



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-002 |
| Objeto | Protocolo de presentación de proyectos de investigación SIGEVA UNLaM |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 4 |
| Vigencia | 12/11/2021 |

Unidad Ejecutora:
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

Programa de acreditación:
PROINCE

Título del Programa de Investigación¹:

Director del Programa:

Título del proyecto de investigación:

Uso de redes LoraWAN para la gestión ambiental de ecosistemas acuáticos

PIDC:

Elija un elemento.

PII

Elija un elemento.

Director del proyecto:

Mg. Ing. LUPI Oreste Daniel

Co-Director del proyecto:

Ing. ZARADNIK Ignacio José

Integrantes del equipo:

Ing. CACCAVIELLO Diego,

Lic. De VITA Fabian,

Ing. DOMINGUEZ Facundo,

HOROWICZ Brian,

LUCERO Martin,

MARTINEZ SARRASEGUE Clara,

Ing. SLAWISKI Javier,

Ing. TURCONI Diego,

CALABRO Juan (alumno),

SALVATORE Luciano (alumno)

Fecha de inicio:

01/01/2022

Fecha de finalización:

31/12/2023

¹ Completar solo en caso de que el presente proyecto se encuadre en el marco de un Programa de Investigación

1-Cuadro resumen de horas semanales dedicadas al proyecto por parte de director e integrantes del equipo de investigación:²

| Rol del integrante | Nombre y Apellido | Cantidad de horas semanales dedicadas al proyecto |
|---|-----------------------------|---|
| Director | Oreste Daniel Lupi | 4 |
| Co-director | Ignacio José Zaradnik | 4 |
| Director de Programa | | |
| Docente-investigador UNLaM | Diego Horacio Turconi | 4 |
| Docente-investigador UNLaM | Javier Martin Slawiski | 4 |
| Docente-investigador UNLaM | Facundo Martin Dominguez | 4 |
| Docente-investigador UNLaM | Diego Ignacio Caccaviello | 4 |
| Investigador externo ³ | | |
| Asesor-Especialista externo | Fabian Dario De Vita | 4 |
| Asesor-Especialista externo | Clara Martinez Sarrasegue | 4 |
| Asesor-Especialista externo | Brian Daniel Horowicz | 4 |
| Asesor-Especialista externo | Martin Lucero | 4 |
| Graduado de la UNLaM ⁴ | | |
| Estudiante de carreras de posgrado (UNLaM) ⁵ | | |
| Alumno de carreras de grado (UNLaM) ⁶ | Luciano Francisco Salvatore | 4 |
| Alumno de carreras de grado (UNLaM) ⁷ | Juan Pablo Calabro | 4 |
| Personal de apoyo técnico administrativo | | |

2-Plan de investigación

2. Tipo de actividad I+D:

Desarrollo experimental

2.1. Resumen del Proyecto:

A partir del proyecto “Internet de las Cosas en Miniboyas Ambientales - PROINCE C232”, surgieron necesidades no contempladas originalmente y que responden a sus potenciales aplicaciones en campo. Este nuevo proyecto se enfoca en dos ampliaciones, una funcional, como una respuesta a necesidades actuales en nuestro País y la otra tecnológica, como una consolidación de la experiencia técnica adquirida por el grupo de trabajo.

La ampliación funcional es fruto de conversaciones con investigadores de la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN), interesados en la medición del contenido de micro/nano plásticos en el

² Incluir todos los integrantes del equipo de investigación, agregando tantas filas para cada rol de integrante del equipo de investigación como sea necesario.

³ Deberá adjuntar FPI 28, 29 y 30 debidamente firmados.

⁴ Idem nota 2

⁵ Adjuntar certificado de materias aprobadas de estudiantes de carrera de posgrado.

⁶ Adjuntar certificado de materias aprobadas de estudiantes de carrera de grado.

⁷ Adjuntar certificado de materias aprobadas de estudiantes de carrera de grado.

agua, los cuales tienen un efecto sobre los seres vivos, ya sea por ingestión o por toxicidad. Estos parámetros requieren de un laboratorio para el análisis de una muestra del ecosistema acuático. De esta necesidad surgió la idea de migrar de una boya con sensores a una pequeña embarcación que además de los sensores incluya la capacidad de tomar muestras de modo automático. Este dispositivo, también, puede actuar como una herramienta para el análisis y la detección temprana de cianobacterias en el agua. Esto es crítico en nuestro país en especial por el aumento en la concentración de nutrientes en la actividad agropecuaria que no sólo provoca cambios en la cantidad de fitoplancton sino que también afecta su composición y periodicidad, provocando un aumento de cianobacterias. Las toxinas que esta liberan pueden provocar infecciones respiratorias, gastrointestinales, neurológicas, además de irritación en la piel, oídos y ojos.

La ampliación tecnológica implica el uso de redes LoraWAN, tecnología de comunicación de largo alcance y bajo consumo optimizada para aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT), que permitirá flexibilizar la aplicación y a la que se podrá acceder a través del reciente convenio firmado entre la Universidad Nacional de la Matanza (UNLaM) y ARSAT. La infraestructura LoraWAN, a diferencia de tecnologías celulares, puede ser desplegada por uno, permitiendo el monitoreo de ecosistemas acuáticos en áreas donde no exista cobertura celular. También se estudiará la factibilidad de comunicación con las redes de pico y nano-satélites que se están desarrollando tanto en el ámbito internacional como localmente.

Se prevé trabajar en conjunto con investigadores de la FAN quienes realizaran las pruebas de campo, y detección de nanopartículas; mientras que desde la UNLaM se llevará adelante el desarrollo y puesta en marcha del prototipo.

2.2. Palabras clave:

Internet de las Cosas, Ecosistemas Acuáticos, Micro y Nano-plásticos

2.3 Resumen del Proyecto (inglés):

From the "Internet of Things in Environmental Minibuys - PROINCE C232" project, needs that were not originally contemplated and that respond to their potential applications in the field arose. This new project focuses on two expansions, one functional, as a response to current needs in our country, and the other technological, as a consolidation of the technical experience acquired by the work group.

The functional expansion is the result of conversations with researchers from the Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN), interested in measuring the content of micro/nano plastics in water, which have an effect on living beings, either by ingestion or by toxicity. These parameters require a laboratory to analyze a sample of the aquatic ecosystem. From this need arose the idea of migrating from a buoy with sensors to a small vessel that, in addition to the sensors, includes the ability to take samples automatically. This device, too, can act as a tool for the analysis and early detection of cyanobacteria in water. This is critical in our country, especially due to the increase in the concentration of nutrients in agricultural activity that not only causes changes in the amount of phytoplankton but also affects its composition and periodicity, causing an increase in cyanobacteria. The toxins it releases can cause respiratory, gastrointestinal, and neurological infections, as well as skin, ear, and eye irritation.

The technological expansion implies the use of LoraWAN networks, a long-range and low-consumption communication technology optimized for Internet of Things (IoT) applications, which will make the application more flexible and which can be accessed through the recent agreement signed between the National University of La Matanza (UNLaM) and ARSAT. The LoraWAN infrastructure, unlike cellular technologies, can be deployed by one, allowing the monitoring of aquatic ecosystems in areas where there is no cellular coverage. The feasibility of communication with pico and nano-satellite networks that are being developed both internationally and locally will also be studied.

It is planned to work together with FAN researchers who will carry out field tests and detection of nanoparticles; while UNLaM will carry out the development and commissioning of the prototype.

2.4 Palabras clave (inglés):

Internet of thing, Aquatic ecosystems, Micro and Nano-plastics

2.5 Disciplina desagregada:

2107 - Ingeniería Electrónica

2.6 Campo de aplicación

437 - Rec.Hidr. Contaminacion y saneamiento

2.7 Especialidad:

Desarrollo de dispositivo para Internet de las Cosas

2.8 Estado actual del conocimiento:

El monitoreo y control de la calidad del agua dulce en ríos, lagos y lagunas de nuestro País es sin duda un factor de gran importancia considerando el valor estratégico del agua potable para la vida y la economía. Durante la realización del proyecto PROINCE C232 se estudió esta en detalle esta problemática desde el punto de vista de los efluentes industriales. A los parámetros analizados en dicho trabajo, en los últimos años, se ha agregado la preocupación por la presencia y concentración de Micro-plásticos en ambientes marinos y de agua dulce, numerosos trabajos de investigación lo han clasificado como una cuestión prioritaria a tener en consideración para la salud humana. La importancia de la presencia de micro-plásticos radica en tienen un efecto directo sobre los seres vivos, ya sea por ingestión o por toxicidad. En el caso puntual de la concentración de estos en ambientes acuáticos, si bien es posible su detección, tal como se detalla en [1] o en [2][3][4], dichos métodos tienen la dificultad o de no poder ser realizados en tiempo real y de ser muy costosas las campañas de muestreo y análisis. Los nano-plásticos por su parte surgen de la fragmentación o degradación parcial de los micro-plásticos y su detección y análisis es un tema importante en nuestro País, para establecer una situación de base respecto de su contaminación de estos elementos. Por sus características en cuanto a tamaño y concentración el método de muestreo es el único viable.

Un dispositivo adecuado para la toma de las muestras antes mencionado puede ser un pequeño barco no tripulado manejado a través de control remoto o parcialmente autónomo. En la actualidad existen diversos productos comerciales [5], así como diversos trabajos que presentan este tipo de solución [6][7][8], inclusive con la toma de muestras [14]. Los primeros poseen un costo elevado, mientras los segundos están pensados para aplicaciones que pueden no adecuarse a las necesidades propias y la documentación disponible no es adecuada para su reproducción.

Tal como se planteo el proyecto PROINCE -C232, es importante monitorear la calidad del agua, la cual posee varios parámetros a medir. En función de esto, el vehículo no tripulado puede incluir un conjunto que le permita el monitoreo de dichos parámetros en tiempo real. En el trabajo se presenta un resumen de las distintas tecnologías a utilizarse para dicha telemetría. Estando entre ella la tecnología celular, implementada por nosotros en el proyecto antes mencionado, la tecnología Zigbee y de más reciente aparición la tecnología Lora/LoraWan. Esta última tecnología de comunicación es una solución de largo alcance y bajo consumo optimizada para aplicaciones de IoT.

2.9. Problemática a investigar:

Tal como se ha mencionado en el resumen del proyecto y el estado actual del conocimiento la problemática del monitoreo del agua dulce ha sido investigado, sin embargo, en este proyecto se propone un enfoque alternativo, utilizando lanchas de control a distancia con posibilidad de funcionamiento autónomo en determinadas circunstancias y con una estructura relativamente simples y económico. Este enfoque alternativo, en el que los robots de medición in situ y muestreo son fácilmente manejables en una nave no tripulada, tiene un alto potencial de aplicabilidad en tareas esenciales como sitios de prospección para acuicultura, monitoreo ambiental, localización de contaminantes, muestreo de micro y nanoplásticos, etc.

Este último punto en particular, la investigación sobre basura marina y microplásticos (MP) en áreas de la cuenca hídrica Argentina y su volcado a las áreas costeras, ha ganado un gran interés por parte de la comunidad científica y los responsables políticos, debido al alcance global y a los crecientes informes que muestran niveles en aumento dramático [9][10][11][12][13]. Los MP se han demostrado tanto en matrices abióticas como bióticas y se volvieron accesibles para la ingestión por una amplia variedad de organismos. La provincia de Buenos Aires extiende su litoral a lo largo de más de 1200 km desde el Río de la Plata hasta la desembocadura del Río Negro, convirtiéndose en un área de gran relevancia productiva tanto en industria pesquera como turística que incluye áreas protegidas, playas turísticas, seis puertos comerciales que en conjunto no escapan a la amenaza de los micro y nanoplásticos. En este escenario se hace necesario incrementar el muestreo y análisis para conocer la ocurrencia, distribución, dinámica, bioacumulación y transferencia de los mismos al componente biótico, para lo que los investigadores deberán contar con sistemas de muestreo adecuados y accesibles para este caso. Ante esta problemática y la gran cantidad de factores de origen antropogénico y aun naturales que caracterizan a nuestras cuencas acuíferas se requiere el monitoreo continuo para su protección y conservación.

Como se planteó en un trabajo anterior una definición de monitoreo debe cubrir parámetros a ser caracterizados en el tiempo y también en el espacio físico. De un modo amplio las características buscadas van desde la capacidad de medir diferentes parámetros generales del agua como así también algunos específicos para cada campaña. Algunos de esos parámetros deberían ser medidos in situ de modo automático y transmitidos inmediatamente para su lectura en la web en tiempo real, la información recogida puede ser utilizada para seguir en tiempo real eventos ambientales como por ejemplo un rápido crecimiento en la floración de algas microscópicas o cianobacterias en el agua, que a menudo da como resultado una especie de verdín en la superficie. También el seguimiento de micro y nano plásticos es un área de vacancia en nuestro País a pesar de las iniciativas de institutos como el IADO que desde hace años trabaja en el tema.

La información recolectada debe ser usada en conjunción con su geolocalización que completen el mapeo de estas variables en todo el País, cabe mencionar que sólo en la provincia de Buenos Aires hay entre 200000 y 300000 lagunas entre permanentes, intermitentes y artificiales y que casi todas tienen muy poca profundidad. El otro aspecto clave es la posibilidad de comunicación en áreas donde las señales de GPRS de telefonía celular no llegan correctamente y entonces se desaprovecha la información de ubicación exacta generada por el módulo GNSS, y la detección inmediata de los datos en tiempo real. Por eso se propone la utilización de redes LoraWAN que abre un camino de mayor conectividad y se estudiaran también la posibilidad de comunicación con futuras redes satelitales de órbita baja.

2.10. Objetivos:⁸

Objetivo general:

- Desarrollar, implementar y estudiar los resultados de uso de una pequeña embarcación experimental autónomo y/o por control remoto para la medición de parámetros ambientales y la toma de muestras en ecosistemas acuáticos.

⁸ Detallar objetivo general y objetivos específicos.

Objetivos específicos

- Diseñar y desarrollar un pequeño vehículo que permita acceder a los ecosistemas acuáticos y de modo automatizado sensor in situ ciertos parámetros ambientales, así como para la toma de muestras en sitios específicos.
- Diseñar y desarrollar un sistema de comunicación inalámbricas para la pequeña embarcación que permita su control basado en la tecnología inalámbrica que más se adecue al entorno seleccionado para realizar el control. Realizar un estudio de las posibilidades de utilizar redes de satélites de baja altura, para la comunicación.
- Utilizar la tecnología Lora/LoraWAN para la telemetría de los parámetros ambientales y posicionamiento geográfico.
- Desarrollar un software para PC/Celular que permitan monitorear el estado de la pequeña embarcación.
- Realizar pruebas de la embarcación en el entorno seleccionado y evaluar el desempeño del vehículo, tanto a nivel comunicación como sensado de parámetros y muestreado).

2.11. Marco teórico:

En el presente proyecto convergen distintas líneas teóricas, en lo que respecta a las básicas podemos nombrar: aspectos analógicos asociados a las etapas de acondicionamiento de señal para algunos de los sensores, a el filtrado de interferencias electromagnéticas producidas en dispositivos en los que conviven componentes analógicos y digitales; aspectos digitales relacionados con el procesador (microcontrolador en nuestro caso) encargado de la gestión de las distintas tareas que se llevara adelante en la embarcación; aspectos de potencia relacionada a la gestión de energía del dispositivo, tanto para la conversión a los distintos niveles requeridos por la electrónica desde una fuente primaria, el control de los actuadores hasta la generación de energía a través de fuentes renovables que permita el aumento de la autonomía; aspectos relacionados a la radiofrecuencia como consecuencia de la utilización de dicha tecnología tanto para el control de la embarcación así como para la telemetría de los parámetros del ecosistema acuático.

Por otro lado, en lo que respecta a líneas teóricas avanzadas o de un mayor nivel de abstracción, el estudio de los sistemas de comunicación satelitales de órbita baja y su utilización como complemento de los sistemas LoraWAN y la actividad de identificación de nano-objetos en el material muestreado. El primero de esta relacionado con las frecuencias de trabajo, los protocolos y las distintas arquitecturas que se puede llegar a implementar, para el caso de GIS y de IoT y el otro asociado al sistema de toma de muestras del ecosistema acuático y su adecuado control.

Es importante aclarar que las líneas teóricas asociadas al sistema de monitoreo del ecosistema fueron desarrolladas en el proyecto “Internet de las Cosas en Miniboyas Ambientales - PROINCE C232”.

2.12. Hipótesis de trabajo o los supuestos implícitos (según corresponda al diseño metodológico):⁹

Por tratarse de un proyecto de desarrollo tecnológico, se plantea la implementación de una embarcación autónoma y/o por control remoto experimental para el monitoreo de parámetros medioambientales de ecosistemas acuáticos y la toma de muestras de este de bajo costo y flexible a los distintos entornos, como una solución a la problemática planteada en el punto 2.9.

2.13. Metodología:

⁹ En proyectos de desarrollo tecnológico puede ser reemplazada una hipótesis de trabajo por la propuesta de solución al problema de investigación mediante el diseño de un prototipo o elemento equivalente.

Se realizará un estudio bibliográfico sobre embarcaciones de pequeña envergadura que se puedan adecuar a la aplicación propuesta, su sistema de propulsión y los sistemas asociados a la captura y almacenamiento de la muestra de agua para análisis posteriores. Por un lado, se contemplarán los aspectos mecánicos y por otro lado los aspectos electrónicos, en los que se incluirá la comunicación de RF para control de la embarcación. De este estudio se desprenderá consumos estimados del sistema con el fin de definir la fuente primaria de alimentación, un posible sistema fotovoltaico que permita un aumento de la autonomía y en la estructura mecánica asociada a estos.

Se estudiará la tecnología Lora/LoraWAN a fin de implantarse como medio de comunicación para la telemetría de los sensores a bordo de la embarcación. Se analizarán las posibles topologías de red, las frecuencias en las cuales se puede trabajar, los alcances, los protocolos, los elementos de red necesarios y los productos disponibles tanto a nivel hardware como software y los costos de estos.

Con base en el estudio bibliográfico previamente mencionados se definirá del diseño y desarrollo de la parte mecánica del dispositivo, es decir la embarcación propiamente dicha con su sistema de propulsión, el sistema de captura de la muestra de agua y el sistema de energía. Pudiendo ser que sus partes sean compradas o desarrolladas a través de técnicas de impresión 3D. Mientras que el estudio tecnológico nos permitirá definir los parámetros de la red a implementar, los elementos de red a usar, su arquitectura y en base a estos seleccionar entre los distintos productos disponibles en el mercado para la implementación del sistema de telemetría (pudiendo ser tan solo el transmisor en la embarcación o también un Gateway).

Asociado a el sistema de propulsión y control de navegación se diseñará y desarrollará una placa de alimentación y control. En el diseño de esta debe tener en cuenta los consumos del sistema de navegación, del sistema de captura de la muestra de agua, de los sensores que se vayan a incluir, de sistema de procesamiento y control y del sistema de comunicación. Se realizará la integración del producto Lora/LoraWan seleccionado a el diseño realizado previamente en el proyecto PROINCE -C232 y este a la embarcación.

Se contemplará la implementación de un Gateway en la orilla del ecosistema acuático a estudiar, pudiendo ser esta implementación tan solo la instalación de un producto comercial o el diseño y desarrollo de uno.

Se realizar un análisis del software previamente desarrollado y se realizaran los ajustes necesarios para la integración con la estructura de la red de Lora/LoraWAN implementada.

Una vez terminadas la integración de todos los subsistemas se llevarán adelante pruebas de campo. En función de los resultados obtenidos en se evaluarán y propondrán futuras mejoras y acciones que den continuidad a las actividades del Laboratorio de Inteligencia Ambiental del DIIT.

2.14. Bibliografía:

[1] Sergio Calvo Anglada (2020). "DETECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN POR TAMAÑOS DE MICRO Y NANOPLÁSTICOS EN MUESTRAS DE INTERÉS AMBIENTAL". Extraída el 01/01/2022 desde <https://zagan.unizar.es/record/97987/files/TAZ-TFG-2020-3200.pdf>

- [2] Madeline C. Evans, et al (2021). "Toward the Detection and Imaging of Ocean Microplastics With a Spaceborne Radar". [Extraída el 01/01/2022 desde https://ieeexplore.ieee.org/document/9449485](https://ieeexplore.ieee.org/document/9449485)
- [3] Domna G. Kotsifaki, et al (2021). "Detection and analysis of microplastics in the subtropical ocean of Okinawa using micro-Raman Optical Tweezers". Extraída el 01/01/2022 desde <https://ieeexplore.ieee.org/document/9611590>
- [4] Oleksandr Malyuskin, et al (2020). "Microplastic Detection in Soil and Water Using Resonance Microwave Spectroscopy: A Feasibility Study". Extraída el 01/01/2022 desde <https://ieeexplore.ieee.org/document/9146168>
- [5] NauticExpo (n.d). "Vehiculos no tripulados Marinos".Extraída el 01/01/2022 desde <https://www.nauticexpo.es/fabricante-barco/vehiculo-no-tripulado-marino-23029.html>
- [6] Alexander T. Demetillo, et al (2019). "Real-Time Water Quality Monitoring For Small Aquatic Area Using Unmanned Surface Vehicle". Extraída el 01/01/2022 desde <https://etasr.com/index.php/ETASR/article/view/2661/pdf>
- [7] [Wonse Jo](#), et al (2019). "A low-cost and small USV platform for water quality monitoring". Extraída el 01/01/2022 desde <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468067219300367>
- [8] Gabriele Ferri, et, al (2011). "Design, fabrication and first sea trials of a small-sized autonomous catamaran for heavy metals monitoring in coastal Waters". 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation Shanghai International Conference Center May 9-13, 2011, Shanghai, China.
- [14] Gabriele Ferri, et, al (2015). "The HydroNet ASV, a Small-Sized Autonomous Catamaran for Real-Time Monitoring of Water Quality: From Design to Missions at Sea". IEEE JOURNAL OF OCEANIC ENGINEERING, VOL. 40, NO. 3, JULY 2015.
- [9] Rosana Di Mauro y Mara Braverman (2019). "Microplásticos en el Mar Argentino: avances sobre el estudio de esta problemática". Extraída el 01/01/2022 desde <https://www.argentina.gob.ar/noticias/microplasticos-en-el-mar-argentino-avances-sobre-el-estudio-de-esta-problematca>
- [10] Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (2019). "Microplásticos: amenaza invisible de los mares". Extraída el 01/01/2022 desde <https://www.conicet.gov.ar/microplasticos-amenaza-invisible-de-los-mares/>
- [11] Leandro Ezequiel Ungaro (2020). "Hallan microplásticos en las zonas costeras de Buenos Aires". Extraída el 01/01/2022 desde https://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=hallan_microplasticos_en_las_zonas_costeras_de_buenos_aires&id=3757
- [12] Nadia Luna (2021). "Una ola de microplásticos". Extraída el 01/01/2022 desde <https://www.unsam.edu.ar/tss/una-ola-de-microplasticos/>
- [13] Proyecto Sub (n.d). "MICROPLÁSTICOS COSTEROS". Extraída el 01/01/2022 desde <https://www.proyectosub.org.ar/microplasticos-costeros/>

2.15. Programación de actividades (Gantt):¹⁰

Etapa 1: entre el 01/01/2022 al 30/09/2022

Actividad a: Relevamiento de información de los distintos tipos de pequeñas embarcaciones, su sistema de propulsión y los sistemas asociados a la captura y almacenamiento de la muestra agua. Análisis de aspectos mecánicos y eléctricos (principalmente consumos)

Actividad b: Revisión Bibliográfica sobre las distintas implementaciones de sistemas de control remoto para el control y automatización parcial de las embarcaciones.

Actividad c: Estudio de la tecnología Lora/LoraWAN, sus características, sus elementos, sus posibles arquitecturas. Así como el estudio de los sistemas de comunicación satelitales de órbita baja y su utilización como complemento de los sistemas Lora/LoraWAN

¹⁰ Definir la programación de actividades para cada objetivo específico, y las personas responsables de su ejecución.

Etapa 2: entre el 01/10/2022 al 30/06/2023

Actividad a: Definición del diseño y desarrollo de la parte mecánica del dispositivo, es decir la embarcación propiamente dicha con su sistema de propulsión, el sistema de captura de la muestra de agua y el sistema de energía.

Actividad b: Selección de componentes, enlace de comunicaciones, protocolos y la forma de implementación de la arquitectura y el software de visualización y análisis de datos.

Etapa 3: entre el 01/12/2022 al 30/04/2023

Actividad a: Compra de componentes e insumos para la fabricación de los prototipos.

Actividad b: Diseño, desarrollo y fabricación de prototipos de la placa de comunicación Lora/LoraWan para la integración al proyecto previamente desarrollado.

Actividad c: Diseño, desarrollo y fabricación de prototipos de la placa de alimentación.

Actividad c: Armado y puesta en marcha de los prototipos desarrollados.

Etapa 4: entre el 01/05/2023 al 31/12/2023

Actividad a: Implementación del Gateway.

Actividad b: Desarrollo de Software de visualización/análisis de datos para supervisión de los sensores de la/s aplicación/es.

Actividad c: Montaje, puesta en marcha y ajuste de todos los subsistemas en la embarcación.

Actividad d: Pruebas de campo

Actividad e: Documentación de la/s aplicaciones implementadas.

| AÑO 2022 | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 | Mes 7 | Mes 8 | Mes 9 | Mes 10 | Mes 11 | Mes 12 |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| ETAPA | | | | | | | | | | | | |
| Actividad / Responsable | | | | | | | | | | | | |
| ETAPA I | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | |
| Actividad a) Responsables Lupi, De Vita, Martinez, Lucero, Horowitcz | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | |
| Actividad b) Responsables Turconi, Slawiski, Dominguez, Calabro | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | |
| Actividad c) Responsables Zaradnik | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Caccavielo Canziani Salvatore | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---|---|
| ETAPA II | | | | | | | | | | X | X | X |
| Actividad a) Responsable Lupi, De Vita, Martinez, Lucero, Horowitcz | | | | | | | | | | X | X | X |
| Actividad b) Responsables Turconi, Slawiski, Dominguez, Calabro Zaradnik Caccavielo Canziani Salvatore | | | | | | | | | | X | X | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
| ETAPA III | | | | | | | | | | | | X |
| Actividad a) Responsable Canziani, Zaradnik, | | | | | | | | | | | | X |
| Actividad b) Responsables Turconi, Calabro Caccavielo | | | | | | | | | | | | X |
| Actividad c) Responsables Slawiski, Dominguez, Salvatore | | | | | | | | | | | | X |

| AÑO 2023 | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 | Mes 7 | Mes 8 | Mes 9 | Mes 10 | Mes 11 | Mes 12 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| ETAPA Actividad / Responsable | | | | | | | | | | | | |
| ETAPA II | X | X | X | X | X | X | | | | | | |
| Actividad a) Responsable Lupi, De Vita, Martinez, Lucero, Horowitcz | X | X | X | X | X | X | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
| ETAPA III | X | X | X | X | | | | | | | | |
| Actividad b) Responsables Zaradnik | X | X | X | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Turconi, Calabro Caccavielo | | | | | | | | | | | | | |
| Actividad c) Responsables Canziani Slawiski, Dominguez, Salvatore | X | X | X | | | | | | | | | | |
| Actividad d) Responsables Turconi, Slawiski, Dominguez, Calabro Zaradnik Caccavielo Canziani Salvatore | | | X | X | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ETAPA IV | | | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Actividad a) Responsables Zaradnik Turconi, Canziani Slawiski, | | | | | X | X | X | | | | | | |
| Actividad b) Responsables Dominguez, Calabro Caccavielo Salvatore | | | | | X | X | X | | | | | | |
| Actividad c) Responsables Todos | | | | | | | X | X | X | | | | |
| Actividad d) Responsable Lupi, De Vita, Martinez, Lucero, Horowitcz | | | | | | | | X | X | X | X | | |
| Actividad d) Responsable Todos | | | | | | | | | | X | X | X | |

2.16. Resultados en cuanto a la producción de conocimiento:

Generar conocimiento a partir del análisis, ensayo y la evaluación de las distintas tecnologías de sensado de parámetros ambientales, los sistemas de toma de muestras automatizados y la implementación de comunicaciones Lora/LoraWan y su complementariedad con comunicaciones con pico y nanos satélites de órbita baja.

Desarrollar una embarcación autónoma y/o por control remoto experimental pudiendo ser empleado en: ríos, lagos, lagunas, etc. La aplicación implementada podrá ser entre otros casos utilizada en el ambiente del municipio de la Matanza la cual cuenta con uno de los ríos más importantes de la provincia de Buenos Aires (río Matanza/Riachuelo), lo cual implicara un ajuste a condiciones reales

de operación, lo que redundara en una mayor experiencia por parte de los integrantes del grupo. Así como también puede ser utilizado para la Administración general de puertos en el marco del convenio de cooperación con el objetivo de llevar adelante el Programa de Fortalecimiento de la Gestión Ambiental de la Vía Navegable Troncal.

2.17. Resultados en cuanto a la formación de recursos humanos:

Se logrará consolidar el conocimiento y fortalecer los recursos humanos en nuestra Universidad y aumentar la vinculación con los grupos de otras Instituciones involucradas en el manejo de las distintas tecnologías involucradas en las aplicaciones de Internet de las cosas y el desarrollo de sensores con micro y nano tecnología, áreas que generan muchas posibilidades de inserción laboral y es tan sensible a las necesidades de nuestro País, tal como lo demuestra la nueva ley de Economía del conocimiento.

En lo que respecta a las acciones específicas sobre los docentes investigadores en formación, se diversificara las tareas realizadas. Cada uno de ellos posee fortalezas en distintas áreas (diseño de hardware, desarrollo de firmware, desarrollo de aplicaciones de software, documentación, etc.), por lo que se fomentará el trabajo en equipo a fin de generar una sinergia entre las distintas capacidades.

En lo que respecta a becarios y alumnos de grado, se le explicaran técnicas para delimitar y organizar el trabajo a realizar, metodologías de investigación acompañada con criterios sobre la documentación del trabajo y se le fomentara el trabajo en grupo.

2.18. Resultados en cuanto a la difusión de resultados:

Las publicaciones en congresos científicos y técnicos serán uno de los medios a utilizar, además de la realización práctica y la formación de alumnos en esta temática.

A nivel nacional se pueden nombrar los siguientes:

- Congreso Argentino de Sistemas Embebidos 2022 y 2023
- Congreso de microelectrónica Aplicada 2022 y 2023
- Conaiis 2022 y 2023
- WICC 2023 y 2024*¹

A nivel Internacional: *²

- Iberchip 2023 y 2024*¹
- IEEE-Lascas 2023 y 2024*¹
- RPIC 2023

*¹ Los congresos detallados para el 2024 se suelen realizar en febrero, por lo tanto, el call for paper está cerrado antes de finalizar el año 2023.

*² La participación en los congresos internacionales esta suscripta a los fondos con que se cuente.

2.19. Resultados en cuanto a transferencia hacia las actividades de docencia y extensión:

Las publicaciones en congresos científicos y técnicos serán uno de los medios a utilizar, además de la realización práctica y la formación de alumnos en esta temática, tanto por participación directa cuanto por la generación de experiencias industriales concretas en el cuerpo docente de la Universidad.

Tanto los resultados parciales como finales del proyecto presentan excelentes ejemplos para explicar distintos conceptos dictados en las materias de grado, así por ejemplo el uso de sensores y el desarrollo de algunos de ellos a medida están relacionados con cátedras de Componentes e

Instrumentación de Control, Tecnología Electrónica y Química. La implementación de un enlace de comunicaciones Lora/LoraWan, para la transmisión de los parámetros de la embarcación, con cátedras como Comunicaciones y Medios de Enlace. Mientras que el control remoto o autónomo de la embarcación se puede relacionar con materias como Robótica y Sistema de Control

El dispositivo final, abstrayéndose el mismo de la aplicación concreta, representa una excelente plataforma para la enseñanza de los conceptos de Internet de las Cosas, temática que presenta un gran interés en la actualidad y sobre la cual se pueden dictar cursos abiertos a la comunidad, cursos interdepartamentales dentro de la universidad, con el fin de mostrar el potencial de la tecnología en distintas áreas como medicina, arquitectura, etc.

2.20. Resultados en cuanto a la transferencia de resultados a organismos externos a la UNLaM:

La aplicación implementada podrá ser utilizada en el ambiente del municipio de la Matanza la cual cuenta con uno de los ríos más importantes de la provincia de Buenos Aires (río Matanza/Riachuelo). Así como también puede ser utilizado para la Administración general de puertos en el marco del convenio de cooperación con el objetivo de llevar adelante el Programa de Fortalecimiento de la Gestión Ambiental de la Vía Navegable Troncal.

Así mismo, la experiencia adquirida permite brindar asesoramiento a empresas que estén interesadas en la implementación de algún tipo de solución de Internet de las Cosas, Ciudades Inteligentes e Industria 4.0 (temáticas muy relacionadas). Empresas varias de las cuales se encuentran radicadas en el polo tecnológico de la Universidad.

2.21. Vinculación del proyecto con otros grupos de investigación del país y del exterior:

Entre los miembros del proyecto se encuentran asesores- especialistas externos, siendo estos miembros de la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN). También se han establecido vinculaciones con investigadores del IADO (Instituto Argentino de Oceanografía del Conicet de Bahía Blanca).

2.22. Destinatarios:

| Tipo de destinatario | | Subtipo de destinatario ¹¹ | ¿Cuál? Especificar | Demandante ¹² | Adoptante ¹³ |
|----------------------|-----------|---------------------------------------|--|--------------------------|-------------------------|
| Sector Gubernamental | Gobiernos | Del Poder Ejecutivo nacional (X) | ACUMAR | | X |
| | | | Administración General de Puertos S.E. | | X |
| | | Del Poder Ejecutivo provincial | | | |
| | | Del Poder Ejecutivo municipal | | | |

¹¹ Marcar con una X

¹² Demandante: entidad administrativa de gobierno nacional, provincial o municipal constituida como demandante externo de las tecnologías desarrolladas, que determina la necesidad del proyecto por su importancia social. Marcar con una X

¹³ Adoptante: beneficiario o usuario en capacidad de aplicar los resultados desarrollados (organismos gubernamentales de ciencia y tecnología nacionales o provinciales; universidades e institutos universitarios de gestión pública o privada; empresas públicas o privadas; entidades administrativas de gobierno nacionales, provinciales o municipales; entidades sin fines de lucro; hospitales públicos o privados; instituciones educativas no universitarias; y organismos multilaterales. Marcar con una X

| | | | | | |
|-------------------|-------------------------------------|---|-------|--|---|
| | Otras Instituciones gubernamentales | Poder Legislativo en sus distintas jurisdicciones | | | |
| | | Poder Judicial en sus distintas jurisdicciones | | | |
| Sector Salud | | Hospitales, centros comunitarios de salud y otras entidades del sistema de atención | | | |
| Sector Educativo | | Sistema universitario (X) | UNLaM | | X |
| | | Sistema de educación básica y secundaria | | | |
| | | Sistema de educación terciaria | | | |
| Sector Productivo | | Empresas | | | |
| | | Cooperativas de trabajo y producción | | | |
| | | Asociaciones del Sector | | | |
| Sociedad Civil | | ONG's y otras organizaciones sin fines de lucro | | | |
| | | Comunidades locales y particulares | | | |

3-Recursos Existentes¹⁴

| Descripción/ concepto | Cantidad | Observaciones |
|------------------------|----------|--------------------------------------|
| PC de escritorio | 1 | |
| Osciloscopio | 1 | 100Mhz 1GSa |
| Fuente de alimentación | 1 | Fuente doble |
| Generador de señales | 1 | 20Mhz |
| Multímetro | 1 | |
| Decibelímetro | 1 | |
| Estación de soldado | 1 | PACE ST25E |
| Herramientas varias | 1 | Pinzas, destornilladores, etc |
| Gateway Lora | 1 | DRALG02 |

4-Recursos financieros¹⁵

| | Rubro | Año 1 | Año 2 | Total |
|------------------------------------|--|--------------------|--------------------|--------------------|
| Gastos de capital (equipamiento) | a) Equipamiento (1) | 5000 | 5000 | 10000 |
| | b) Licencias (2) | | | |
| | c) Bibliografía (3) | | | |
| | Total Gastos de Capital | \$ 5000,00 | \$ 5000,00 | \$ 10000,00 |
| Gastos corrientes (funcionamiento) | d) Bienes de consumo | 11250 | 11250 | 22500 |
| | e) Viajes y viáticos (4) | 13750 | 13750 | 27500 |
| | f) Difusión y/o protección de resultados (5) | 10000 | 10000 | 20000 |
| | g) Servicios de terceros (6) | 10000 | 10000 | 20000 |
| | h) Otros gastos (7) | | | |
| | Total Gastos Corrientes | \$ 45000,00 | \$ 45000,00 | \$ 90000,00 |

¹⁴ Antes de confeccionar el presupuesto del proyecto, será necesario que el Director incluya en esta tabla si dispone de recursos adquiridos con fondos de proyectos anteriores (equipamiento, bibliografía, bienes de consumo, etc.) a ser utilizados en el proyecto a presentar, y además se recomienda consultar en la Unidad académica la disponibilidad de recursos existentes factibles de ser utilizados en el presente proyecto.

¹⁵ Justificar presupuesto detallado. Para compras de un importe superior a \$15000.- se requieren tres presupuestos. (Resolución Rectoral N°177/2021.)

| | | | |
|-------------------------------------|------------|------------|-------------|
| Total Gastos (Capital + Corrientes) | \$50000,00 | \$50000,00 | \$100000,00 |
|-------------------------------------|------------|------------|-------------|

a) Kits de desarrollo de microcontroladores, cantidad mínima 1 unidades. Costo de referencia por kit Stm32f4 Stm32f407 Arm Cortex M4 Development - Basic Trainer (Mercado libre - https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-816307862-stm32f4-stm32f407-desarrollo-arm-cortex-m4-basic-trainer-_JM) Costo aproximado AR\$7500 al 21/02/22.

d) Los gastos de componentes electrónicos y insumos son estimados en función de la experiencia previa del grupo de investigación y los costos proporcionados por empresas como Elemon, Cika, Semak y Electrocomponentes.

e) Viajes y viáticos, se estima un viaje para presentación del trabajo en congreso en el segundo año. Se toma como referencia el promedio los costos de un pasaje en colectiva dentro del país. Fuente Plataforma 10. https://www.plataforma10.com.ar/pasajes-micro?gclid=EAlalQobChMIgd6Bpl7-5QIVFYGRCh0OjwrMEAAAYASAAEgLvVd_BwE

f) Difusión y/o protección de resultados, se estima costo para el 2022 y el 2023 sobre la base del costo de inscripción para el CADI 2021, el cual fue de AR\$5400.

g) Fabricación de circuitos impresos, se consideran dos modelos de placas a fabricar. Costo por prototipo doble Faz, aproximadamente AR\$9000 al 21/02/2022. <http://www.mayerpcb.com/precios-promocionales.html>

Aclaraciones sobre rubros del presupuesto

- 1 Equipamiento: Equipamiento, repuestos o accesorios de equipos, etc.
- 2 Licencias: Adquisición de licencias de tecnología (software, o cualquier otro insumo que implique un contrato de licencia con el proveedor).
- 3 Bibliografía: En el caso de compra de bibliografía, ésta no debe estar accesible como suscripción en la Biblioteca Electrónica.
- 4 Viajes y viáticos: Viajes y viáticos en el país: Gastos de viajes, viáticos de campaña y pasantías en otros centros de investigación estrictamente listados en el proyecto. Gastos de viaje en el exterior: (no deberán superar el 20% del monto del proyecto).
- 5 Difusión y/o protección de resultados: Ej.: (Gastos para publicación de artículos, edición de libros inscripción a congresos y/o reuniones científicas).
- 6 Servicios de terceros: Servicios de terceros no personales (reparaciones, análisis, fotografía, etc.).
- 7 Otros gastos: Incluir, si es necesario, gastos a realizar que no fueron incluidos en los otros rubros.

4.1 Origen de los fondos solicitados

| Institución | % Financiamiento |
|----------------------|-------------------------|
| UNLaM | 100 |
| Otros (indicar cuál) | |



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

Departamento:
Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
Programa de acreditación:
PROINCE
Programa de Investigación¹:

Código del Proyecto:
C246

Título del proyecto
Uso de redes LoraWAN para la gestión ambiental de ecosistemas acuáticos

PIDC:
Elija un elemento.

PII:
Elija un elemento.

Director:
Mg. Ing. LUPI Oreste Daniel
Director externo:

Codirector:
Ing. ZARADNIK Ignacio
Integrantes:

Ing. SLAWISKI Javier, Ing. TURCONI Diego, Ing. DOMINGUEZ Facundo, Ing. CACCAVIELLO Diego

Investigador Externo, Asesor- Especialista, Graduado UNLaM:
Lic. De VITA Fabian, HOROWICZ Brian, LUCERO Martin, MARTINEZ SARRASEGUE Clara
Alumnos de grado: (Aclarar si tiene Beca UNLaM/CIN)

CALABRO Juan, SALVATORE Luciano
Alumnos de posgrado:

Resolución Rectoral de acreditación: N°
712/22

¹ Los Programas de Investigación de la UNLaM están acreditados con resolución rectoral, según lo indica la Resolución HCS N° 014/15 sobre **Lineamientos generales para el establecimiento, desarrollo y gestión de Programas de Investigación a desarrollarse en la Universidad Nacional de La Matanza**. Consultar en el departamento académico correspondiente la inscripción del proyecto en un Programa acreditado.



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

Fecha de inicio:
01/01/2022
Fecha de finalización:
31/12/2023

A. Desarrollo del proyecto

A.1. Grado de ejecución de los objetivos inicialmente planteados, modificaciones o ampliaciones u obstáculos encontrados para su realización (desarrolle en no más de dos (2) páginas)

El objetivo general planteado, “Desarrollar, implementar y estudiar los resultados de uso de una pequeña embarcación experimental autónoma y/o por control remoto para la medición de parámetros ambientales y la toma de muestras en ecosistemas acuáticos”, si bien fue ejecutado en un gran porcentaje, se requirieron algunas modificaciones. A continuación, se detallarán los objetivos específicos, su nivel de ejecución, las modificaciones realizadas, junto a su justificación, y los obstáculos encontrados. Siendo estos últimos, en forma general, dificultades con los recursos humanos involucrados y aspectos económicos (ídem a los detallados en el informe de avance).

En lo que respecta al objetivo de “Diseñar y desarrollar un pequeño vehículo que permita acceder a los ecosistemas acuáticos y de modo automatizado medir in situ ciertos parámetros ambientales, así como para la toma de muestras del agua en sitios específicos”, se logró realizar en gran parte de forma satisfactoria. Se construyó una embarcación (DIIT-A) con una estructura del tipo catamarán: dos cascos paralelos de igual tamaño utilizando sendos bloques de Telgopor de alta densidad; una estructura de aluminio que permitió disponer una superficie libre entre ambos cascos para albergar el sistema de control y de toma de muestras; y un sistema de propulsión basado en dos motores de corriente continua, un sistema de impulsión realizado a través de impresión 3D. En relación con el control de la embarcación, se implementó la estructura distribuida planteada en el informe de avance, donde en una primera instancia se realizó un control en forma remota a través de un enlace de comunicación Lora y se implementó una rutina de determinación de orientación (la cual es parte de un futuro control autónomo).

Para la concreción de estos objetivos, el principal problema encontrado fue económico, dado que los fondos destinados inicialmente para el proyecto quedaron rápidamente desactualizados, llevando a replanteos de aspectos mecánicos, demoras en la ejecución y suspensión de algunas características inicialmente contempladas. Por eso, la medición de parámetros ambientales se decidió implementarlo en forma indirecta perfeccionando el sistema de miniboyas en el que anteriormente ya había trabajado nuestro Laboratorio de Inteligencia Ambiental; y que ambas embarcación y miniboya funcionen complementariamente, focalizándose la tarea en el desarrollo e implementación del sistema de toma de muestras sobre el DIIT-A. Con respecto a este último dispositivo, se logró el desarrollo mecánico de un sistema de toma y almacenamiento de hasta 8 mues-



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

tras, el cual fue realizado por medio de impresión 3D, quedando pendiente la implementación de su control.

En cuanto a las mejoras a realizar sobre el sistema de miniboyas, se destacan: mejoras en la estructura mecánica, las cuales mejoraron la flotabilidad, el grado de aislación al agua por parte de la electrónica e la inmunidad de los sensores a malezas y otros elementos del ecosistema acuático; migración del software de interfaz de la nube a una aplicación propietaria; e implementación de una política de bajo consumo que permite aumentar la autonomía.

En lo que respecta a los objetivos de “Diseñar y desarrollar un sistema de comunicación inalámbricas para la pequeña embarcación que permita su control basado en la tecnología inalámbrica que más se adecue al entono seleccionado para realizar el control. Realizar un estudio de las posibilidades de utilizar redes de satélites de baja altura, para la comunicación” y “Utilizar la tecnología Lora/LoraWAN para la telemetría de los parámetros ambientales y posicionamiento geográfico”, los mismos fueron replanteados. Al haberse suspendido la medición de parámetros ambientales, por los aspectos antes mencionados, se decidió utilizar el sistema de comunicación, con el cual se había comenzado a trabajar, en el control remoto del vehículo. Tal como se había planteado en el informe de avance, la tecnología seleccionada había resultado ser Lora. Sobre la base de esta tecnología se planteó una comunicación punto a punto entre dos dispositivos y una comunicación entre un dispositivo y un Gateway (no siendo este un equipo apto para LoraWan y de bajo costo). La primera de ellas fue exitosa, usándose como base para el control remoto del vehículo, mientras que la segunda no se llegó a finalizar de estudiar todo su potencial. El Gateway permite comunicación TCP/UDP, MQTT y HTML, llegándose tan solo a implementar la primera de ellas, lo cual se debió a las limitaciones con respecto al uso de puertos TCP/UDP dentro de la Universidad, limitación que se encuentra en gestión de solucionar al momento de realizar el presente informe. A raíz de esto, las pruebas se realizaron fuera de la Universidad. Por otro lado, y gracias la vinculación que se realizó con la Empresa Electrocomponentes S.A., se tuvo acceso temporal a un Gateway LoraWan y unos módulos de comunicación. El acceso a dicho material permitió reconocer el potencial de la tecnología y los aspectos que se deben tener en cuenta para la implementación de una red con este tipo de dispositivos.

El objetivo de “Desarrollar un software para PC/Celular que permitan monitorear el estado de la pequeña embarcación”, debió quedar en standby. La principal causa de esta decisión se debió a que el investigador Facundo Domínguez, quien estaba encargado del desarrollo de este software, tuvo una participación muy baja en esta segunda etapa por cuestiones personales. Esto en paralelo a que se había decidió suspender la medición de parámetros medioambientales, la cual guardaba una relación estrecha con el software en desarrollo.

Finalmente, objetivo de “Realizar pruebas de la embarcación en el entorno seleccionado y evaluar el desempeño del vehículo, tanto a nivel comunicación como sensado de parámetros y muestreado”, se concretó en forma parcial ya que las pruebas que se realizaron se basaron en: flotabilidad



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

de vehículo, funcionamiento de sistema de propulsión, navegación y maniobrabilidad, funcionamiento de electrónica de control de motores, operatividad del sistema embebido central y comunicación con los distintos subsistemas, enlace de comunicación Lora para control remoto y funcionamiento general de todos los sistemas en conjunto. Todas estas pruebas resultaron satisfactorias, aunque se detectaron aspectos de mejora en la implementación del sistema de transmisión realizado con impresión 3D.

En general los replanteos del proyecto tuvieron como causa de aspectos económicos y de recursos humanos. Los aspectos económicos, ya mencionados, ocasionaron una demora en el desarrollo del vehículo. Mientras que, en relación con los recursos humanos, el grupo de asesores externos de la Fundación Argentina de Nanotecnología vio muy limitada su participación a raíz de cambio de autoridades en la institución y replanteo de sus actividades.

Como conclusión general se puede decir que se ha logrado el desarrollo de un vehículo experimental que permite acceder a ecosistemas acuáticos con la flexibilidad para realizar múltiples tareas y de aplicar técnicas de control y estudios ambientales en la medida que se completen sus capacidades.

B. Principales resultados de la investigación

B.1. Publicaciones en revistas (informar cada producción por separado)

| | |
|--|--------------------|
| Artículo 1: | |
| Autores | |
| Título del artículo | |
| N° de fascículo | |
| N° de Volumen | |
| Revista | |
| Año | |
| Institución editora de la revista | |
| País de procedencia de institución editora | |
| Arbitraje | Elija un elemento. |
| ISSN: | |
| URL de descarga del artículo | |
| N° DOI | |

B.2. Libros

| | |
|------------------|--|
| Libro 1 | |
| Autores | |
| Título del Libro | |
| Año | |
| Editorial | |



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

| | |
|---------------------------|--------------------|
| Lugar de impresión | |
| Arbitraje | Elija un elemento. |
| ISBN: | |
| URL de descarga del libro | |
| N° DOI | |

B.3. Capítulos de libros

| | |
|---------------------------------|--------------------|
| | |
| Autores | |
| Título del Capítulo | |
| Título del Libro | |
| Año | |
| Editores del libro/Compiladores | |
| Lugar de impresión | |
| Arbitraje | Elija un elemento. |
| ISBN: | |
| URL de descarga del capítulo | |
| N° DOI | |

B.4. Trabajos presentados a congresos y/o seminarios

| | |
|---|--|
| | |
| Autores | <i>Zaradnik, Ignacio; Dominguez, Facundo; Kumvich, Augusto; Lupi, O.Daniel; Caccaviello, Diego.</i> |
| Título | <i>Desarrollo de middleware y aplicación cliente para sistema de miniboyas ambientales</i> |
| Año | <i>2022</i> |
| Evento | <i>WICC 2022</i> |
| Lugar de realización | <i>Mendoza-Argentina</i> |
| Fecha de presentación de la ponencia | <i>28-29 de Abril</i> |
| Entidad que organiza | <i>Universidad Champagnat</i> |
| URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.) | <i>https://wicc2022.uch.edu.ar/descargas/Libro-de-Actas-WICC-2022-1.pdf</i> |



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

| | |
|---|--|
| Autores | <i>Zaradnik, Ignacio; Lupi, O.Daniel; Caccaviello, Diego; Slawiski, Javier; Turconi, Diego.</i> |
| Título | <i>Miniboyas ambientales para monitoreo de ecosistemas acuáticos</i> |
| Año | <i>2023</i> |
| Evento | <i>CASE 2023</i> |
| Lugar de realización | <i>Bahía Blanca, Bs.As.- Argentina</i> |
| Fecha de presentación de la ponencia | <i>10-11 de agosto</i> |
| Entidad que organiza | <i>Universidad del Sur – UTN Facultad Regional Bahía Blanca</i> |
| URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.) | <i>https://case.ar/wp-content/uploads/2023/11/libro2023.pdf</i> |

| | |
|---|---|
| Autores | <i>Ignacio Zaradnik, Luciano Salvatore, Oreste Daniel Lupi, Diego Turconi, Juan Pablo Calabro</i> |
| Título | <i>Determinación de la Orientación en Vehículos No Tripulados</i> |
| Año | <i>2023</i> |
| Evento | <i>CACIC 2023</i> |
| Lugar de realización | <i>Lujan, Bs.As.- Argentina</i> |
| Fecha de presentación de la ponencia | <i>09-12 de octubre</i> |
| Entidad que organiza | <i>Universidad Nacional de Lujan</i> |
| URL de descarga del trabajo (especificar solo si es la descarga del trabajo; formatos pdf, e-pub, etc.) | <i>No disponible aun</i> |

B.5. Otras publicaciones

| | |
|----------------------|--|
| Autores | |
| Año | |
| Título | |
| Medio de Publicación | |



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

C. Otros resultados. Indicar aquellos resultados pasibles de ser protegidos a través de instrumentos de propiedad intelectual, como patentes, derechos de autor, derechos de obtentor, etc. y desarrollos que no pueden ser protegidos por instrumentos de propiedad intelectual, como las tecnologías organizacionales y otros. Complete un cuadro por cada uno de estos dos tipos de productos.

C.1. Títulos de propiedad intelectual. Indicar: Tipo (marcas, patentes, modelos y diseños, la transferencia tecnológica) de desarrollo o producto, Titular, Fecha de solicitud, Fecha de otorgamiento

| Tipo | Titular | Fecha de Solicitud | Fecha de Emisión |
|------|---------|--------------------|------------------|
| | | | |

C.2. Otros desarrollos no pasibles de ser protegidos por títulos de propiedad intelectual. Indicar: Producto y Descripción.

| Producto | Descripción |
|----------|-------------|
| | |

D. Formación de recursos humanos. Trabajos finales de graduación, tesis de grado y posgrado. Completar un cuadro por cada uno de los trabajos generados en el marco del proyecto.

D.1. Tesis de grado

| Director (apellido y nombre) | y Autor (apellido y nombre) | Institución | Calificación | Fecha /En curso | Título de la tesis |
|------------------------------|-----------------------------|-------------|--------------|-----------------|--------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |

D.2 Trabajo Final de Especialización

| Director (apellido y nombre) | y Autor (apellido y nombre) | Institución | Calificación | Fecha /En curso | Título del Trabajo Final |
|------------------------------|-----------------------------|-------------|--------------|-----------------|--------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |

D.2. Tesis de posgrado: Maestría

| Director (apellido y nombre) | y Tesista (apellido y nombre) | Institución | Calificación | Fecha /En curso | Título de la tesis |
|------------------------------|-------------------------------|-------------|--------------|-----------------|--------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|

D.3. Tesis de posgrado: Doctorado

| Director (apellido y nombre) | Tesista (apellido y nombre) | Institución | Calificación | Fecha /En curso | Título de la tesis |
|------------------------------|-----------------------------|-------------|--------------|-----------------|--------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |

D.4. Trabajos de Posdoctorado

| Director (apellido y nombre) | Posdoctorando (apellido y nombre) | Institución | Calificación | Fecha /En curso | Título del trabajo | Publicación |
|------------------------------|-----------------------------------|-------------|--------------|-----------------|--------------------|-------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |

E. Otros recursos humanos en formación: estudiantes/ investigadores (grado/posgrado/ posdoctorado)

| Apellido y nombre del Recurso Humano | Tipo | Institución | Período (desde/ hasta) | Actividad asignada ² |
|--------------------------------------|------------|-------------|------------------------|---|
| CALABRO Juan, SALVATORE Luciano | Estudiante | UNLaM | 01/22-12/23 | Según programación de actividades FPI-002 |
| SALVATORE Luciano | Estudiante | UNLaM | 01/22-12/23 | Según programación de actividades FPI-002 |

F. Vinculación³: Indicar conformación de redes, intercambio científico, etc. con otros grupos de investigación; con el ámbito productivo o con entidades públicas. Desarrolle en no más de dos (2) páginas.

Como parte de las acciones de vinculación, el grupo participó en el II Conversatorio “Proyectos de Investigación y Gestión Medioambiental 2023” en la Universidad Nacional de la Matanza. La misma fue organizada por el Instituto de medio ambiente de la Universidad y buscó conocer los proyectos ejecutados al interior de la UNLaM y a su vez, fortalecer vínculos y aunar esfuerzos y tareas para consolidar proyectos que atravesen la temática ambiental. En la jornada participaron grupos del departamento de ingeniería e investigación tecnológica, del departamento de Humanidades y ciencias sociales y del Instituto de medio ambiente. La reunión concluyó cumpliendo con el come-

² Descripción de la/s actividad/es a cargo (máximo 30 palabras)

³ Entendemos por acciones de “vinculación” aquellas que tienen por objetivo dar respuesta a problemas, generando la creación de productos o servicios innovadores y confeccionados “a medida” de sus contrapartes.



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

tido de conocer los proyectos y poder fortalecer los mismos desde las diferentes áreas. Se destaca en especial la vinculación realizada con el grupo de Karlem Claudio, Weston Valeria, Celia Agustina y Beccaria Mariana del departamento de Humanidades y ciencias sociales que presentaron el trabajo “Aguas – Análisis General de la Utilización del Agua y la Sustentabilidad”.

Por otro lado, el grupo se vinculo con la empresa Electrocomponentes S.A., empresa que se dedica a la comercialización de componentes electrónicos, como parte de la investigación del sistema de comunicaciones. Como resultado de esta vinculación, el grupo tubo acceso temporal a dispositivos y un Gateway LoraWan, el cual estaba fuera de los alcances por cuestiones económicas. Esto permitió reconocer el potencial de la tecnología y los aspectos que se deben tener en cuenta para la implementación de una red con este tipo de dispositivos.

G. Otra información. Incluir toda otra información que se considere pertinente.

H. Cuerpo de anexos:

- Anexo I: Copia de cada uno de los trabajos mencionados en los puntos B, C y D, y certificaciones cuando corresponda.⁴
- Anexo II:
 - FPI-013: Evaluación de alumnos integrantes. (si corresponde)
 - FPI-014: Comprobante de liquidación y rendición de viáticos. (si corresponde)
 - FPI-015: Rendición de gastos del proyecto de investigación acompañado de las hojas foliadas con los comprobantes de gastos.
 - FPI-035: Formulario de reasignación de fondos en Presupuesto.
- Nota justificando baja de integrantes del equipo de investigación.

_____ Oreste Daniel Lupi _____

Firma y aclaración
del director del proyecto.

Lugar y fecha :.....San Justo, 16 de febrero de 2024.....

⁴ En caso de libros, podrá presentarse una fotocopia de la primera hoja significativa o su equivalente y el índice.



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

- Cargar este formulario junto con los documentos correspondientes **exclusivamente** al Anexo I en SIGEVA UNLaM.



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

ANEXO I



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

Desarrollo de middleware y aplicación cliente para sistema de miniboyas ambientales

Zaradnik, Ignacio; Dominguez, Facundo; Kumvich, Augusto; Lupi, O.Daniel;
Caccaviello, Diego.

Laboratorio de Inteligencia Ambiental Departamento de Ingeniería e Investigación Tecnológica,
Universidad Nacional de La Matanza. Buenos Aires, Argentina

izaradnik@unlam.edu.ar, dominguez@unlam.edu.ar, kumvich@gmail.com, ohupi@unlam.edu.ar,
dcaccaviello@unlam.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo detalla el desarrollo y la implementación de un middleware y la aplicación cliente de un sistema de miniboyas ambientales. Se comienza planteando la importancia del agua como recurso natural y los medios para asegurar su calidad. A continuación, se describe el hardware utilizado en la miniboya y los antecedentes asociados al presente trabajo. Finalmente, se realiza una breve explicación de la arquitectura del software implementado, se detallan sus principales elementos y las consideraciones tenidas en cuenta en el desarrollo del middleware y de la aplicación cliente.

Palabras Clave: Middleware, Internet de las cosas, Ecosistema Acuático, SQL, MQTT.

CONTEXTO

En el marco del Laboratorio de Inteligencia Ambiental del Departamento de Ingeniería e Investigación Tecnológica de la Universidad Nacional de La Matanza, se está trabajando desde hace algunos años en aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT) [1][2][3]. El presente trabajo es parte de lo realizado en el marco del proyecto "Internet de las Cosas en Miniboyas Ambientales", el cual se ha desarrollado entre comienzos del 2020 y fines del 2021. Este trabajo se financió con fondos provenientes del Programa de Incentivos para Docentes Investigadores de la Secretaría de Políticas Universitarias (PROINCE).

1. INTRODUCCION

En la actualidad existe una creciente

determinadas actividades humanas pueden causar sobre él. En especial lo que afecta a los recursos naturales, destacándose el agua, que es un elemento básico para la vida. Según la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura), el agua dulce es el recurso más importante para la humanidad, ya que abarca todas las actividades sociales, económicas y ambientales. Es una condición para toda la vida en nuestro planeta, un factor habilitador o limitante para cualquier desarrollo social y tecnológico, una posible fuente de bienestar o miseria, cooperación o conflicto [4]. En nuestro país, datos de AySA (Agua y Saneamientos Argentinos) indican que el 13% de la población no tiene acceso a agua potable [5]. El saneamiento inadecuado del agua para consumo humano es una de las causas de múltiples enfermedades y muertes a nivel mundial [6]. Por esta razón, determinar la calidad de las fuentes de agua que se utilizan para el consumo humano y de animales resulta indispensable, pudiendo así evitar las enfermedades y muertes resultantes del consumo de agua con el incorrecto saneamiento. Para asegurar la calidad del agua se consideran parámetros físicos, químicos y biológicos. Estos parámetros se fijan de manera diferenciada según los usos a los que se va a destinar el recurso (consumo humano, riego, industria, ganadería, vida acuática). En función de esta problemática es que se planteó el desarrollo de un sistema de miniboyas para el monitoreo de los ecosistemas acuáticos.



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

2. LINEAS DE INVESTIGACION y DESARROLLO

El objetivo general de este trabajo es desarrollar, implementar y estudiar los resultados del uso del sistema experimental de miniboyas ambientales. Para ello se investigaron: los distintos parámetros a medir para determinar la calidad del agua y los sensores asociados, la electrónica necesaria para acondicionar las señales de los sensores y para su procesamiento, las tecnologías de comunicaciones para la transmisión de los datos recolectados y los distintos medios para implementar un middleware y la aplicación cliente [7][8][9]. El presente trabajo se enfoca en este último punto.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

3.1. Hardware del sistema

En la figura N°1 se puede observar el diagrama de bloques de la miniboya, mientras que en la figura N°2 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. En lo que respecta a los sensores, se consideraron los siguientes: oxígeno disuelto (SEN0237-A); conductividad (DFR0300-H) y pH/temperatura (SEN0249).

3.2. Antecedentes

En paralelo al desarrollo de los programas presentados en este trabajo se analizaron distintas alternativas de computación en la nube: IBM Cloud Solutions, Microsoft Azure Cloud, Google Cloud, Telit devicewise y Digi Remote Manager. Como consecuencia de este análisis, se desarrolló una interfaz gráfica basada en la opción Telit deviceWise [9]. La elección de esta opción se fundamentó en que:

en la cantidad de dispositivos conectados y el tiempo de permanencia de los datos); no limita el tiempo de uso de la plataforma; permite la utilización de mapas para la geolocalización; al trabajar con un módulo celular de Telit (como se realizó), la integración de éste a la plataforma es mucho más sencilla y el proveedor brinda soporte para la implementación. Con este análisis y el desarrollo implementado, se logró adquirir un mayor entendimiento de las distintas alternativas para futuros proyectos.

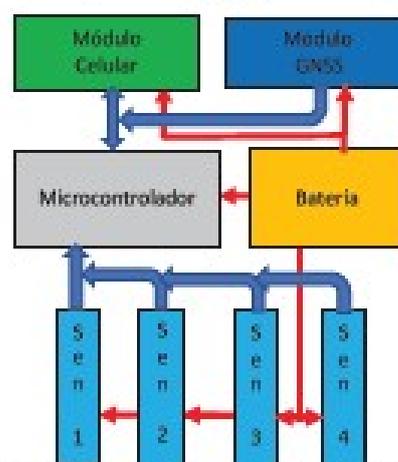
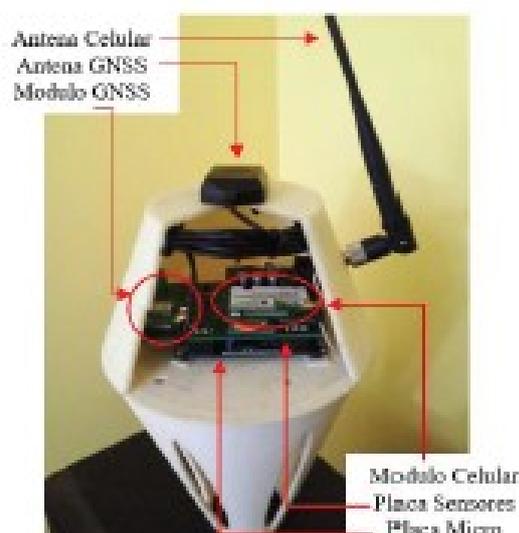


Figura N°1. Diagrama en bloques del sistema.





| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

3.3. Desarrollo

3.3.1. Descripción General

En la figura N°3 se puede ver la arquitectura del software implementado (middleware y cliente). Dicho software se implementó en servidores propios, es decir, no se usó ningún servicio de computación en la nube. El middleware implementado consta de tres elementos: un broker MQTT, un intérprete de datos y una base de datos MySQL.

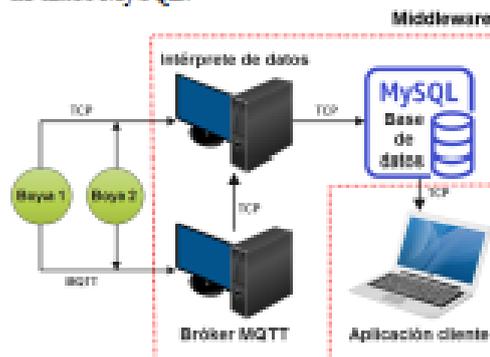


Figura N°3. Arquitectura del Software.

Periódicamente, los valores de los sensores y la posición brindada por el módulo GNSS son leídos por el microcontrolador, quien empaqueta dichos datos junto con un identificador único de la boya y un CRC (código de redundancia cíclica) para la detección de errores. Luego, los datos empaquetados son transmitidos al middleware a través de la conexión celular, por medio del protocolo TCP o MQTT. En el primer caso la comunicación se establece directamente con el intérprete de datos, mientras que en el segundo la miniboya publica sus datos con un tópico específico (INTERPRETE) en el broker MQTT. Al encontrarse el intérprete de datos suscripto a dicho tópico en el mismo broker (ya que se encuentra funcionando como un cliente MQTT), este va a recibir los datos transmitidos por las miniboyas. A la trama de datos recibida, ya sea a través del protocolo TCP o MQTT, se le verifica la integridad a través del CRC integrado en la misma. Si esta fuese correcta, se confirma la recepción satisfactoria a la miniboya ya sea a través de un mensaje por medio del

(ESTACIONES), al cual las miniboyas se encuentran suscriptas. Validado el mensaje recibido, se extraen sus datos de este y se almacenan en la base de datos, quedando la información disponible para ser accedida por la aplicación cliente.

3.3.2. Broker MQTT

Como broker MQTT se utilizó Eclipse Mosquitto™, un servidor de mensajes de código abierto (con licencia EPL/EDL) que implementa las versiones 5.0, 3.1.1 y 3.1 del protocolo MQTT. Su instalador se puede descargar de <https://mosquitto.org/download/>. Luego de la instalación, fue necesario configurar el broker para permitir la conexión de clientes que se encuentren en otro dispositivo. Para ello, se debió editar el archivo "mosquitto.conf", ubicado en el directorio de instalación (por defecto "C:\Program Files (x86)\Mosquitto"), agregando las siguientes líneas para indicar el puerto de conexión, y habilitar la conexión de clientes anónimos, sin que tengan que autenticarse:

- listener 1883
- allow_anonymous true

Por último, fue necesario permitir la conexión del archivo "mosquitto.exe" en el firewall de Microsoft Windows, creando la regla de entrada y salida correspondiente.

3.3.3. Intérprete

El intérprete se realizó con la versión de prueba LabWindows/CVI 2015 SP1 cuyo instalador, se encuentra disponible de manera gratuita en la página web de National Instruments, [10]. Para la comunicación del intérprete con la miniboya a través del protocolo TCP, se emplearon librerías estándar provistas en la instalación del LabWindows/CVI. Mientras que, para la comunicación con la base de datos, se usó la librería libmysql versión 5.7.31.0, provista por MySQL, disponible para su descarga de <https://dev.mysql.com/downloads/mysql/5.7.html>. Finalmente, para la comunicación con el broker MQTT se debió integrar la librería



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

documentación

(<https://mosquito.org/man/libmosquito-3.html>). La figura N°4 presenta la interfaz gráfica de la aplicación interprete. A través de esta, se podrá configurar la conexión a la base de datos (dirección IP de servidor de base de datos, usuario y contraseña), el puerto TCP al cual se podrán conectar las miniboyas y los parámetros para la conexión al broker MQTT (dirección IP del broker, puerto de comunicación, tópico al cual subscribirse y tópico en el cual publicar).



Figura N°4. Interfaz gráfica del interprete.

3.3.4. Base de datos

Como base de datos se empleó MySQL (<https://www.mysql.com/>), el cual es un sistema de bases de datos relacional, multihilo y multiusuario con licencia GNU GPL. Para la presente aplicación solo se ha implementado una tabla con los siguientes parámetros:

- **IDLog:** Identificación única del registro
- **IDDispositivo:** Identificación del dispositivo que realizó la medición
- **Latitud:** Latitud del punto en donde se realizó la medición
- **Longitud:** Longitud del punto en donde se realizó la medición
- **Fecha:** Fecha de la medición
- **Hora:** Hora de la medición
- **S1:** Valor del sensor 1(Oxígeno disuelto)
- **S2:** Valor del sensor 2 (pH)
- **S3:** Valor del sensor 3 (Conductividad)

- **Fecha Carga:** Fecha en la cual se cargó el registro en la base de datos
- **Hora Carga:** Hora en la cual se cargó el registro en la base de datos.

3.3.4. Aplicación cliente

Al igual que el intérprete, la aplicación cliente fue realizada con LabWindows/CVI. La figura N°5 presenta la pantalla principal de la aplicación.



Figura N°5. Pantalla principal de la aplicación cliente.

La pantalla principal consta de un mapa con la ubicación de cada una de las boyas (actualmente es una imagen fija georeferenciada, pero está previsto la inclusión de un motor de mapas). Debajo de esta, se encuentran botones que permiten el acceso a la información de cada una de las boyas. En la figura N°6 se presenta la pantalla de cada una de las boyas, en donde se puede ver la fecha, la hora y los valores de la última medición recibida, así como también un gráfico histórico con los valores registrados.

3.4. Conclusiones

Se logró la implementación de un middleware y la aplicación cliente de un sistema de miniboyas. Si bien el sistema desarrollado es de carácter experimental, a través del mismo se han logrado habilidades en el desarrollo de hardware, firmware (asociado a la miniboya), uso de servicios en la nube, desarrollo de software con la integración de servicios



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

MySQL) y el desarrollo de aplicaciones móviles, las cuales no fueron tratadas por cuestiones de espacio.

A futuro se prevé continuar la investigación de la temática de control de calidad de ecosistemas acuáticos, integrando nuevas variables a monitorear (micro/nano plásticos y cianobacterias), implementando mejoras en la interfaz gráfica (como la integración de motores de mapas), incluyendo seguridad middleware y usando librerías de análisis de datos para obtener información de los datos obtenidos.



Figura N°6. Pantalla de información de boya.

4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

El ámbito de este proyecto permitió tanto la formación grupal del equipo de trabajo, así como la individual de cada uno de sus miembros. La formación grupal buscó generar conocimiento en la temática de aplicaciones de Internet de las cosas y monitoreo de la calidad de los ecosistemas acuáticos. En relación las formaciones individuales, se enumeran a continuación: Ignacio Zaradnik la gestión de grupos de trabajos, Diego Caccaviello la revisión bibliográfica y la elaboración de estados del arte, Facundo Dominguez el diseño de software, Diego Turconi el diseño de aplicaciones de sistemas embebidos y Augusto Kumbich el desarrollo del hardware.

5. REFERENCIAS

[1] Canziani; Gomez; Lupi; Nassipian;

Inteligentes a Internet de las Cosas” en el Congreso Argentino de Sistemas Embebidos 2014. ISBN 978-987-45523-27.

[2] Bernis; Turconi; Benacerraf; Dominguez; Lupi; Zaradnik; Rzepa, “Sistema de seguimiento de dosimetría personal”. VII congreso de microelectrónica aplicada 2016. ISBN: 978-987-733-068-7.

[3] Lupi; Zaradnik; Turconi; Dominguez, “Sistema de visualización de precios para supermercados”. Congreso Argentino de Sistemas Embebidos 2017 (Case 2017), Buenos Aires, Argentina. ISBN: 978-987-46297-3-9.

[4] UNESCO (n.d). “Water Security”. Extraída el 06/03/2022 desde <https://en.unesco.org/themes/water-security>

[5] Pablo Bereciartua (2019), “Los desafíos del agua en la Argentina: el desarrollo del Plan Nacional del Agua”. Extraída el 14/05/2021 desde https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/02_pb_los_desafios_del_agua_en_la_argentina.pdf

[6] Médicos sin fronteras (n.d). “Agua y Saneamiento. ¿Por qué se debe proporcionar agua y saneamiento?”. Extraída el 14/05/2021 desde <https://www.msf.org.ar/conocenos/actividades-medicas/agua-y-saneamiento>

[7] O.Lupi, I.Zaradnik, M.Canziani. “Estado del arte de los sistemas de monitoreo de calidad de agua”. Revista Digital del Departamento de Ingeniería (Reddi). Vol.5 número 2 (2020). Publicado 31/12/2020.

[8] O.Lupi, D.Turconi, J.Slawiski. “Monitoreo de Ecosistemas Acuáticos”. Revista Digital del Departamento de Ingeniería (Reddi). Vol.7 número 2 (2021). Publicación pendiente.

[9] O.Lupi, I.Zaradnik, A.Agüero, C.Behar, L.Lanzillotti, M.Vázquez. “Interfaz gráfica en la nube para monitoreo de miniboyas ambientales”. 5to Congreso Argentino de Ingeniería. Libro de Resúmenes (10/2021).

[10] “Lab/Windows” (n.d). Extraída el 06/03/2022 desde <https://www.ni.com/es-es/support/downloads/software->



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |



XXIV WORKSHOP DE INVESTIGADORES EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

Se certifica que

ha participado en calidad de autor del artículo

aceptado en el XXIV WORKSHOP DE INVESTIGADORES EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN – WICC 2022
organizado por la Universidad Champagnat.

Abril 2022 - Mendoza, Argentina.


Lic. Patricia Pesado
Coordinadora
RedUNCI


Lic. Alejandro Giuffrida
RECTOR
UNIVERSIDAD CHAMPAGNAT



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

cuerpo principal con el objetivo de obtener un cuerpo superior completamente sellado contra el ingreso de agua, protegiendo la electrónica alojada. A continuación, se incorporaron cuatro flotadores laterales capaces de asegurar la flotabilidad de la boyita con todos los sistemas electrónicos alojados en su interior. Adicionalmente, se colocó un alojamiento para batería, el cual no se había tenido en cuenta en el prototipo inicial. El alojamiento se ubicó en la parte central de la boyita de forma tal de mantener el sistema balanceado.

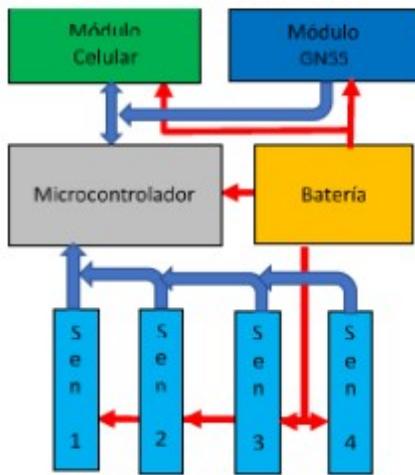


Fig. 1. Diagrama en bloque de miniboya.



Fig. 2. Integración de la electrónica.



Fig. 3. Estructura mecánica de la miniboya.

Con el fin de asegurar el funcionamiento de los sensores y evitar que estos se vean afectados por malezas u otro tipo de elementos presentes en el ambiente de operación, se rediseñó el alojamiento de los sensores colocando cuatro aberturas laterales y una abertura inferior del tamaño adecuado para permitir el ingreso de agua y evitar el ingreso de objetos extraños. Finalmente, se colocó una manija superior con el objetivo de mejorar el transporte de la boyita.

C. Nueva interfaz gráfica

Si bien inicialmente para el desarrollo de la interfaz gráfica del sistema de miniboyas se empleó el servicio de Nube de la empresa Telit [2], como evolución se planteó una interfaz basada en LabWindows, un Broker MQTT (Eclipse Mosquitto) y en bases de datos MySQL. Además, se contempló que la interfaz gráfica pueda recibir datos a través de un puerto TCP para soportar dispositivos que no puedan implementar el protocolo MQTT. Este nuevo enfoque buscó evitar los costos de la plataforma en caso de que se escale la aplicación. La Fig. 4 presenta la arquitectura de la aplicación y la Fig. 5 la pantalla principal. Detalles de la presente interfaz gráfica se encuentran en [3].

D. Estudio de consumos

El presente estudio buscó caracterizar los consumos de los distintos elementos que conforman la miniboya. El mismo fue realizado en las inmediaciones de la laguna de Chascomús, provincia de Buenos Aires, con cielo parcialmente nublado (condición que afecta la recepción de la señal satelital del módulo GNSS). Con los datos obtenidos se pretendió detectar las fuentes de mayor consumo a fin de poder definir un tiempo de reporte y una batería que maximice la relación entre la autonomía y el costo. Por haberse realizado la integración de la miniboya con kits de desarrollo y placas de evaluación, los datos obtenidos son más bien de carácter cualitativos.

El sistema fue alimentado con una fuente regulada de 30V-3A (UNI-T UTP33 13TFL-II alimentada con un invertir de onda pura de 12V y 500VA) ajustada en 7,4V y el consumo fue medido a la salida de esta por medio de un multímetro (UNI-T UT71A). A continuación, se detallan los consumos individuales: electrónica general (fuente y lógica), sensores (temperatura y pH) y microcontrolador operativo (12MHz), 72 mA; electrónica general, sensores y microcontrolador en bajo consumo, 57 mA; módulo GNSS, 73 mA; módulo celular en proceso de registro, 65 mA; módulo celular transmitiendo, 78 mA.

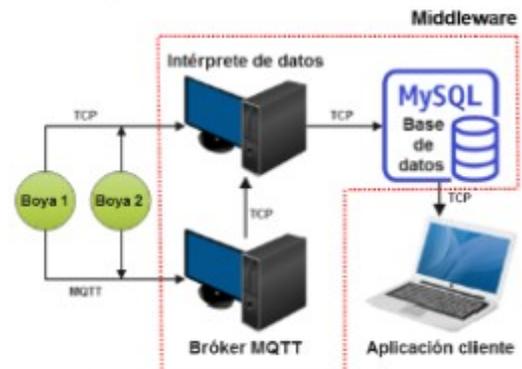


Fig. 4. Arquitectura de la interfaz gráfica.



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |



Fig. 5. Pantalla principal de la interfaz gráfica.

Teniendo en cuenta que el tiempo medido en el cual el módulo GNSS toma señal es 60 segundos (cold start), el tiempo en el que el módulo celular obtiene registro es 30 segundos y el tiempo en que este realiza la transmisión de los datos es 30 segundos, se implementó una secuencia en la cual se solapan durante los últimos 30 segundos la obtención de la señal de GNSS y el registro del módulo celular. La tabla I presenta los consumos de cada una de las etapas de la secuencia implementada, mientras que la Fig. 6 presenta un gráfico de consumo con respecto al tiempo en donde se resumen los valores detallados. El tiempo entre que el microcontrolador se activa y comienza el proceso de obtención de señal del módulo GNSS es menor al segundo, por lo que dicho tiempo no se aprecia en el gráfico. El tiempo total en que el sistema se despierta y transmite la información a la interfaz gráfica es de aproximadamente 1,5 minutos.

TABLA I. CONSUMOS EN CADA ETAPA DE LA SECUENCIA IMPLEMENTADA

| Etapa | Estado | Consumo |
|-------|--|---------|
| 1 | Placa encendida / microcontrolador en bajo consumo | 57 mA |
| 2 | Placa encendida / microcontrolador activo | 72 mA |
| 3 | Placa encendida / microcontrolador activo / GNSS obteniendo señal | 145 mA |
| 4 | Placa encendida / microcontrolador activo / GNSS obteniendo señal / modulo celular registrándose | 210 mA |
| 5 | Placa encendida / microcontrolador activo / modulo celular transmitiendo | 150 mA |

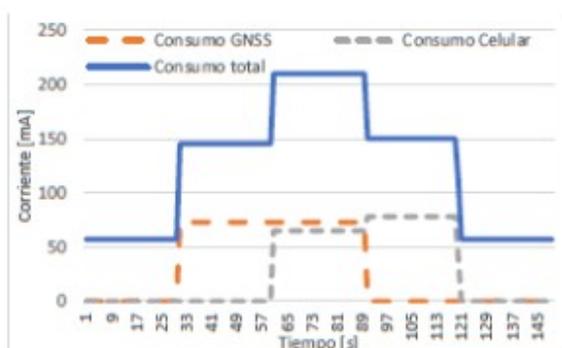


Fig. 6. Gráfica de consumos.

Con estos datos se pudo estimar que por cada ciclo de toma de datos y transmisión se deben estimar 2,775mAh

(extra a lo que consumiría el sistema en bajo consumo), lo cual es consecuencia de la activación de los módulos GNSS y celular. Suponiendo una transmisión por hora y un sistema de alimentación formado por 4 baterías de litio-ion 18650 de 3500mAh (conectadas 2 en serie y luego cada par en paralelo), se calculó una autonomía de aproximadamente 117 horas. Posteriores pruebas realizadas en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y en las localidades de Arrecife, San Martín y La Matanza, de la provincia de Buenos Aires, validaron la aproximación realizada.

III. CONCLUSIONES

Se lograron avances en el desarrollo de un sistema de monitoreo de ecosistemas acuáticos de carácter experimental: mejora de aspectos mecánicos, desarrollo de interfaz gráfica en lugar de usar una plataforma comercial e implementación de política de bajo consumo.

En lo que respecta a la mecánica de miniboya, si bien se logró mejorar la flotabilidad, así como otros aspectos antes mencionados, se contempló el relleno de los flotadores con espuma de poliuretano expandido.

El desarrollo de una interfaz gráfica propia fue realizado satisfactoriamente en lo que respecta a la comunicación y la presentación de información, existiendo posibilidad de mejora en aspectos estéticos y de seguridad de datos. Se contemplan a futuro la inclusión de mapas dinámicos, ya que lo que se encuentra implementado actualmente es a través de una imagen fija, y de la implementación del protocolo SSL en la comunicación.

Finalmente, en lo que respecta al estudio de consumo, si bien se suponía que los consumos que se obtuvieran no serían adecuados para una aplicación que requiere gran autonomía (mayor a un mes), se ha identificado varios aspectos en los cuales mejorar el hardware implementado para aumentar la autonomía. A continuación, se detallan algunos aspectos que redundarían en la reducción de los 57 mA de piso que se tiene: implementar circuitos de apagado de sensores, uso de fuente de alimentación de mayor eficiencia e integración del microcontrolador en lugar de usar un kit de desarrollo. A fin de reducir el consumo en el ciclo de toma de datos y transmisión las mejoras a implementar serían: utilizar un módulo celular con GNSS integrado, emplear la red 4G LTE CAT M en lugar de la red 3G y utilizar una antena pasiva para el módulo GNSS.

REFERENCIAS

- [1] Oreste D. Lupi, Ignacio J. Zaradnik, Monica B. Canziani. "Estado del arte de los sistemas de monitoreo de calidad de agua". Revista Digital de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de la Matanza, vol. 5, no. 2, 2020.
- [2] Oreste D. Lupi, Diego H. Turconi, Javier M. Slawski. "Monitoreo de ecosistemas acuáticos". Revista Digital de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de la Matanza, vol. 6, no. 2, 2021.
- [3] Ignacio Zaradnik, Facundo Domínguez, Augusto Kumvich, Oreste D. Lupi, Diego Caccaviello. "Desarrollo de middleware y aplicación cliente para sistema de miniboyas ambientales". Libro de actas XXIV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, pp.438-442, 2022.
- [4] Ministerio de Obras Públicas, República Argentina. (n.d). Instituto Nacional del Agua [Online]. Disponible: <https://www.argentina.gob.ar/ina>

| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |



Asociación Civil para la
Promoción, Investigación y
Desarrollo de los Sistemas
Electrónicos Embebidos

Agradecimiento

Agradecemos la participación de

I. Zaradnik, J. Slawiski, D. Lupi, D. Caccaviello, D.

Turconi

por presentar el siguiente trabajo en la modalidad *Reporte*:

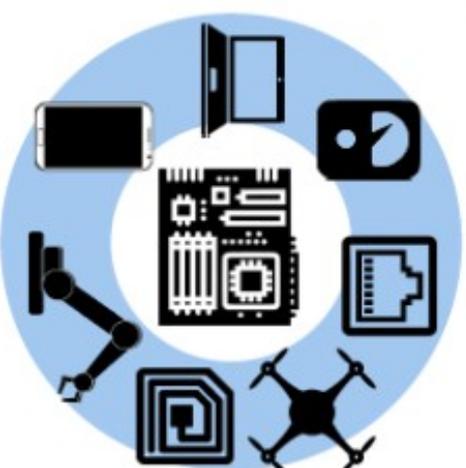
“Miniboyas ambientales para monitoreo de ecosistemas acuáticos”

en el **Congreso Argentino de Sistemas Embebidos**
realizado del 10 al 11 agosto de 2023.


Dr. Maximiliano Antonelli
Comité CASE 2023


Dra. Luciana De Micco
Comité CASE 2023


Mg. Ing. Diego J. Brengi
Comité CASE 2023





| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

por control remoto para la medición de parámetros ambientales y la toma de muestras en ecosistemas acuáticos.

En el modo de funcionamiento autónomo, el control de la trayectoria depende de tres parámetros: la posición, el curso y la orientación. Es importante aclarar que el curso y la orientación no son lo mismo, mientras que el curso nos indica en qué dirección se mueve el vehículo, la orientación nos indica en qué dirección esta apuntando el mismo, una simple explicación se puede encontrar en [10]. En función de la orientación, el sistema de control del vehículo opera sobre los actuadores a fin de mantener el curso que posee o cambiarlo, y de esta forma llegar de la posición actual a la deseada.

La posición y el curso del dispositivo puede ser obtenidas por medio de la incorporación de un módulo GNSS (siglas en inglés de Sistema global de navegación por satélite) a través de la lectura de la trama RMC (Datos de tránsito/GPS específicos mínimos recomendados por sus siglas en inglés) del protocolo NMEA (siglas en inglés de Asociación Nacional de Electrónica Marina) [11]. Mientras que para la orientación es necesario el uso de sensores inerciales: acelerómetro, magnetómetro y giróscopo. A través del magnetómetro se obtiene la orientación por medio de la medición del campo magnético terrestre [12], mientras que el acelerómetro y el giróscopo pueden ser utilizados para compensar el movimiento del sistema y mejorar el cálculo de la trayectoria como se describe en [13].

2 Desarrollo

2.1 Arquitectura del Sistema

En la figura N°1 se puede ver la arquitectura planteada para el USV, en donde se tiene un sistema central y subsistemas para las distintas tareas a desarrollar. El subsistema de alimentación brindará la energía necesaria a cada uno de los elementos del dispositivo. El subsistema de radiocontrol recibirá las órdenes de movimiento para el posicionamiento inicial y rescate del dispositivo. Con la posición destino, determinada previamente o informada por el subsistema de telemetría, el sistema central de procesamiento determinará la trayectoria a seguir en función de su posición actual, obtenida por un módulo GNSS incluido en el subsistema de posición. El cual, además, cuenta con sensores inerciales que brindarán información para los ajustes de la trayectoria. Con la trayectoria determinada, se enviarán comandos al subsistema de propulsión para el manejo de los motores. Una vez que se llega a destino, se activará el subsistema de toma de muestra.

2.2 Hardware y Software empleado

A continuación, no se detallará todo el hardware asociado al dispositivo, sino sólo el que esté involucrado con las rutinas de posicionamiento y orientación.

Como sistema central de procesamiento se empleó la placa Orange Pi PC2 es una SBC (Single-Board Computer), la cual integra un procesador Quad-core de 64 bits ARM-Cortex A53, 1GB de memoria RAM (DDR3), 2GB de memoria flash (NOR), interfaz para SD y múltiples interfaces de comunicación [14]. En lo que respecta a los



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

sensores inerciales se empleó el dispositivo MPU 9250, el cual integra un giróscopo, un magnetómetro y un acelerómetro [15].

El sistema operativo embebido en la plataforma seleccionada es un Armbian [16], que no es otra cosa que un Debian (una de las distribuciones de Linux más populares) compilado con los requerimientos necesarios para ejecutarse sobre procesadores con arquitectura ARM. Las rutinas fueron implementadas en C sobre un entorno Eclipse en PC, y luego se realizó una compilación cruzada (Cross-compilation) con ayuda de Linaro Toolchain ARMv7 [17] para embeberlas en la placa.

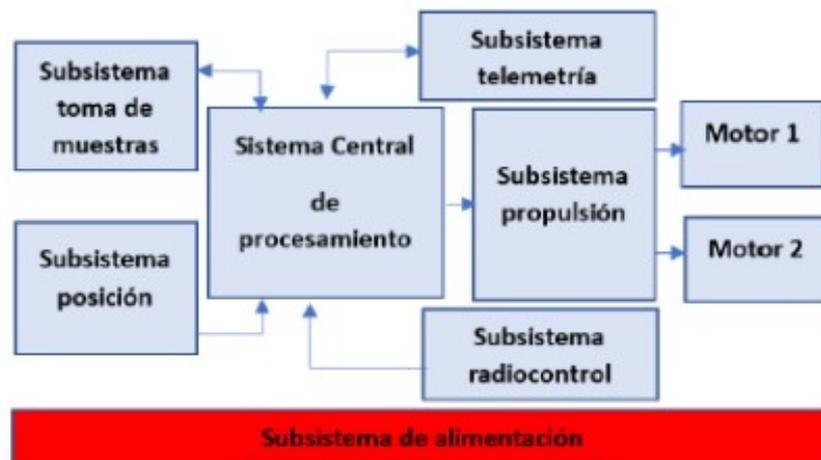


Fig. 1. Arquitectura de embarcación autónoma.

2.3 Determinación de la orientación

En vehículos no tripulados, así como en muchas otras aplicaciones, la orientación está determinada por los ángulos de Euler: balanceo (roll), cabeceo (pitch) y guiñada (yaw), los cuales pueden ser determinados con ayuda de sensores inerciales. En la figura N°2 se pueden ver la representación de dichos ángulos.

La gravedad terrestre puede ser empleada para calcular los ángulos de balanceo y cabeceo a través de acelerómetros [18], mientras que el ángulo de guiñada se puede determinar a través de la medición del campo magnético de la Tierra [19]. Se debe tener en cuenta que para determinar el ángulo de guiñada es necesario utilizar las medidas del magnetómetro trasladadas al plano horizontal, es decir tener en cuenta los ángulos de balanceo y cabeceo. A continuación, se detallan las ecuaciones que se deben emplear [20]:

$$\text{balanceo} = \text{atan} \left(\frac{a_y}{a_z} \right) \quad (1)$$

$$\text{cabeceo} = \text{atan} \left(\frac{-a_x}{\sqrt{a_y^2 + a_z^2}} \right) \quad (2)$$



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

Las pruebas de medición orientación (ángulo respecto al norte magnético) fueron satisfactorias, la mayor precisión se encontró siempre que la brújula estaba en movimiento, llegando a adquirir una dirección final (tras acabar el movimiento) tal que el error obtenido era menor a $\pm 1^\circ$. Al quedarse estático el sensor, se podían apreciar oscilaciones que alcanzaban los $\pm 7^\circ$, pero siempre alrededor de un valor medio previamente.

2.5 Ensayo

Para validar el uso de magnetómetro en la determinación de la orientación se planteó una prueba de odometría. Para este fin fue necesario contar con un vehículo autónomo o controlado por un usuario, sobre el cual estimar su posición y dirección. Si bien estaba previsto trabajar sobre un USV, las pruebas iniciales se desarrollaron sobre un vehículo terrestre no tripulado (UGV por sus siglas en inglés) constituido por un kit comercial de chasis circular con un juego de ruedas motorizadas de forma diferencial, sensores de proximidad laterales y distancia al frente, figura N°3. En donde, de toda la parte motriz y de detección se encarga de forma autónoma un microcontrolador, mientras que la Orange Pi se ocupa de registrar en intervalos regulares tanto la posición en coordenada "x" e "y", como la dirección en grados sexagesimales. El uso del kit comercial se debió a que el USV se encontraba en diseño y construcción.

En la figura N°4 se aprecia la rutina asociada al uso del magnetómetro para la determinación de la orientación. En ambas, la posición en "x" e "y" se determina como el producto de una distancia (obtenida por los encoders) y el coseno del ángulo determinado por el magnetómetro.

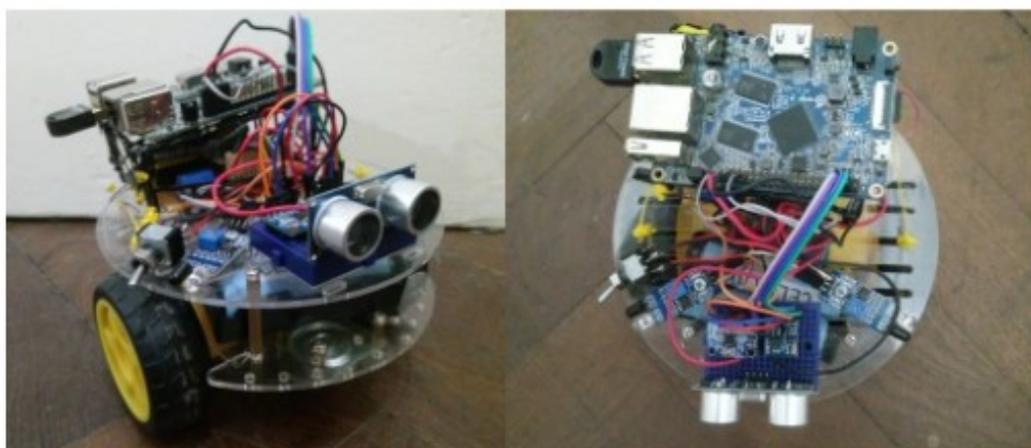


Fig. 3. Prototipo de vehículo terrestre no tripulado implementado para prueba de rutinas.

Aprovechando la libertad de movimiento del autómeta, se lo confinó a un cuadrilátero de aproximadamente 1 metro cuadrado para la realización de la prueba; el diámetro del robot que se ensambló para este fin es de 130mm con una distancia de pisada entre ruedas de 125mm. El procedimiento de ensayo fue el siguiente: tras encenderse el robot, comenzó a girar en su lugar durante 5 segundos para permitir que la rutina de calibración del magnetómetro ajuste el mismo. Transcurrido el tiempo, el robot se detuvo y rotó nuevamente hasta quedar en la dirección de 0 grados, con una tolerancia



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

de $\pm 7^\circ$. Completado este proceso, se detuvo durante 3 segundos mientras las coordenadas eran transmitidas de forma inalámbrica para su comprobación. Completada la transmisión, se avanzó en línea recta a unos 0,23 [m/s] hasta detectar una pared. Los sensores laterales corrigieron sólo lo necesario para avanzar paralelo a la pared, y el sensor frontal provocó un giro a la izquierda (si hay pared presente). De esta forma, recorrió toda la periferia del cuadrilátero y volvió a la posición original, transmitiendo nuevamente las coordenadas.

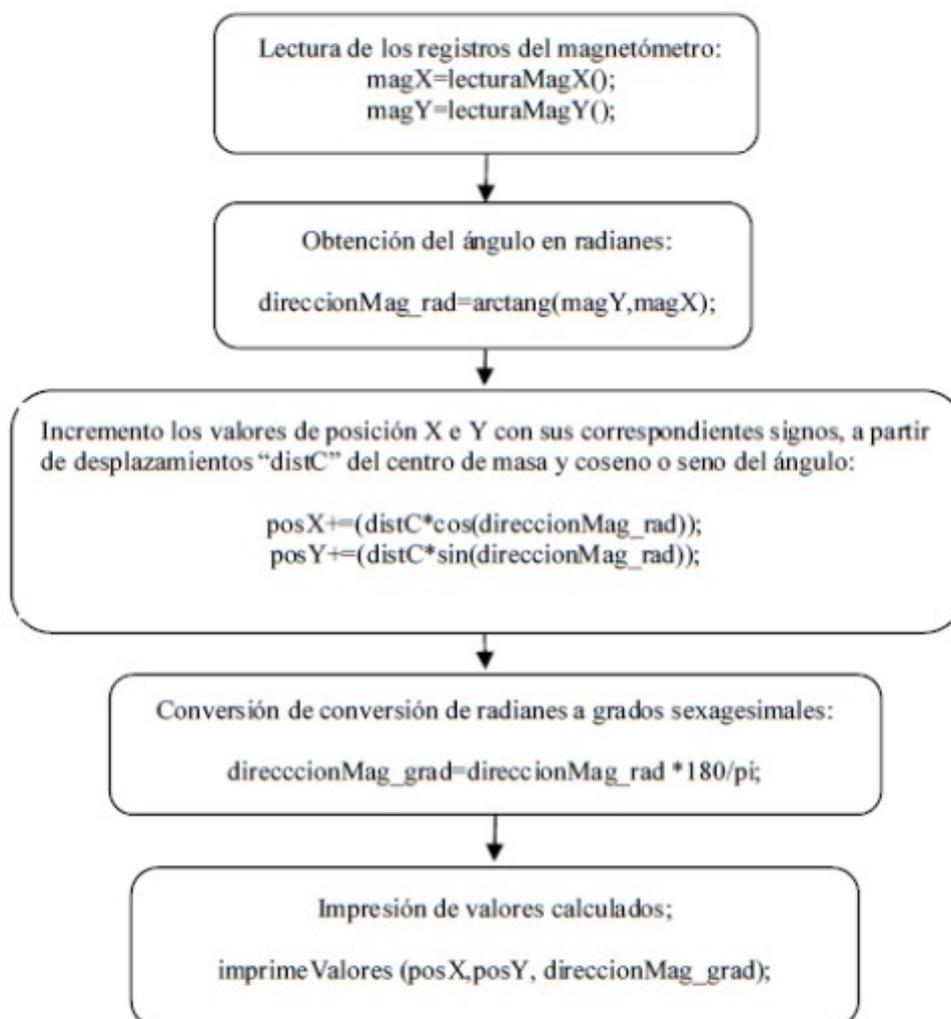


Fig. 4. Rutina del magnetómetro.

3 Resultados

El procedimiento se repitió un total de 27 veces distribuidas en 5 instancias. En cuanto a la estimación de coordenadas "x-y", se pudo identificar que al colisionar con una pared (falla del sensor o respuesta lenta de los motores) se producía el efecto de



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

resbalamiento sobre las ruedas, lo que desplazaba mucho la coordenada de su posición real. En las oportunidades donde el robot era capaz de dar una vuelta completa sin incurrir en una colisión o sucesivas correcciones de rumbo, el error obtenido en “x” era de ± 1 punto, y el de “y” de ± 2 puntos, independientemente del sensor que se utilizaba, teniendo en cuenta que un punto equivale a 130 mm (diámetro del robot).

4 Conclusiones

Se logró la implementación de rutinas para determinar la posición y la orientación en base a sensores inerciales. Si bien las pruebas realizadas no fueron sobre el dispositivo final (porque el mismo se encuentra en construcción), las mismas aportaron una valiosa experiencia al grupo de trabajo. Entre ellas se pueden nombrar: la familiarización con Linux embebido, los aspectos matemáticos asociados a la determinación de la posición y la orientación y las consideraciones de calibración asociadas al magnetómetro.

Como parte de los futuros trabajos se pretende implementar rutinas de filtrado Kalman para mejorar el error estático del magnetómetro y de compensación por la diferencia entre el norte magnético y el norte terrestre. Así mismo se pretende implementar estas rutinas sobre la embarcación propuesta y en conjunto con un módulo GNSS (modelo SL869LV2 [21], el cual implementa el protocolo NMEA -0183 versión 3.01[22]) con el fin de poder desarrollar el control de trayectoria del vehículo de superficie no tripulado. Y las pruebas de las rutinas sobre la embarcación están previstas realizarse en la laguna de Chascomús.

Referencias

1. Sergio Calvo Anglada.: Detección y Caracterización por Tamaños de Micro y Nanoplasticos en Muestras de Interés Ambiental. Universidad Zaragoza (2020)
2. M. C. Evans and C. S. Ruf.: Toward the Detection and Imaging of Ocean Microplastics With a Spaceborne Radar. En IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 60, pp. 1-9, (2022)
3. D. G. Kotsifaki, C. Ripken and S. N. Chormaic.: Detection and analysis of microplastics in the subtropical ocean of Okinawa using micro-Raman Optical Tweezers. En 2021 International Workshop on Metrology for the Sea; Learning to Measure Sea Health Parameters (MetroSea), Reggio Calabria, Italy, pp. 158-162, (2021)
4. O. Malyuskin.: Microplastic Detection in Soil and Water Using Resonance Microwave Spectroscopy: A Feasibility Study. En in IEEE Sensors Journal, vol. 20, no. 24, pp. 14817-14826, (2020)
5. NauticExpo, <https://www.nauticexpo.es/fabricante-barco/vehiculo-no-tripulado-marino-23029.html>
6. Alexander T. Demetillo, Evelyn B. Taboada.: Real-Time Water Quality Monitoring For Small Aquatic Area Using Unmanned Surface Vehicle. En Engineering, Technology & Applied Science Research Vol. 9, No. 2, pp. 3959-3964 (2019)
7. Wonse Jo, Yuta Hoashi, Lizbeth Leonor Paredes Aguilar, Mauricio Postigo-Malaga, José M. Garcia-Bravo, Byung-Cheol Min.: A low-cost and small USV platform for water quality monitoring. En HardwareX, Volume 6, (2019)



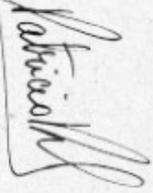
| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |






Se certifica que Ignacio Zaradnik ha participado en calidad de Autor del artículo: "Determinación de la Orientación en Vehículos No Tripulados", aceptado en el marco del **XXIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación - CACIC 2023**, realizado en la Ciudad de Luján entre los días 09 y 12 de octubre de 2023.-


Lic. Patricia Pesado
 Coordinadora titular
 Red UNCI


Lic. Emma L. Ferrero
 Directora Decana del Departamento de
 Ciencias Básicas

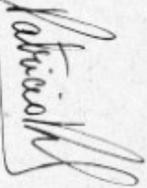


| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |






Se certifica que Daniel Lupi ha participado en calidad de Autor del artículo:
 "Determinación de la Orientación en Vehículos No Tripulados", aceptado
 en el marco del **XXIX Congreso Argentino de Ciencias de la
 Computación - CACIIC 2023**, realizado en la Ciudad de Luján entre los días
 09 y 12 de octubre de 2023.-


Lic. Patricia Pesado
 Coordinadora titular
 Red UNCI


Lic. Emma L. Ferrero
 Directora Decana del Departamento de
 Ciencias Básicas



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |






Se certifica que Daniel Turconi ha participado en calidad de Autor del artículo: "Determinación de la Orientación en Vehículos No Tripulados", aceptado en el marco del **XXIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación - CACIIC 2023**, realizado en la Ciudad de Luján entre los días 09 y 12 de octubre de 2023.-


Lic. Patricia Pesado
 Coordinadora titular
 Red UNCI


Lic. Emma L. Ferrero
 Directora Decana del Departamento de
 Ciencias Básicas



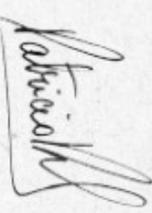
| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |



CACIC 2023

Red UNCI

Se certifica que Luciano Salvatore ha participado en calidad de Autor del artículo: "Determinación de la Orientación en Vehículos No Tripulados", aceptado en el marco del **XXIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación - CACIC 2023**, realizado en la Ciudad de Luján entre los días 09 y 12 de octubre de 2023.-



Lic. Patricia Pesado
Coordinadora titular
Red UNCI



Lic. Emma L. Ferrero
Directora Decana del Departamento de
Ciencias Básicas

| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |






Se certifica que Juan Pablo Calabro ha participado en calidad de Autor del artículo: "Determinación de la Orientación en Vehículos No Tripulados", aceptado en el marco del **XXIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación - CACIIC 2023**, realizado en la Ciudad de Luján entre los días 09 y 12 de octubre de 2023.-


Lic. Patricia Pesado
 Coordinadora titular
 Red UNCI


Lic. Emma L. Ferrero
 Directora Decana del Departamento de
 Ciencias Básicas





| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |

ANEXO II



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |



UNLaM - SECyT

FPI-013

FORMULARIO DE EVALUACIÓN DE ALUMNOS INTEGRANTES DE EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN

Unidad Académica: Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

Código:C246

Título del Proyecto: Uso de redes LoraWAN para la gestión ambiental de ecosistemas acuáticos

Director del Proyecto: Ing.Oreste Daniel Lupi

Programa de acreditación: PROINCE X. CyTMA2

Fecha de inicio; 01/01/2022

Fecha de finalización:31/12/2023

1. Datos del alumno

Apellido y Nombre: Calabro Juan

DNI:40747034

Unidad Académica: Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

Carrera que cursa: Ingeniería Electronica

Período evaluado:2023

2. Dictamen de evaluación de desempeño del alumno:

Colocar una cruz donde corresponda

2.1 Satisfactorio:X

2.1 No satisfactorio:

Fundamentos del dictamen:

Si bien se presentaron algunos inconvenientes en el entendimiento de las pautas, el alumno cumplió parcialmente con los objetivos, mostrando interés en el trabajo realizado.

.....

3. Propuesta de continuidad en el proyecto (si corresponde según duración estimada)

Colocar una cruz donde corresponda

3.1 Continuar en el presente proyecto: -

3.2 No continuar en el presente proyecto: -

Fundamentos del dictamen:

No corresponde, proyecto finalizado.

.....

16 de febrero de 2023

Lupi, Oreste Daniel

Lugar y fecha

Firma del Director

Aclaración de firma



| | |
|-----------------|--|
| Código | FPI-009 |
| Objeto | Guía de elaboración de Informe de avance de proyecto |
| Usuario | Director de proyecto de investigación |
| Autor | Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM |
| Versión | 5 |
| Vigencia | 03/9/2019 |



UNLaM - SECyT

FORMULARIO DE EVALUACIÓN DE ALUMNOS INTEGRANTES DE EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN

FPI-013

Unidad Académica: Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

Código: C246

Título del Proyecto: Uso de redes LoraWAN para la gestión ambiental de ecosistemas acuáticos

Director del Proyecto: Ing. Oreste Daniel Lupi

Programa de acreditación: PROINCE X. CyTMA2

Fecha de inicio: 01/01/2022

Fecha de finalización: 31/12/2023

1. Datos del alumno

Apellido y Nombre: Salvatore Luciano

DNI: 35958022

Unidad Académica: Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

Carrera que cursa: Ingeniería Electronica

Periodo evaluado: 2023

2. Dictamen de evaluación de desempeño del alumno:

Colocar una cruz donde corresponda

2.1 Satisfactorio: X

2.1 No satisfactorio:

Fundamentos del dictamen:

El alumno cumplió con los objetivos planteados. Realizo el trabajo en forma continua, presentando entregas parciales que permitieron ajustar el contenido a lo buscado. Además, presto ayuda en otras tareas fuera de las asignadas.

.....

3. Propuesta de continuidad en el proyecto (si corresponde según duración estimada)

Colocar una cruz donde corresponda

3.1 Continuar en el presente proyecto: -

3.2 No continuar en el presente proyecto: -

Fundamentos del dictamen:

No corresponde a raíz que el proyecto finalizo.

.....

16 de febrero de 2023

Lupi, Oreste Daniel

.....
 Lugar y fecha

.....
 Firma del Director

.....
 Aclaración de firma