L. J. (2011). Problematización de matematización en un entorno GeoGebra dentro de un planteamiento didáctico “desde abajo hacia arriba”. *Enseñanza de las ciencias*, 29 (1), 101-114.
- Fiallo, J. y Parada, S. (2014). Curso de precálculo apoyado en el uso del Geogebra para el desarrollo del pensamiento variacional. *Revista Científica*, 20, 56-71.
- García Cuellar, D., Martínez Miraval, M., Flores Salazar, J. (2018). Génesis instrumental de la razón de cambio instantánea mediada por Geogebra. *Acta Latinoamericana de*
- Garelik, M., Montenegro, F. (2015). Un problema de movimiento parabólico en cálculo con uso de Geogebra. *IV Congreso Virtual Iberoamericano de calidad en educación virtual y a distancia*.
- Gómez, P., Angelmiro, J., Sánchez, N. Zulmary, C. Gómez Colmenares, C. (2015). Modelación matemática y GEOGEBRA en el desarrollo de competencias en jóvenes investigadores. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología* 7 (1), 65-70.
- Ruiz, R., Del Rivero, S. y Valenzuela, H. (2018). GEOGEBRA: Auto regulador del aprendizaje en conocimientos previos en cálculo diferencial. *Revista Entorno Académico* 20, 15-22.
- Saucedo, R., Godoy, J., Fraire, R. y Herrera, H. (2014). Enseñanza de las integrales aplicadas con GeoGebra. *El Cálculo y su Enseñanza*, 5, 125-138. Recuperado el 2 de octubre de 2019 de: [http://mattec.matedu.cinvestav.mx/el\\_calculo/data/docs/P8.bbf0a982b7788f.pdf](http://mattec.matedu.cinvestav.mx/el_calculo/data/docs/P8.bbf0a982b7788f.pdf)

# VISUALIZACIÓN DE ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS EN ENTORNOS GAMIFICADOS (C233)

## RESUMEN EXTENDIDO CORRESPONDIENTE AL INFORME FINAL

---

**Director:** Pérez, Silvia Noemí

**e-mail:** sperez@unlam.edu.

**Co-Director:** Aubin, Verónica Inés

**e-mail:** vaubin@unlam.edu.ar

### **Integrantes:**

#### **Investigadores**

**Cabrera, José Luis**

**García, Gabriel Aníbal**

**Goitea, Alejandro**

**Lanzillota, Hernan**

**Ponce de León, Lucas**

**Ravinale, Carolina**

**Sánchez, Carolina Florencia**

**Videla, Lucas**

#### **Alumnos Ad-Honorem**

**Gasior, Federico**

### **Síntesis del contenido**

En el marco del proyecto desarrollado previamente, “Análisis y propuestas sobre la influencia del uso de la gamificación y herramientas de evaluación continua en el proceso de enseñanza y aprendizaje en Programación Avanzada” (C-216), se observó que los estudiantes muestran interés en mejorar su situación académica conforme visualizan su estado actual. Es por esto que se considera necesaria la ampliación de dicha investigación, analizando nuevas herramientas para que el estudiante tenga control de su proceso de aprendizaje.

En estudios anteriores se determinó que resulta fundamental producir información que les permita a los estudiantes reconocer aciertos y dificultades en su proceso de aprendizaje. En esta investigación se desarrollaron indicadores visuales como radiadores de información, que permitan a los estudiantes conocer su situación actual sobre la adquisición de competencias, tanto en las actividades individuales como grupales. Acorde a esto, el grupo de investigación desarrolló actividades adicionales que le permitan al alumno experimentar y guiar su proceso de adquisición de competencias basándose en aquellos indicadores que se le proporcionarán, dando al mismo tiempo información para que el docente modifique el diseño de actividades curriculares.

**Palabras clave:** Evaluación; Competencias; Educación en ingeniería; Gamificación; Evaluación de aprendizaje.

## **Problemática a resolver**

Las nuevas corrientes educativas se centran en los estudiantes y en las metodologías para lograr en estos la obtención de competencias. Esta habilidad no es preexistente. Se ha observado que los estudiantes tienen dificultades para identificar las competencias en las que necesitan reforzar el estudio, así como también la falta de técnicas para adquirir las competencias de una asignatura.

Los estudiantes más que nunca deben ser aquellos que definan sus procesos de adquisición de conocimiento, dado que, en tiempos vertiginosos como los presentes, sus períodos de estudio se ven reducidos. Es imperativo para ellos encontrar un medio eficiente por el cual identificar en forma temprana las oportunidades de mejora,

Poner de manifiesto, mediante visualizaciones e indicadores gráficos aquellos resultados del aprendizaje obtenidos y por contraposición, aquellos no obtenidos aún, permitiría a los estudiantes la identificación de las competencias aún no alcanzadas. En el mismo acto, la sugerencia de caminos por los cuales podrían alcanzarlas, o incluso potenciarlas, les permitiría tomar control sobre su propio proceso. De esta manera, con un panorama claro sería posible priorizar y decidir qué capacidades el estudiante desea potenciar y cuáles puede postergar, sin que por ello se vea afectado su rendimiento frente a los objetivos particulares de la asignatura.

Los radiadores de información surgen en la industria del software como forma de visualizar y compartir la información de modo eficiente. Utilizados en el contexto educativo, permiten a los estudiantes conocer su grado de adquisición de aprendizaje de un modo atractivo.

Se propuso por ello, investigar si la visualización del grado de adquisición de competencias por parte de los estudiantes, a través de indicadores visuales en un entorno gamificado, aumentaba el involucramiento en el proceso de aprendizaje, y mejora su rendimiento.

## **Metodología del trabajo desarrollado**

En la primera etapa del proyecto se realizó una búsqueda y análisis de material bibliográfico, lo que permitió establecer el estado del arte actualizado. Se rastrearon fuentes acerca del concepto de motivación, los indicadores de aprendizaje y los radiadores de información. Para dar un contexto respecto a los estudiantes de Ingeniería de la UNLaM se analizaron las opiniones de estos, relevadas en una encuesta en las asignaturas Programación, Programación Avanzada, Probabilidad y Estadística, y Estadística Aplicada, acerca de los indicadores de aprendizaje disponibles que les permitan a los estudiantes conocer su situación actual sobre la adquisición de conocimiento, tanto en las actividades individuales como grupales.

Para analizar la influencia de la visualización de los radiadores de información como factor de motivación e incentivar el compromiso de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje, se llevó a cabo una experiencia en la asignatura Programación Avanzada. En este caso particular se registró la evolución de la participación de los estudiantes que cursaron en el primer cuatrimestre de 2020, con un total de 75 alumnos divididos en dos

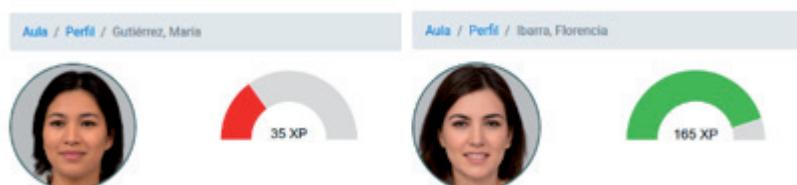
cursos. La materia cuenta con un espacio de taller en el que se exploran diversos aspectos de la programación. Es un espacio eminentemente práctico. En ambos, curso y taller, los alumnos utilizaron la herramienta LOOM para la realización de las actividades académicas. LOOM es una plataforma gamificada de código abierto desarrollada por docentes universitarios para facilitar dinámicas complementarias a aquellas realizadas tradicionalmente en las aulas.

Como caso experimental y dada la situación provocada por la pandemia COVID19, se rastreó y revisó material bibliográfico sobre educación a distancia, las TICS en la educación virtual y el trabajo en equipos en la universidad. Se realizaron encuestas a los alumnos acerca de la experiencia en el uso de las nuevas herramientas brindadas por la cátedra de Computación Transversal en la plataforma MleL de la universidad, utilizada por todas las asignaturas del DIIT-UNLaM. Por último, se realizó un análisis comparativo de los datos de la última cursada presencial (2019) y la virtual del primer cuatrimestre 2021.

## Desarrollo y resultados obtenidos

Se trabajó en particular en la asignatura Programación Avanzada, a partir de las competencias establecidas en el Libro Rojo del CONFEDI como requeridas en la formación del ingeniero. Las mismas se dividen en competencias tecnológicas y actitudinales. Dentro de las primeras, para trabajar en relación a los indicadores de competencia, elegimos la de “Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería”. Dentro de las competencias actitudinales, elegimos “Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo”. Con estas como objetivo, se plantearon experiencias gamificadas, retos y competencias en la plataforma LOOM, las que permitieron implementar el aprendizaje colaborativo entre pares, acrecentar la motivación, y favorecer la adquisición de competencias transversales. En este contexto, se trabajó en la incorporación de indicadores visuales que le permitieron al estudiante conocer su estado de avance respecto de la asignatura: los llamados radiadores de información. Uno de los puntos sobresalientes de la encuesta destaca la utilidad de LOOM para la mayoría de los estudiantes, lo que generó la confianza para continuar ampliando sus funcionalidades con dos radiadores de información: “el odómetro” y “el indicador de flujo”. El estudio mostró también que los estudiantes encuestados prefieren mayormente indicadores que reflejen su propia evolución de aprendizaje a lo largo del tiempo, en lugar de indicadores que los confronten con sus pares.

El odómetro (Figura 1), es un indicador visual que, utilizando un código de color y una analogía visual muy fuerte, le permite al estudiante conocer el estado actual de su aprendizaje. Conforme dicho indicador progresa desde la izquierda hacia la derecha, toma los clásicos colores “rojo”, “amarillo” y “verde” para comunicar el nivel de logro de los objetivos de aprendizaje, el cual puede variar desde de un bajo nivel de rendimiento hasta un máximo nivel.



El indicador de flujos (Figura 2) es un radiador de información que permite ver fácilmente el nivel de interacción que hay entre los participantes en la plataforma. Se puede visualizar el grado de participación de cada estudiante en cuanto a la cantidad de intervenciones, y también permite ver con cuáles otros estudiantes realiza cada interacción en particular. Asimismo, se puede visualizar la partición por tarea, acumulada por un conjunto de tareas, o considerando a los docentes como participantes y ver las interacciones de estos con los estudiantes. La asignación de colores en el gráfico es aleatoria, salvo el color rojo que está destinado a los docentes.



Estos demostraron ser un motivador muy potente y provocaron retos personales para superarse. La visualización del indicador del estado presente generó una retroalimentación inmediata y da la posibilidad de tomar acciones sobre el proceso de aprendizaje en el momento, especialmente en la plataforma virtual donde el docente no está físicamente presente. La retroalimentación tiene el potencial de promover la motivación, favorecer el rendimiento académico, la autorregulación y la autoeficacia, permitiendo a los estudiantes reducir la brecha entre su desempeño actual y el deseado. El estudiante, al contrastar su percepción sobre sus fortalezas y debilidades, con la información otorgada por los indicadores, irá ajustando su criterio sobre su trabajo. Adquirir esta habilidad de autorregulación y autoconocimiento les va a ser de utilidad durante toda su vida.

Los resultados fueron publicados en el CONAISI (2020).

Como caso experimental y dada la situación provocada por la pandemia COVID19, se investigó las herramientas que se utilizaron en la virtualidad y que pudieran tener continuidad en la etapa presencial. Esto se realizó sobre la plataforma MleL de la universidad, utilizada por todas las asignaturas del DIIT-UNLaM. La investigación se llevó a cabo sobre la asignatura Computación Transversal (CT), que deben cursar todos los alumnos de las carreras del DIIT. Dado que CT tiene antecedentes de utilización sostenida de la plataforma, se pudieron obtener resultados comparativos de herramientas en virtualidad-presencialidad.

Los resultados fueron publicados en el CLADI (2021).

Como resultado de esta investigación se organizó la jornada “Estrategias didácticas e indicadores de logros de competencias”, la que propició un espacio de intercambio entre docentes e investigadores de distintas disciplinas de modo de lograr una mayor difusión de resultados, una mejor transferencia de actividades realizadas, habilitando debates y puestas en común. El objetivo principal del evento fue promover el diálogo acerca de estrategias didácticas, eventualmente contextualizadas en la virtualidad, que fueran registradas como exitosas para el logro de las competencias requeridas. La problemática de adquisición de competencias, analizada desde la perspectiva de investigadores, permitió el debate acerca de la utilidad percibida de las herramientas utilizadas.

El evento contó con expositores de la UNLaM, de la Universidad Nacional de General Sarmiento y de la Universidad Nacional de Hurlingham, quienes presentaron experiencias en el contexto de investigaciones realizadas.

## **Conclusiones**

En esta investigación se llevó a cabo una experiencia cuyo objetivo fue analizar la influencia de la visualización de los radiadores de información como factor de motivación para el aprendizaje. A partir de los resultados de la encuesta surgió la importancia de implementar indicadores que sean fácilmente visibles e interpretables por los estudiantes, y que cumplan un rol de “mirada externa” del rendimiento. En función a esto, los resultados de la experiencia en Programación Avanzada fueron positivos y reflejan la importancia de trabajar con radiadores de información, dado que estos resultaron ser un factor motivador para los estudiantes en su proceso de enseñanza aprendizaje.

En el ámbito educativo está ampliamente demostrado que trabajar entre pares favorece el aprendizaje. En este sentido, la utilización de los indicadores de flujo demostró ser de utilidad para motivar la interacción entre estudiantes. Esta actividad, lejos de ser competitiva, sirve para ajustar el esfuerzo involucrado en su propio progreso o ayudar en el progreso del grupo de trabajo. Dado que la opinión de los estudiantes sobre la necesidad de radiadores de información es similar en todas las asignaturas encuestadas, podemos esperar que los resultados obtenidos en Programación Avanzada puedan extrapolarse a otras asignaturas.

Es posible observar que la aplicación de las TICs en la Cátedra de Computación Transversal arrojó resultados realmente favorables para el desarrollo de la cursada virtual. Los alumnos supieron aprovecharlas y seleccionaron, a través de un uso más frecuente, las que les fueron de mayor utilidad, adaptándose rápidamente y con muy buenos resultados a este cambio brusco que atravesó la educación a nivel mundial. Nunca se dejó de lado la modalidad de trabajo de la Cátedra en lo referente al trabajo en equipo y también en este aspecto se han obtenido resultados satisfactorios, percibidos tanto por docentes como por alumnos. Consideramos que esta rápida adaptación al contexto de emergencia en el que se vio inmersa la educación, y en este caso específico, la educación universitaria, aceleró un proceso necesario de actualización de las herramientas pedagógicas, dado que en su mayoría los estudiantes son nativos digitales y en gran parte sus docentes no, con lo cual la brecha entre unos y otros era una gran barrera. Los docentes se vieron obligados a aprender muchas de las nuevas tecnologías. Por su parte, los alumnos recibieron el cambio con mayor naturalidad, dado que era un mundo que ya conocían. Y es esto lo

que se vio reflejado en la Cátedra sobre la que se hizo esta investigación. En conclusión, es muy posible que muchas de las TICs sobrevivan luego de la virtualidad, que hayan llegado para quedarse y que en la vuelta a la presencialidad sean un gran complemento para esta Cátedra y para tantas otras de nuestra universidad. Sostenemos que en ese futuro más o menos cercano, la educación presencial reflejará una nueva presencialidad que llevará a los docentes a replantearse sus metodologías que hasta el momento eran adecuadas a la clase tradicional. Nada puede ser igual que antes, ni debe serlo. Es necesario rescatar aquello que esta pandemia nos dejó como aprendizaje y reconfigurar una nueva manera de enseñar en el aula, pero mediada por las TIC.

Aunque los resultados de la presente investigación muestran que la incorporación de metodologías activas y centradas en el estudiante favorecen la adquisición de competencias y mejora el proceso de aprendizaje, se considera valioso continuar la investigación propiciando espacios de articulación curricular entre asignaturas, que permitan desarrollar prácticas docentes colaborativas

## Publicaciones y/o transferencias empleadas

- Verónica Aubin Renata Guatelli; Lucas Videla; Silvia N. Pérez Radiadores de información para motivar el aprendizaje. Análisis de una experiencia - 2020 - CONAISI San Francisco, Córdoba - 5/11/2020 - UTN San Francisco - ISBN 978-950-42-0202-8 <http://conaisi2020.frfsco.utn.edu.ar/actas.html>
- Silvia Noemí Pérez; Aubin, Verónica (expositor); Lucas Videla; Cabrera José Luis; García Gabriel Anibal; Goitea Alejandro; Lanzillota Hernan; Ponce de León Lucas; Ravinale Carolina; Sánchez Carolina Florencia; Gasior Federico - Visualización de adquisición de competencias en entornos gamificados - 2020 - IV Encuentro del Programa MEP -Mejora de las Estrategias Pedagógicas - UNLaM (modalidad virtual) - 4/12/2020 - DIIT-UNLaM
- Silvia N. Pérez (expositor), Mónica Giuliano - Using e-status for assist learning in a Probability and Statistics subject - 2021 - International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM) - San Pablo, Brasil - 14/4/2021 – IEOM. <https://www.xcdsystem.com/IEOM/abstract/index.cfm?ID=tgn3GLJ>
- Oscar Alejandro Goitea, Carolina Florencia Sánchez, Carolina Mabel Ravinale, Silvia Noemí Pérez y Verónica Aubin - ¿Qué TICs sobrevivirán luego de la virtualidad? - 2021 - Encuentro Argentino y Latinoamericano de Ingeniería CADI / CLADI / CAEDI- Buenos Aires - 6/10/2021 - Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires - <https://www.cadi2021.com.ar/>
- González, J.A., Giuliano, M. & Pérez, S.N. - Measuring the effectiveness of online problem solving for improving academic performance in a probability course. - issue 1, January 2022 - Volume 27 - Education and Information Technology - 2022 - Springer - Suiza - ISSN 1573-7608 - <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-021-10876-7> ; <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10876-7>
- Conversatorio “Estrategias didácticas e indicadores de logros de competencias”, se llevó a cabo el 10 de noviembre de 2021 en el marco de la XVII Edición De La Semana De la Ciencia Y la Tecnología de la UNLaM.

## **Bibliografía utilizada**

- CONFEDI, (2005). Proyecto Estratégico de Reforma Curricular de las Ingenierías. 2005-2007.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1976). Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo (Vol. 3). México: Trillas.
- Abarca, Sonia. Psicología de la motivación. San José: EUNED. (1995).
- Espinosa, R. S. C., & Eguia, J. L. (2016). Gamificación en aulas universitarias. Bellaterra: Institut de la Comunicació
- Werbach, K., & Hunter, D. (2012). For the win: How game thinking can revolutionize your business. Wharton Digital Press.
- Díaz Barriga, F., & Hernández, G. (2007) Estrategias docentes para un aprendizaje significativo una interpretación constructivista (2a Ed), Mc Graw Hill, México.
- Paredes, J., Anslow, C., & Maurer, F. (2014). Information visualization for agile software development. In 2014 Second IEEE Working Conference on Software Visualization (pp. 157-166). IEEE.
- 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.
- Sajoza Juric, V.H. (2020). TIC, educación y nueva normalidad: Miradas recreativas para un futuro incierto. Revista Virtualidad, educación y ciencia (unc.edu.ar). VEsC - Año 11 – Número 21
- Litwin, E. (2003) De las tradiciones a la virtualidad. En La educación a distancia. Temas para el debate de una nueva agenda educativa. Amorrortu Editores. Buenos Aires.

# 2018-2021

ANUARIO

RESÚMENES EXTENDIDOS



Universidad Nacional  
de La Matanza