
Sistema de comunicaciones y telemetría para un recolector de residuos flotantes en grandes espejos de agua

86.99 Trabajo Profesional

INFORME DE TRABAJO

Anastópulos, Matías	95.120
Dasso, Ignacio José	93.121
Tomé, Juan Manuel	94.084

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ingeniería

Copyright© Facultad de Ingeniería de Buenos Aires 2021

El proyecto cumple el propósito de trabajo de finalización de estudios universitarios y para el mismo se precisó un entendimiento profundo de las materias dictadas en la carrera de Ingeniería Electrónica.

Título:

Sistema de comunicaciones y telemetría para un recolector de residuos flotantes en grandes espejos de agua

Tema:

IoT

Fecha:

Febrero 2022

Integrantes del grupo:

Anastópolos, Matías

Dasso, Ignacio José

Tomé, Juan Manuel

Tutor:

Ing. Zanabria, Jorge

AGRADECIMIENTOS

En los párrafos siguientes, queremos manifestar nuestro profundo agradecimiento a:

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, por la ascendencia que ha tenido en nuestra vida y carrera, permitiendo que nos capacitaráramos como futuros profesionales de la Ingeniería Electrónica, y al mismo tiempo, aprendiésemos valores éticos inherentes a la profesión y a la vida

Al señor Decano, el Ingeniero Alejandro Martínez, por impulsar la creación de este proyecto en **FIUBA** permitiéndonos ser parte de él, y al Ingeniero Carlos Beláustegui, director del departamento de electrónica, por impulsarlo y recomendarlo a sus alumnos.

Nuestro tutor, el Ingeniero Jorge Zanabria, por su apoyo y guía a lo largo de nuestro trabajo final. Por sus consejos y recomendaciones, y por enseñarnos uno de los valores más importantes a todo ingeniero: *el pragmatismo*. Sin su guía este trabajo no hubiera sido posible.

La coordinadora general del proyecto, Ingeniera Romina Solana, quién supo acompañar las diferentes instancias de este proyecto, y quien brindó su ayuda en todo lo que necesitásemos para el desarrollo de este trabajo.

A los grupos de colegas participantes de este proyecto, quienes nutrieron inmensamente nuestra perspectiva, conocimientos e ideas, permitiéndonos ver la existencia de más de un punto de vista sobre el mismo problema.

Nuestros familiares y amigos quienes nos han acompañado a lo largo de este largo viaje. Su afecto, acompañamiento, consejo y apoyo manifestados de incontables formas han sido fundamentales para el desarrollo de nuestra carrera universitaria, así como de este trabajo final.



Juan Manuel Tome



Ignacio José Dasso



Matías Anastópolos

RESUMEN

Los desafíos ambientales que el mundo transita en el presente no dan tregua. Si bien el desarrollo de tecnología orientada a mitigar la contaminación del medio ambiente ha recorrido un largo camino, aún existen múltiples desafíos por abordar, entre ellos, la polución de ríos y mares.

Dado que la mayor parte de los residuos encontrados en grandes cuerpos de agua provienen de ríos, el Grupo de Investigación y Desarrollo Sustentable (**GIDIS**) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (**FIUBA**) lanza la propuesta del Proyecto Interdisciplinario “**Sistema de intercepción / recolección de residuos sólidos flotantes de cuerpos de agua y su valoración**”. Compuesto por un dispositivo capaz de interceptar los residuos antes de que alcancen el mar, el tratamiento y reciclado de los residuos recuperados, y, finalmente, el análisis del impacto socioambiental.

En particular, el dispositivo de intercepción se conocerá como “Interceptor de Residuos Flotantes” (**IRF**). Consistirá en una embarcación anclada al margen de un determinado cauce por el cual circulen residuos flotantes. El **IRF** se compondrá, además, de un sistema automatizado de captación, distribución y almacenamiento de residuos, monitoreado mediante un sistema de comunicaciones y telemetría.

Debido a la complejidad de este proyecto, el **GIDIS** propuso que sea encarado por diferentes especialidades de la ingeniería, donde se convocó a Industrial, Mecánica, Electricista, Naval y Electrónica. Esta división del problema permitió analizarlo aportando diferentes visiones y experiencias teniendo que interactuar entre los diferentes grupos y especialidades.

Los autores de este informe participan en calidad de diseñadores de la plataforma de comunicaciones y telemetría del **IRF**.

Las funciones de la plataforma comprenden la adquisición y transmisión de variables a servidores externos a través de un enlace de comunicación redundante. Las variables

del Interceptor estarán disponibles en un tablero de control (*dashboard*) accesible mediante internet para la gestión de la operación y mantenimiento del interceptor.

Debido a la naturaleza interdisciplinaria del proyecto, además de las áreas propias a investigar y desarrollar, muchas tareas dentro de este proyecto debieron ser realizadas con una constante sincronía con otros grupos de ingeniería participantes acorde a sus especificaciones. Este informe vuelca dichas investigaciones, desarrollos y especificaciones.

Palabras Clave: interceptor, residuos flotantes, ríos, limpieza, GIDIS, FIUBA, Ingeniería Electrónica, telemetría, mediciones, iot, internet de las cosas.

ABSTRACT

Nowadays, the environmental challenges the world is facing gives no break. The development of new technologies, aimed at stopping the sources of contamination has come a long road. There are still, however, many engineering angles worth exploring that could prove beneficial to the task. Among them lie ocean and river pollution prevention and sanitization.

Given that most of the waste found in large bodies of water comes from rivers, the Research and Sustainable Development Group (**GIDIS**) of the Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (**FIUBA**) launches the proposal for the Interdisciplinary Project "System of interception / collection of floating solid waste from bodies of water and its valuation". Composed of a device capable of intercepting the waste before it reaches the sea, the treatment and recycling of the recovered waste, and, finally, the analysis of the socio-environmental impact.

In particular, the interception device will be known as the "Floating Waste Interceptor" (**FWI**). It will consist of a boat anchored at the edge of a certain channel through which floating waste circulates. The IRF will also be made up of an automated waste collection, distribution, and storage system, monitored by means of a communications and telemetry system.

Due to the complexity of this project, the GIDIS proposed that it be addressed by different engineering specialties, where Industrial, Mechanical, Electrician, Naval and Electronics were convened. This division of the problem allowed it to be analyzed, providing different visions and experiences, having to interact between the different groups and specialties.

The authors of this report participate as designers of the Interceptor's communications and telemetry platform.

The functions of this platform consist in the acquisition, and posterior transmission to external servers, of the measurable variables of the system. These Interceptor's variables will be available from a control panel (dashboard) accessible via an online website, in which necessary management and maintenance of the system can be done.

Due to the interdisciplinary nature of this project, apart from research and development that the nature of our part required, many things needed that we worked closely and with synchronicity, with the remaining engineering groups and their specifications. The present report is a result of such research and development.

Keywords: interceptor, floating waste, rivers, cleaning, GIDIS, FIUBA, electronics engineering, telemetry, measurements, iot.

ÍNDICE

Agradecimientos	1
Resumen	3
Abstract	5
Índice	7
Introducción	12
Problemática.....	12
Introducción y aspectos generales	12
Costos ambientales y económicos	15
Solución propuesta	18
Alcance.....	20
Composición general	21
Mediciones	21
Comunicaciones.....	22
Análisis de Variables a Considerar	26
Introducción	26
Objetivos.....	26
Condiciones de contorno.....	26
Desarrollo	27
Sistemas.....	27
Resumen de mediciones.....	31
Análisis de las mediciones	32

Topología de comunicaciones	59
Introducción	59
Objetivos.....	59
Condiciones de contorno.....	59
Desarrollo	59
Topología base.....	59
Análisis.....	60
Tráfico de datos	61
Tecnologías.....	63
Topología de computadoras: Intra-Interceptor	75
Introducción	75
Objetivos.....	75
Especificaciones.....	75
Supuestos	76
Desarrollo	76
Análisis.....	77
Conclusión	86
Topología de computadoras: Extra-Interceptor.....	87
Introducción	87
Objetivos.....	87
Especificaciones.....	87
Supuestos	88
Desarrollo	88

Sistema Servidor-Dashboards	90
Introducción	90
Objetivos.....	90
Requerimientos del sistema	90
Topología	91
Backend	92
Lenguajes de programación	93
Arquitectura: Rest.....	94
Autenticación.....	94
Infraestructura.....	95
Base de datos.....	97
Paradigma de base de datos: SQL vs NOSQL.....	97
MONGODB ATLAS – Infraestructura para la base de datos	98
Registros de mediciones – Capped collections	99
Frontend (Dashboard)	100
Single page applications	100
Infraestructura.....	101
Sistema de camaras	102
Dashboard - Vistas.....	103
Inicio de sesión	103
Selección del interceptor.....	103
Interfaz HMI.....	104
Área de acciones principales y notificaciones.....	105

Performance	106
Histograma de operación	109
Mantenimiento.....	110
Diagnóstico	113
Cámaras	114
Administración.....	114
Cronograma	116
Introducción	116
Desarrollo	116
Distribución de tiempos:	116
Diagrama de Gantt	117
Conclusión	119
Consumo.....	120
Introducción	120
Análisis	120
Computadoras:	120
Sensores:.....	120
Comunicaciones:.....	122
Combinaciones	124
Costos	125
Introducción	125
Análisis	125
Computadoras:	125

Sensores:.....	125
Servidor-Dashboard:.....	127
Cámaras:	129
Comunicaciones:.....	129
Mano de obra	131
Combinaciones	132
Conclusiones.....	133
Glosario.....	136
Anexos	138
Anexo 1: Esquema de datos IRF-Server.....	139
Introducción	139
Objetivos.....	139
Requerimientos del sistema.....	139
Desarrollo	140
Esquema funcional	147
Anexo 2: Servicios a proveer desde el servidor para el Dashboard.....	150
Introducción	150

INTRODUCCIÓN

En octubre de 2020 el Grupo de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Sustentable (**GIDIS**) de la Facultad de Ingeniería impulsa el desarrollo del Proyecto Interdisciplinario “**Sistema de intercepción / recolección de residuos sólidos flotantes de cuerpos de agua y su valoración**”. Incluyendo un elemento transformador en la dinámica de los ríos argentinos: un Intercepto y Recolector de residuos flotantes en cuerpos de agua. Para llevar a cabo esta tarea, convocaron a diferentes Departamentos de la FIUBA, cada uno desde su visión del problema, creando un grupo interdisciplinario. Las especialidades involucradas en el proyecto son Ingeniería Industrial, Ingeniería Naval, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electricista.

Es por este motivo que el Departamento de Electrónica participa de manera activa aportando, en este caso particular, un grupo de alumnos para el desarrollo de la plataforma de comunicaciones y telemetría de la nave recolectora vinculándola con un centro de monitoreo remoto.

El presente documento presenta la problemática y solución prevista del proyecto interdisciplinario asociado al Trabajo Práctico Profesional del equipo conformado por los alumnos Matías Anastópolos, Ignacio José Dasso y Juan Manuel Tomé. El docente tutor asociado es el Ing. Jorge Zanabria.

PROBLEMÁTICA

INTRODUCCIÓN Y ASPECTOS GENERALES

Una botella flotando en un río puede parecer un elemento insignificante, despreciable frente a masas de agua tan grandes como un océano. No obstante, esta deja de apreciarse insignificante y despreciable cuando se está en conocimiento de el “Gran Parche de Basura del Pacífico” (*Great Pacific Garbage Patch*), una isla flotante de más

de 700 000 km² de basura situada en el Océano Pacífico (Fig. 1)¹, entre las costas de Japón y EE. UU.



Figura 1. Isla de basura flotante en el Océano Pacífico
(Fuente: *Del Fuego Noticias*)

Desde la revolución industrial, el ser humano ha incrementado a pasos agigantados su desarrollo tecnológico. Parte de este desarrollo tecnológico ha consistido en la explotación amplia del petróleo y sus derivados, produciendo miles de productos de consumo masivo como los plásticos. Debido a su facilidad de fabricación y su amplia versatilidad, los plásticos rápidamente reemplazaron a otros materiales en la producción en todas las áreas, desde electrodomésticos hasta recipientes contenedores de alimentos. No obstante, en muchos lugares no están dadas las condiciones correctas para una apropiada reutilización o reciclado de los mismos, por lo que, a menudo, estos terminan siendo desechados a la basura, y debido a falta de control, motivos climáticos, impericia o simplemente conveniencia de las organizaciones responsables, estos terminan en algún afluente de agua tal como un río.

¹ <https://www.delfuegonoticias.com.ar/noticias/mundo-1/la-isla-de-basura-ya-es-mas-grande-que-toda-la-patagonia-22677>

El plástico proveniente de los ríos y vertientes, que termina desembocando en el océano, puede persistir en las aguas superficiales del mar, y eventualmente se acumula en áreas remotas de los océanos del mundo, cuya área más grande es el “Gran Parche de Basura del Pacífico” (Fig. 2)².

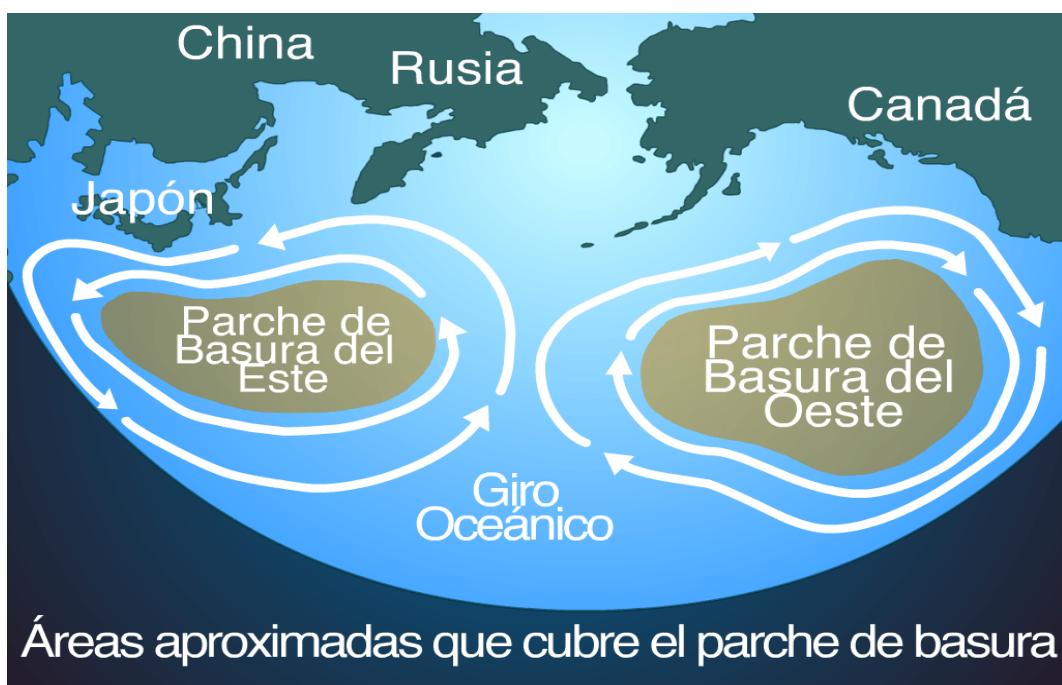


Figura 2. Gran Parche de Basura del Pacífico
(Fuente: Onsea)

Tal como se mencionó previamente, un alto porcentaje de la basura que acaba en el océano es proveniente de ríos. Según estudios realizados³, se estima que el 80 % de los desechos oceánicos provenientes de ríos provienen de 1000 ríos, los cuales rondan entre 0,8 y 2,7 millones de toneladas métricas anuales. Estos 1000 ríos están compuestos de al menos una decena de ríos argentinos.

De los ríos más aportantes en la República Argentina se obtiene que hay dos que aportan casi la totalidad de residuos del país, dichos ríos son:

- **Río Luján:** Aportante de 2.017.000 kg de basura anuales (42,7% del país)

² <https://onesea.org/blog/noticias-ambientales/el-gran-parche-de-basura-del-pacifico/>

³ <https://advances.sciencemag.org/content/7/18/eaaz5803>

- **Cuenca Matanza-Riachuelo:** Aporte de 1.753.000 kg de basura anuales (37,1% del país)

En total, ambos ríos aportan aproximadamente el 80% de los residuos (Fig. 3).



Figura 3. Grandes aportantes: Ríos Luján y cuenca Matanza-Riachuelo

COSTOS AMBIENTALES Y ECONÓMICOS

La problemática previamente descrita impacta no solo desde el punto de vista medioambiental, sino que también desde el punto de vista económico. Según un estudio realizado⁴ la polución desatendida puede generar pérdidas económicas más grandes que lo que podría costar resolver el problema.

Existen dos tipos de costos que esta problemática abarca, los directos y los indirectos:

Indirectos o Cualitativos: Los costos indirectos están relacionados con el impacto ecológico a largo plazo sobre los ecosistemas biológicos y sus efectos se consideran más severos que las implicaciones financieras. Ejemplos de esto van desde un sinfín de

⁴<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/strategy-analytics-and-ma/deloitte-nl-strategy-analytics-and-ma-the-price-tag-of-plastic-pollution.pdf>

problemas que la polución marina genera a la salud humana, hasta el riesgo de extinción de especies acuáticas y ciertas aves al ingerir plástico. La polución marina también resulta en la pérdida de valor relacionado a la estética de las zonas afectadas por la misma, como por ejemplo el malestar por turistas o vecinos al encontrarse una playa o hábitat natural lleno de basura.

Directos o Cuantitativos: Los costos directos son costos directamente relacionados a daños a una industria o costos relacionados a la polución. Los costos directos, a diferencia de los indirectos, pueden ser medidos de manera regular y cuantificable y por ende pueden ser comparados. Estos costos están vistos a corto plazo y tienen efectos inmediatos sobre la sociedad.

Las principales áreas de pérdida directa de capital son las de turismo marino, costos de limpieza y saneamiento y actividades relacionadas a la acuicultura y pesca. Estos gastos quedan distribuidos entre todos los tipos de costas, puertos, playas y accesos acuáticos de una localidad.

Según datos públicamente accesibles sobre contrataciones y gastos del Estado Argentino⁵, en una licitación realizada en el año 2018 publicada en el boletín oficial, se licitaron 36 meses, en períodos de 12 meses, de “*LIMPIEZA, EXTRACCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y MANTENIMIENTO DEL CUERPO DE AGUA RÍO MATANZA-RIACHUELO*”.

De todos los oferentes se analizaron las ofertas de cuatro empresas para el saneamiento del río previamente mencionado⁶. Finalmente se terminó eligiendo a *Urbaser Argentina SA*. A continuación, en la Tabla 1 se muestra el presupuesto:

⁵<https://comprar.gob.ar/PLIEGO/VistaPreviaPliegoCiudadano.aspx?qs=BQoBkoMoEhzbUhXRri9bYkbzmB37j2H0SLQ9FeuHG3Bbjx/8HL5/%7Csb7DygiM2Jg>

⁶<https://comprar.gob.ar/EVALUACIONOFERTA/VerCuadroComparativo.aspx?qs=Gbut9cInK75doEOSjSJhrIeuSOKMYeSnpNt|K6n7mPtlt3rhqTmnSPmltjPJXPk8hjaCLB0|wB4U4wkf4m|7UjatlBqnHnUip|Au/1kdSBEjZCojx3WNhOcmARoOlZi5snF7iX0ZW0D4jQ/sB8wD8/UkgbLuRACP9UujF|wM2EQU/4pDXgGgLV5ZhqH0GFgbMf4TtAUvmjWoCNCiqb67HzxNkS/tPkMAlhVbuI9jFbWZt/txC3SOVw==>

Tabla 1. Presupuesto para el saneamiento de la cuenca Matanza-Riachuelo, período 2018-2021.

URBASER ARGENTINA SA	Meses 1-12	Año 1	Meses 13-24	Año 2	Meses 25-36	Año 3	Total
ARS (pesos argentinos)	9.004.284 (mensual)	108.051.408	10.354.927 (mensual)	124.259.124	11.390.419 (mensual)	136.685.028	368.955.560
USD (dólares estadounidenses a 2018 = 36.20 ARS)	248.737 (mensual)	2.984.845	286.047 (mensual)	3.432.572	314.652 (mensual)	3.775.829	10.193.246

Es posible observar, como los gastos anuales de saneamiento del río Matanza-Riachuelo promedian en USD 3M. Considerando que este cuerpo de agua representa un 37% de la basura del país y suponiendo que las mismas proporciones presupuestarias fueran aplicables al saneamiento total de las fuentes residuales del país, se estaría hablando de un monto anual mínimo de USD 8,1M en limpieza de los focos de residuos.

Por otra parte⁷, Argentina sufre pérdidas económicas anuales de entre USD 4,6M y USD 41M debido a la polución en sus cuerpos de agua. Dicha polución afecta al turismo, pesca y ganadería y al igual que gastos estatales extras (Fig. 4).



Figura 4. Pérdidas anuales estimadas a causa de la polución en cuerpos de agua en Argentina.

De este modo, entre gastos por limpieza y pérdidas relacionadas es posible estimar pérdidas de entre 12,7 y 49,1 millones de dólares anuales.

Es posible concluir que frente a estos números y al fuerte impacto ecológico, la realización de este proyecto se torna una alternativa tanto atractiva como proactiva.

⁷ <https://theoceancleanup.com/the-price-tag-of-plastic-pollution/>

SOLUCIÓN PROPUESTA

La composición de la solución estará dada por el dispositivo **IRF**, el tratamiento y reciclado de los residuos recuperados, y, finalmente, el análisis del impacto socioambiental.

La distribución de aspectos de desarrollo del proyecto se realiza en dos modos, una asociada a la especialidad de cada ingeniería y, la otra, al trabajo conjunto asociado a la sincronía de todos los estudios individuales de cada grupo de Trabajo Práctico participante, definido mediante subsistemas.

En forma aproximada, las responsabilidades de los diferentes grupos son:

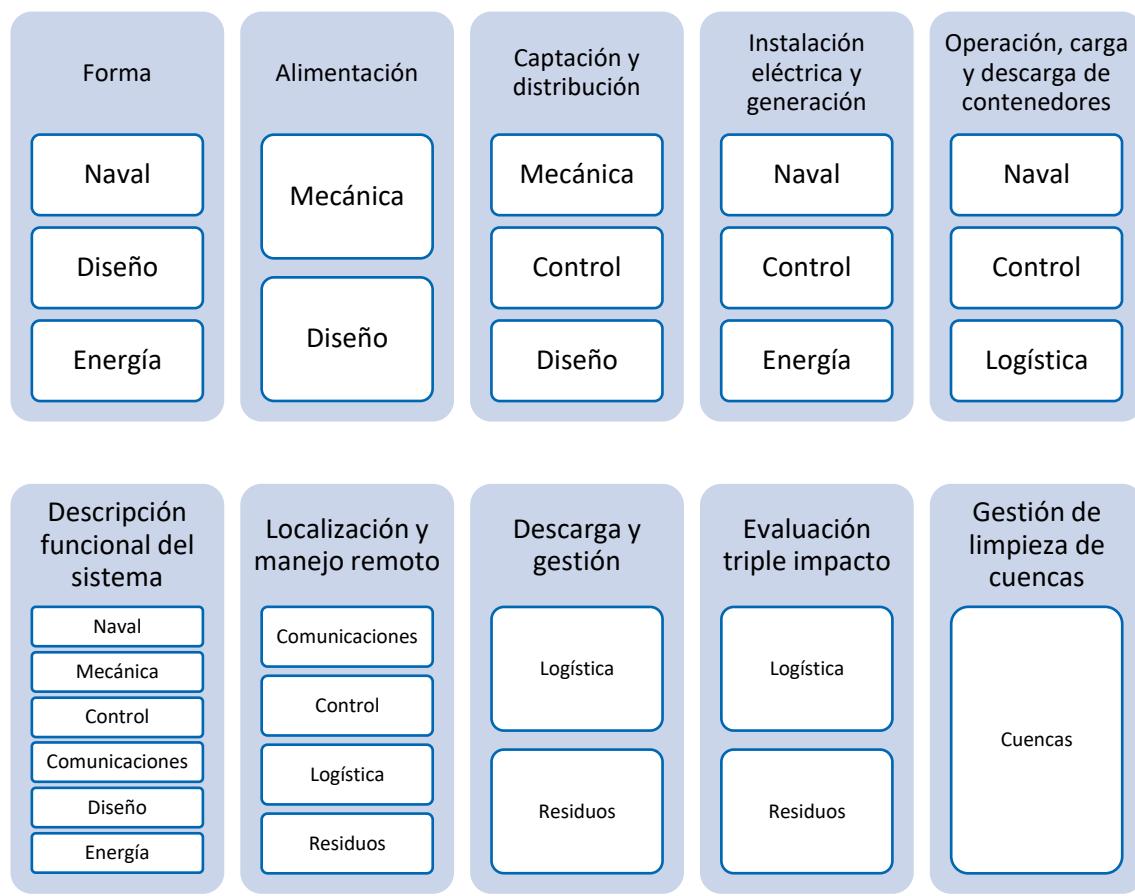
1. Equipo de Diseño | Ingeniería Industrial
 - Diseño general del IRF y determinación de parámetros de desempeño.
2. Equipo Naval | Ingeniería Naval
 - Diseño de la embarcación.
3. Equipo Energía | Ingeniería Industrial
 - Diseño del sistema de generación, almacenamiento y gestión de la energía.
4. Equipo Control | Ingeniería Electrónica
 - Diseño del sistema de control de los automatismos del IRF
5. Equipo Comunicaciones | Ingeniería Electrónica
 - **Diseño del enlace de comunicaciones y la plataforma de telemetría**
6. Equipo Logística | Ingeniería Industrial
 - Diseño de la gestión de traslado de los residuos y análisis del emplazamiento del IRF
7. Equipo Residuos | Ingeniería Industrial
 - Diseño del procedimiento de gestión y valoración de los residuos recuperados
8. Equipo Cuencas | Ingeniería Industrial

- Estudio y análisis del impacto de la implementación de la recolección de residuos.

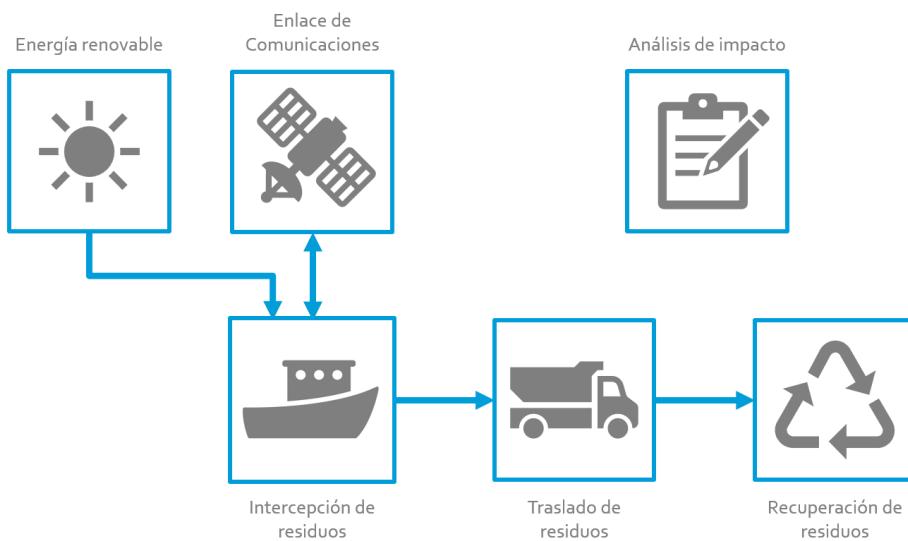
9. Equipo Mecánica | Ingeniería Mecánica

- Diseño del sistema mecánico de elevación y distribución residuos dentro del IRF

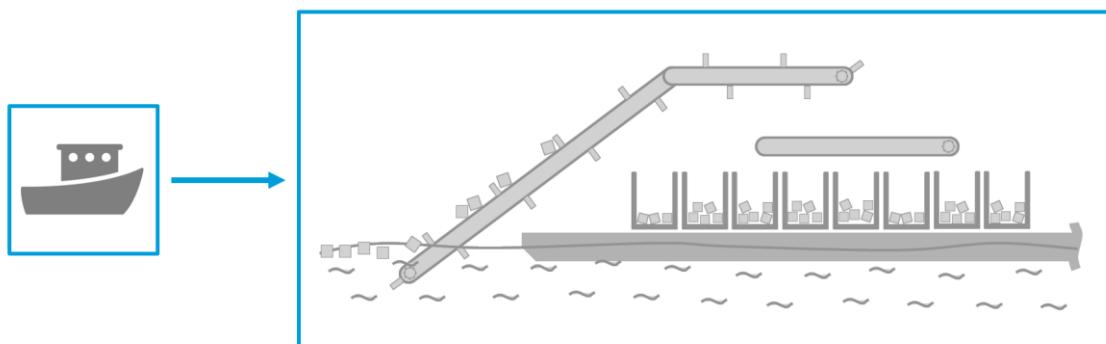
Por su parte los diferentes subsistemas se componen de:



Un esquema general del proyecto se compone del modo siguiente:



El dispositivo **IRF** consiste en una plataforma flotante automatizada con un sistema de captación, distribución y almacenamiento de residuos. Como parte de este gran proyecto, la electrónica es una parte esencial para integrar, monitorear y comunicar los resultados.



ALCANCE

El material presentado en este trabajo es fruto del análisis y desarrollo conjunto del **IRF** con las especialidades intervenientes.

En particular, dada la necesidad conjunta del Equipo de Control y del Equipo de Comunicaciones de nutrirse del estado de operación del **IRF**, ambos equipos colaboran activamente en el desarrollo de la instrumentación de variables.

Asimismo, se cubrirán aspectos de selección de sistemas de comunicaciones, la gestión de información transmitida y su presentación a los usuarios.

El **alcance** del presente Trabajo Final está compuesto por:

- Análisis de variables asociadas a la operación del **IRF**
- Estudio de la implementación de variables
- Análisis de alternativas e implementación de enlaces de comunicación
- Selección de topología y protocolos de red
- Estudio de computadoras dedicadas a la comunicación interna con automatismos abordo del **IRF** y el enlace de comunicaciones
- Especificación de intercambio de paquetes de datos entre **IRF**, Servidor **IoT** y *Dashboard*
- Elaboración de un maquetado de la interfaz de monitoreo

COMPOSICIÓN GENERAL

MEDICIONES

Los procesos de automatización de **IRF** requieren nutrirse de información para la toma de decisiones. Por ello, en un trabajo en conjunto con el equipo de Control del **IRF**, analizamos las necesidades de medición orientadas a los propósitos de automatización y gestión de los sistemas internos que componen el **IRF**.

Los sistemas estudiados a los efectos del **IRF** son los siguientes:

1. **Captación de residuos**
2. **Distribución interna de residuos**
3. **Energía**
4. **Comunicaciones**

Variables de interés

Dentro de cada sistema queda comprendido un grupo de mediciones asociadas al monitoreo.

1. Captación de residuos

- a. Cinta de captación de residuos
 - i. Posición
 - ii. Velocidad
 - iii. Estado
- b. Presencia de residuos
- c. Sentido de circulación del cauce

2. Distribución interna de residuos

- a. Cinta de captación de residuos
 - i. Posición
 - ii. Estado
 - iii. Sentido de giro
- b. Contenedores de residuos
 - i. Posición
 - ii. Nivel de llenado

3. Energía

- a. Disponibilidad de energía para operación
- b. Actividad de baterías
- c. Actividad de paneles solares

4. Comunicaciones

- a. Estado de funcionamiento de enlaces de comunicaciones externos
- b. Estado de funcionamiento de la red interna

COMUNICACIONES

El sistema de transmisión de la información de **IRF** consta de diferentes fases para su composición. A continuación, se detallan los elementos constitutivos.

Computadoras

Con el objetivo de lograr una buena modularización y así una serialización de los **IRF**, se buscará que cada **IRF** sea, en lo que respecta a su sistema interno de computadoras, un sistema auto contenido. Dotando al **IRF** de un esquema de producción y mantenimiento simplificados.

Cada unidad tendrá variables de interés que serán censadas, cuyos datos deberán ser recolectados y procesados por un sistema automatizado y comprensivo. A partir de los datos obtenidos generará reportes y actuará en consecuencia.

Las cuestiones por analizar en esta área serán múltiples:

- Respecto del tipo de Computadoras que serán utilizadas
 - Costo
 - Poder de procesamiento
 - Consumo eléctrico
- Respecto del tipo de red será utilizada
 - Tipo de conexión: Alámbrica o Inalámbrica
 - Topología y tipo de red.
 - Hardware necesario para llevar a cabo el tipo de red elegida.
- Modo de interconexión de un **IRF** con la red de **IRFs**.

Enlace

A fin de mantener un enlace de comunicación confiable, se diseñará un enlace redundante de comunicaciones que aumente la confiabilidad y la posibilidad de monitorear en todo momento el estado de operación. Asimismo, dado que el emplazamiento geográfico de un **IRF** puede ser próximo a zonas urbanizadas o en ubicaciones remotas, se desarrollarán diferentes tecnologías para completar el enlace. Al momento de una implementación particular, se seleccionarán aquellas dos que representen mayor confiabilidad.

Las tres alternativas de conformación del enlace son:

1. Enlace de Internet por medio no guiado (inalámbrico) | **Red celular**
2. Enlace de Internet por medio no guiado (inalámbrico) | **Red satelital**
3. Enlace de Internet por medio guiado (alámbrico)

Solución Cloud

Cada **IRF** será considerado como un único dispositivo **IoT**, capaz de reportar su estado a un servidor central en la nube. Además, podrá recibir peticiones de comandos a ejecutar.

El servidor será el encargado de guardar el estado de los interceptores, guardar registro de las mediciones en los mismos, y procesar los datos pertinentes.

Por otro lado, se diseñará un portal web (Fig. 5) con acceso a operadores desde el cual se podrá:

- Ver el estado actual de cada interceptor que el usuario tenga asignado a monitorear.
- Recibir notificaciones de eventos importantes que ocurran en los mismos.
- Enviar comandos y configuraciones.
- Consultar datos estadísticos de *performance*, para evaluar la efectividad de cada uno.
- Dar de alta usuarios, interceptores en la red, cargar datos de mantenimientos realizados en los mismos, consultar historiales de mediciones y elaborar diagnósticos.
- Visualización de las cámaras ubicadas en los mismos.

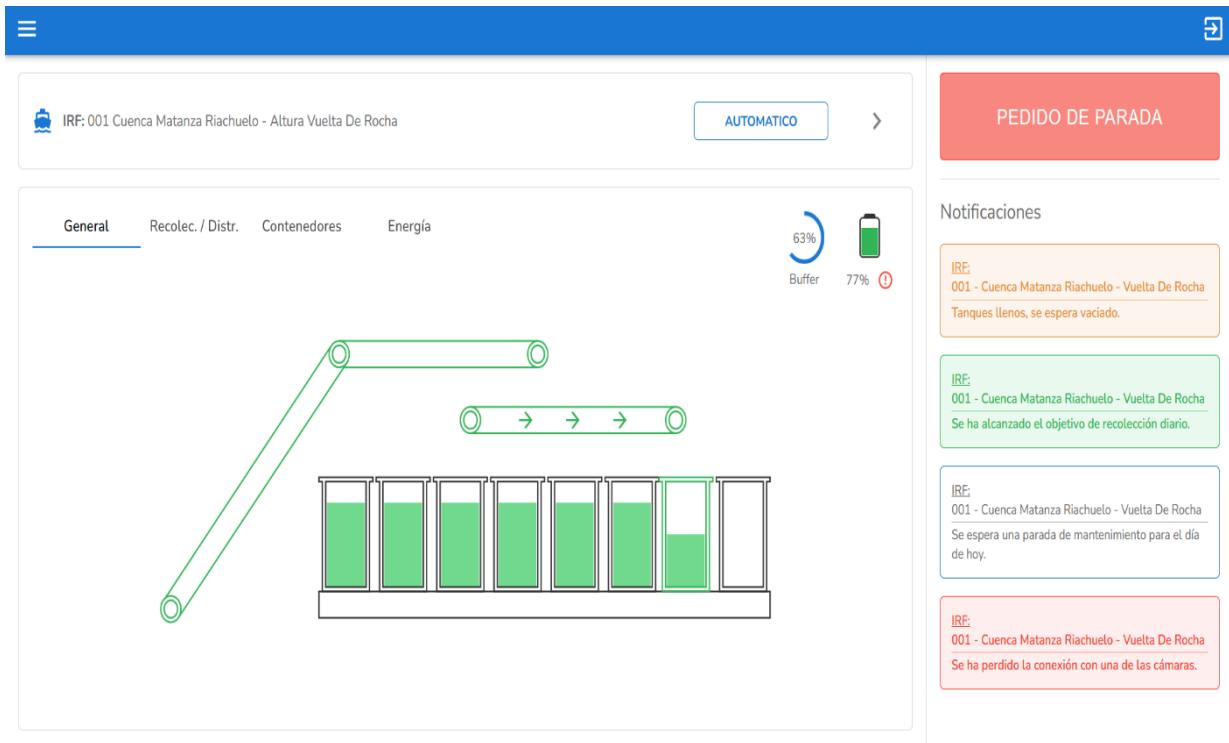


Figura 5. Visualización del Dashboard de usuario.

ANÁLISIS DE VARIABLES A CONSIDERAR

INTRODUCCIÓN

El Interceptor de Residuos Flotantes (**IRF**) es un sistema que interactúa en diversos modos con el ambiente en que se desenvuelve. Desde la influencia en el plano más concreto, en el canal en que se emplace, hasta planos de trascendencia superior, como ser el impacto ambiental favorable.

En el plano de nuestra incumbencia el **IRF** deberá interactuar tanto hacia dentro, con sus sistemas de operación, como hacia fuera, reconociendo la situación del cauce. Allí es donde sucede la intervención en términos de mediciones.

OBJETIVOS

Presentar las necesidades de medición del **IRF** conforme el desarrollo realizado con el equipo de trabajo práctico interdisciplinario y describir la implementación de las tecnologías de medición.

CONDICIONES DE CONTORNO

El **IRF** estará dotado de un grupo de sistemas que necesitarán de las mediciones para su operación automática, diagnóstico y supervisión remota (Fig. 6)

Los sistemas considerados son los siguientes:

1. Captación de residuos
2. Distribución interna de residuos
3. Energía
4. Comunicaciones
5. Seguridad

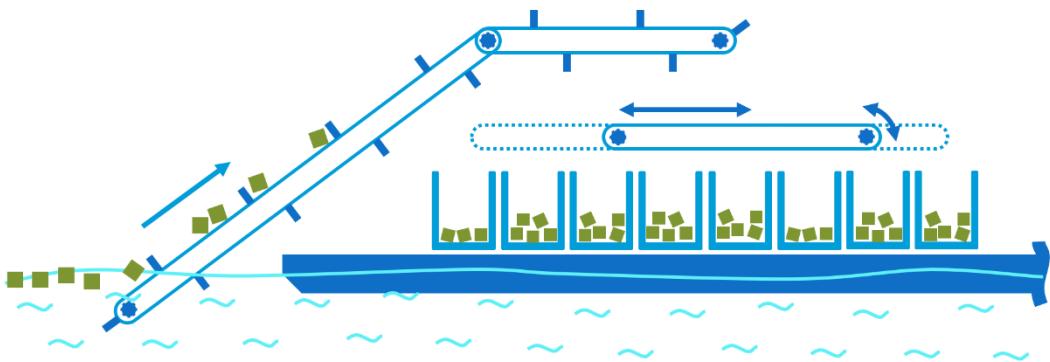


Figura 6. Esquema funcionamiento IRF desde la recepción del residuo hasta la posterior distribución.

DESARROLLO

SISTEMAS

A continuación, se presentan los sistemas involucrados analizados desde las necesidades de censado para su operación y control.

Captación de residuos

Comprende la tarea de ingresar los residuos flotantes conducidos por el sistema de alimentación a la boca del IRF. El siguiente esquema presenta una aproximación al sistema (Fig. 7):

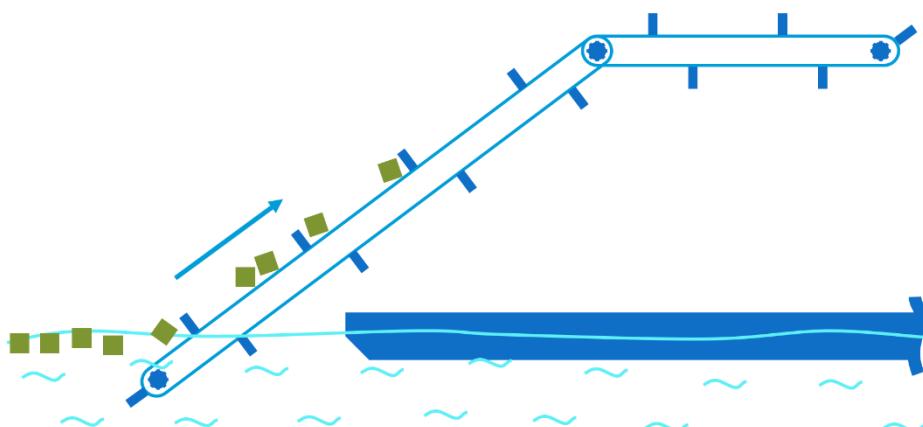


Figura 7. Detalle ingreso de residuos a la cinta de recolección.

Los residuos son orientados hacia la cinta de captación gracias al Sistema de Alimentación. Dicho sistema conducirá los residuos, asistido por el sentido de circulación del agua del cauce, al extremo inferior de la cinta de captación.

A fin de mejorar el rendimiento energético del **IRF**, la cinta de captación trabajará únicamente cuando se supere un umbral mínimo de residuos disponibles para ser captados.

Las mediciones que se distinguen son las siguientes:

1. Presencia de residuos en la boca del **IRF**
2. Velocidad de circulación del cauce
3. Corriente eléctrica consumida por el motor de la cinta de captación
4. Sentido y velocidad de la cinta de captación

Distribución interna de residuos

Comprende la tarea de disponer los residuos captados en los contenedores. Se compone de la cinta de distribución de residuos y de los contenedores. El siguiente esquema presenta una aproximación al sistema:

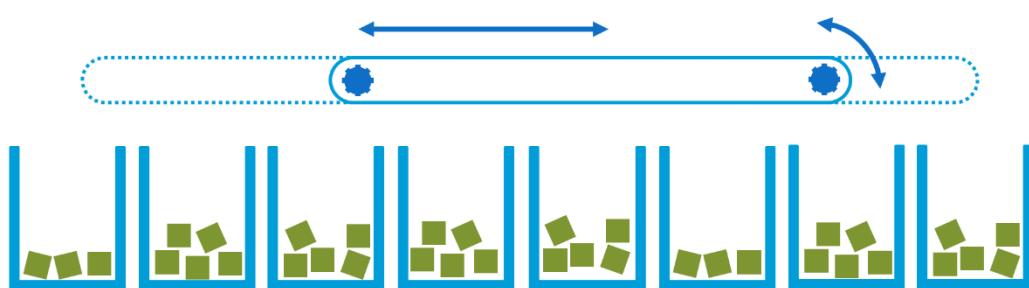


Figura 8. Detalle del funcionamiento cinta de distribución.

La cinta de distribución de residuos tendrá la capacidad de transporte de residuos sobre su superficie, así como de desplazarse respecto del catamarán. La distancia de desplazamiento de la cinta estará vinculada a la cantidad de contenedores (Fig. 8).

Para realizar los movimientos la cinta contará con 2 (dos) motores. Se llamará “motor de giro” al asociado al giro de la cinta y “motor de desplazamiento” al asociado al desplazamiento del conjunto.

Los contenedores, ubicados en un pontón dentro del catamarán, serán los receptores de los residuos. Alcanzado el nivel de capacidad de un contenedor específico, el sistema continuará el almacenamiento utilizando contenedores que aún cuenten con espacio disponible.

Las mediciones que se distinguen son las siguientes:

1. Corriente eléctrica y potencia instantánea consumidas por el motor de giro de la cinta de distribución
2. Corriente eléctrica y potencia instantánea consumidas por el motor de desplazamiento de la cinta de distribución
3. Sentido y velocidad del motor de desplazamiento de la cinta de distribución
4. Sentido y velocidad del motor de giro de la cinta de distribución
5. Presencia de contenedor
6. Capacidad ocupada en los contenedores
7. Posición del pontón con respecto al catamarán

Energía

Conformado por los servicios de generación y almacenamiento de energía, el Sistema de Energía será responsable de la provisión de alimentación eléctrica a los sistemas a bordo del IRF.

Entre los equipos del Trabajo Práctico Interdisciplinario, se halla el equipo de Energía, cuyas responsabilidades, entre otras, cubren aspectos de diseño del Sistema de Energía.

Sabemos que el sistema deberá contar con al menos tres etapas: (1) **Generación**; (2) **Almacenamiento**; (3) **Regulación**.

1. **Generación:** Etapa responsable de proveer la energía desde fuentes externas al interceptor.
2. **Almacenamiento:** Permitirá dotar al sistema de una reserva de energía que compense la falta de disponibilidad de la variable de generación en forma regular.
3. **Regulación:** Etapa responsable de proveer energía en forma constante a los sistemas del **IRF**. Vincula la energía recibida por la etapa de Generación con la de Almacenamiento y con los consumos.

Lo antes descripto se encuentra representado en la Figura 9.

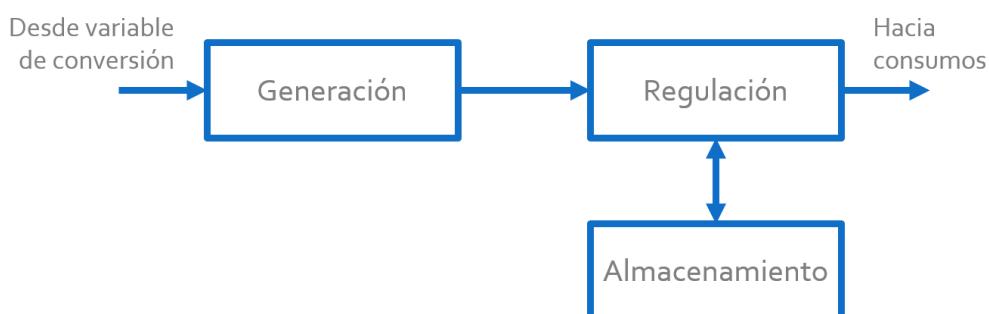


Figura 9. Esquema de la generación energética.

Las mediciones de interés para esta etapa son:

1. Variables eléctricas de la etapa de Generación
2. Variables eléctricas de la etapa de Almacenamiento
3. Variables eléctricas de la etapa de Regulación

Comunicaciones

El conjunto de sistemas del **IRF** transmitirán su información mediante el sistema de comunicaciones. Dicho sistema comprende las computadoras abordo y las antenas utilizadas para completar los enlaces de transmisión de datos.

Dado que la operación misma del Sistema de Comunicaciones corroborará la actividad de la comunicación, la buena transmisión de los datos y la integridad de los enlaces de comunicaciones, se detallarán en los capítulos de este informe relativos al sistema de comunicaciones y al sistema de gestión de la información desde su transmisión desde el

IRF hasta su almacenamiento en bases de datos externas y su disponibilización en los *dashboard* desarrollados.

Seguridad

Dentro de los aspectos de una embarcación, existen variables que complementan aspectos de seguridad. En particular las recomendadas por los colegas del equipo de diseño Naval son las siguientes:

1. Inclinación del catamarán
2. Inclinación del pontón
3. Posición global del catamarán
4. Calado del catamarán
5. Distancia vertical entre el fondo del lecho marino y el casco del catamarán

RESUMEN DE MEDICIONES

1. Presencia de residuos en la boca del **IRF**
2. Capacidad ocupada en los contenedores
3. Velocidad de circulación del cauce
4. Sentido y velocidad de cintas
 - a. Cinta de captación
 - b. Cinta de distribución
5. Posición de la cinta de distribución
6. Calado del catamarán
7. Inclinación del catamarán
8. Inclinación del pontón
9. Corriente eléctrica y potencia instantánea de motores
 - a. Cinta de captación
 - b. Cinta de distribución
 - i. Giro
 - ii. Desplazamiento
10. Detección de presencia de contenedores
11. Posición global del catamarán

12. Distancia vertical entre el fondo del lecho marino y el casco del catamarán
13. Mediciones del sistema de energía

ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES

Presencia de residuos en la boca del IRF

A fin de que efectivamente existan residuos captados, es necesario reconocer su presencia en la cinta de captación. Dado que cantidad de residuos presentes en el río no será constante y de modo que la gestión de la energía sea más eficiente, existirá una región aledaña al extremo sumergido de la cinta de captación que actuará como zona de acumulación o *buffer* (Fig.10). Cuando la cantidad de residuos en el supere un umbral, el sistema de control del IRF activará la cinta de captación comenzando a recolectar los residuos flotantes.

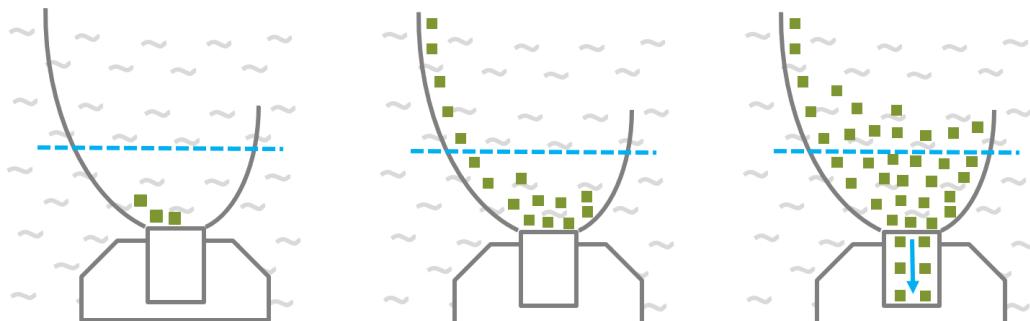


Figura 10. Esquematización, llenado del buffer.

Los motores asociados a las cintas de recolección y captación representan los consumos de mayor impacto en el IRF. Es por ello que la adecuada activación representará el uso eficiente de la energía, a diferencia de permitir que el sistema opere en forma continua independientemente de que haya residuos presentes.

Tecnología y Solución Seleccionada

La medición de presencia tiene múltiples aspectos de aleatoriedad: (1) las dimensiones de los materiales recibidos, (2) su composición, (3) su flotabilidad, (4) la frecuencia de recepción en el *buffer*, (5) el área de medición, (6) el color, entre otros. Debido a estas

características es que se define necesario que la medición se realice a distancia, pudiendo interpretar la situación al modo en que un operador lo haría.

Implementando captura de imágenes con cámaras de video y su procesamiento para la detección de los residuos se logra un efecto de medición equivalente a la apreciación visual de la situación de la contaminación que presente el cauce. En vistas de la topología de comunicaciones dentro del **IRF**, se trabajará con cámaras *IP* aptas para su integración mediante protocolos de red de área local.

Seguidamente, el procesamiento puede realizarse con diferentes metodologías y algoritmos:

- Utilización inteligencia artificial en forma de redes neuronales para el reconocimiento de patrones de los residuos.
- Aplicación de filtros de procesamiento de imágenes. Tales como filtros de detección de bordes.

Los métodos fueron ensayados por el equipo de Control, conformado por estudiantes de Ingeniería Electrónica. Se obtuvo que los métodos guardaban una calidad de respuesta similar entre ellos.

Respecto de su implementación, un algoritmo de redes neuronales requiere entrenar al sistema de múltiples imágenes que mostraran la acumulación de residuos. En tanto la metodología de aplicación de filtros de procesamiento de imágenes requiere establecer un filtro determinado para obtener una respuesta del sistema.

En vistas de que la implementación del **IRF** no tiene una ubicación determinada aún y dado que el sistema mediante redes neuronales requerirá información de partida para su entrenamiento, se evalúa que la metodología de **aplicación de filtros de procesamiento de imágenes** es una opción favorable debido a que permite su ensayo con algoritmos preexistentes. En particular, se han encontrado métodos de análisis que

aplicando **filtros de borde** detectan exitosamente residuos en una imagen. A continuación, se puede ver un ejemplo de este proceso en funcionamiento:



Figura 11. Ejemplo filtro de borde para detección de residuos en boca del interceptor (buffer).

En la figura 11 se observa como con un filtro detector de borde detecta de manera satisfactoria los bordes de los residuos.

En el caso del **IRF**, la modalidad que implementará el sistema de medición será la siguiente:

- Se capturará una imagen por la cámara a intervalos periódicos de aproximadamente 2 minutos
- Se aplicará los filtros de imágenes
- Se contrastará la imagen procesada con el umbral de referencia que determina la situación de “buffer con material”.

Capacidad ocupada de los contenedores

El sistema de control del **IRF** requerirá información que le permita decidir qué contenedor aún tiene espacio disponible para recibir residuos, así como saber si es necesario detener la operación o enviar una alerta solicitando el vaciado debido a que los contenedores están próximos a llenarse (Fig. 12 y 13).

La medición será resultado de la instrumentación de las siguientes variables:

1. Distancia del catamarán a los residuos en el interior de los contenedores $d_{c,ic}$
2. Distancia del catamarán al pontón $d_{c,p}$ ⁸

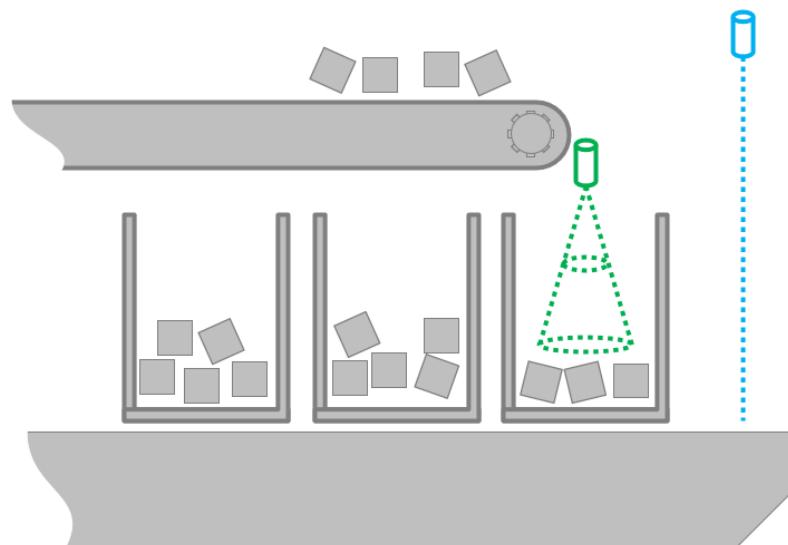


Figura 12. Vista lateral del sistema para medir la capacidad ocupada de los contenedores.

La deposición de residuos dentro de los contenedores conformará superficies de altura aleatoria dentro de los mismos. Mediante el uso de mediciones de distancia de tecnología ultrasónica será posible identificar aquellos residuos que representen la mayor altura en el contenedor.

La medición $d_{c,ic}$ constará de 2 (dos) sensores de tecnología ultrasónica instalados en el extremo de la cinta de distribución de residuos. Dada la selección de la posición de instalación, la medición se realizará sobre el contenedor que se esté cargado. A fin de cubrir la medición del total de los contenedores, se instalará un segundo par de sensores en el extremo opuesto de la cinta de distribución.

⁸ El láser ejemplificado con el color verde será el que mida la distancia $-d_{c,ic}-$ entre los residuos y el catamarán. El láser ejemplificado con color celeste será el que mida la distancia $-d_{c,p}-$ entre el catamarán y el pontón

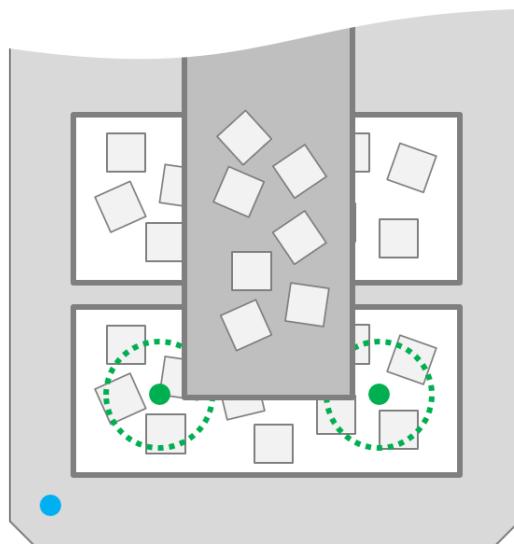


Figura 13. Vista superior del sistema para medir la capacidad ocupada de los contenedores.

Mediante la diferencia de estas mediciones se obtiene el nivel de residuos en los contenedores.

La medición $d_{c,p}$ constará de 1 (un) sensores de tecnología láser instalados en el techo del catamarán, orientado a la cubierta del pontón en la extensión que no cubren los contenedores. Dado que la medición aportará la referencia de distancia, se busca obtener el menor grado de influencia de otros objetos en derredor, aprovechando así las características de la medición láser.

Opción comercial seleccionada

La empresa **Microsonic** ofrece dentro de su porfolio de productos instrumentos de medición por **ultrasonido** que reúnen características aptas para su operación a bordo del **IRF**. A los efectos de la medición $d_{c,ic}$, el modelo propuesto es el **mic+340/IU/TC** (Fig. 14).



Figura 14. Sensor de ultrasonido Microsonic **mic+340/IU/TC.**

Entre sus características⁹ destacan las siguientes:

- Rango de medición: 350...3400 mm
- Clasificación IP: IP67
- Comunicación de datos: salida analógica 4...20 mA
- Alimentación eléctrica: 9...30 VDC

La integración con la computadora de control del **IRF** se realizará mediante la adquisición de la señal analógica de salida. La señal 4...20 mA es estándar en comunicaciones industriales, apta para su integración en múltiples computadoras.

De modo similar, la firma **Micro-Epsilon** ofrece para medición de distancia láser el modelo **ILR1030-8/LC1** (Fig. 15).



Figura 15. Sensor láser Micro-Epsilon **ILR1030-8/LC1.**

⁹ Microsonic, Hoja de datos “mic+340/IU/TC”, 2021

Entre sus características¹⁰ destacan las siguientes:

- Rango de medición: 0,2...3,5 m
- Clasificación IP: IP65
- Comunicación de datos: salida analógica 4...20 mA
- Alimentación eléctrica: 10...30 VDC
- Clasificación de seguridad del láser (EN 60825-1:2007): Clase 1 (no requiere precauciones especiales de seguridad)

Medición de velocidad de circulación del cauce

Los cauces sufren alteraciones de su velocidad de circulación en diferentes momentos del día. Asimismo, dicha velocidad no es uniforme y se ve afectada por diversos factores ambientales. Dado que la conducción de residuos se ve afectada sensiblemente por esta variable, el sistema de control tendrá necesidad de esta información para decidir sobre la operación de la cinta de captación de residuos.

Teniendo en consideración que el entorno de medición está caracterizado por la presencia de residuos y que la medición de interés es la superficial del agua, se ponderará una medición a distancia.

Como resultado del trabajo de investigación, se ha encontrado que existen en el mercado mediciones que mediante tecnología de radar pueden obtener la velocidad del cauce midiendo a distancia.

Opción comercial seleccionada

La empresa **Ott Hydromet** ofrece el modelo **SVR 100**, un sensor de velocidad superficial de agua que utiliza tecnología de radar.

¹⁰ Micro-Epsilon USA, Hoja de datos “Y9766278-D011039GKE”, “optoNCDT ILR // Laser distance sensors”



Figura 16. Sensor Ott Hydromet SVR 100

Entre sus características¹¹ destacan las siguientes:

- Rango de medición: 0,08...15 m/s
- Distancia al agua: 0,5...25 m
- Clasificación IP: IP68
- Comunicación de datos: RS485
- Alimentación eléctrica: 9...27 VDC
- Frecuencia de operación: 24 GHz (banda K)

La integración con la computadora de control del **IRF** se realizará mediante el uso del puerto de comunicación. Este instrumento cuenta con protocolos **RS485** y **RS232**, pudiendo ser utilizado el más adecuado según se diseñe el sistema de control.

Sentido y velocidad de cintas

Los residuos flotantes atraídos a la proa del **IRF** ingresarán por medio de la cinta de captación. De acuerdo con el volumen de residuos disponibles para ser recolectados y la velocidad del cauce, entre otras variables, se buscará modificar la velocidad de la cinta para aprovechar las condiciones más favorables a la recolección, así como para administrar la energía del sistema en forma eficiente.

¹¹ Ott Hydromet, Datos técnicos de instrumento SVR100, “Technical Data OTT SVR 100”, 2021

Asimismo, los residuos elevados por la cinta de captación se volcarán en la cinta de distribución para ser finalmente transportados al contenedor que indique el sistema de control. Dada la construcción de la cinta de distribución y la posición de los contenedores será necesario poder contar con información de la dirección en que se realiza el volcado de los residuos, así como la velocidad de la cinta para lograr su sincronía con la cinta de captación.

Para preservar el adecuado fluir de los residuos, se ponderarán alternativas que no requieran intervención de las cintas. Aprovechando la presencia de ejes rotantes en diferentes puntos de la cinta, se propone el uso de un encoder rotativo. La instalación comprenderá su vinculación mecánica a un eje que transmita con la mayor fiabilidad disponible los movimientos que realicen las cintas. Para ello se presentan como alternativas (1) el propio eje del motor, o (2) un eje de bajo resbalamiento dentro de los circuitos de las cintas.

Opción comercial seleccionada

Desde **OMRON** se ofrece el encoder rotativo (rotary encoder) modelo **E6C2-CWZ6C** (Fig. 17).



Figura 17. Encoder rotativo de 2000 pulsos por revolución Omron **E6C2-CWZ6C**.

Entre sus características¹² destacan las siguientes:

- Rango de medición: hasta 2000 pulsos por revolución (hasta 1 pulso cada desplazamiento de 0,18°)
- Máxima respuesta en frecuencia: 100 kHz
- Clasificación IP: IP65
- Comunicación de datos: Salida de pulsos mediante NPN a colector abierto

¹² Omron, Hoja de datos CSM_E6C2-C_DS_E_6_2, “Slim Incremental 50-mm-dia. Rotary Encoder”, 2015

- Alimentación eléctrica: 4,75...27,6 VDC

Para la vinculación con la computadora de control será necesario contar con un contador de pulsos que permita la adquisición a máxima velocidad de la cinta.

Posición de la cinta de distribución de residuos

Para lograr el volcado de los residuos en los contenedores será necesario indicar la cinta de distribución el contendor a llenar y la posición a alcanzar para que los residuos efectivamente caigan dentro del contenedor seleccionado.

Si bien la cinta tiene la posibilidad de desplazarse respecto del catamarán, este movimiento se realiza en la dirección de la línea de crujía (eje proa-popa) a lo largo de un recorrido conocido en función de su construcción.

En función de las condiciones descriptas, se propone implementar la medición de posición utilizando una medición de distancia de la cinta de distribución respecto de catamarán utilizando tecnología láser. La medición se hará entre el extremo de la cinta más próximos a la proa y una posición de instalación del láser vinculado al casco del catamarán. En la figura 18 se presenta un esquema ejemplificando la instalación:

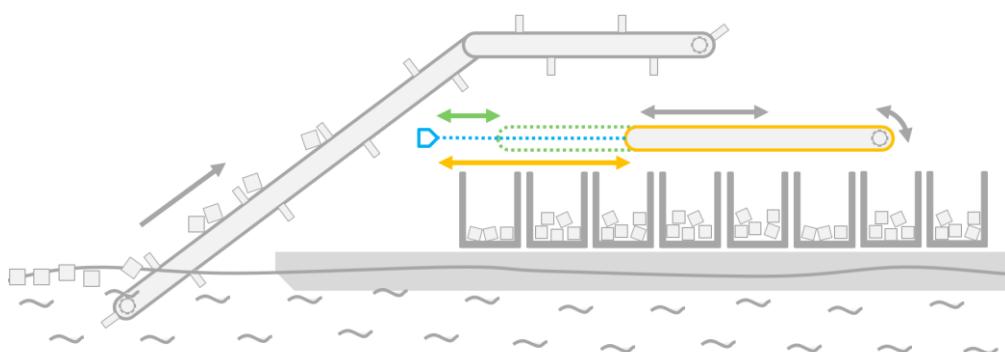


Figura 18. Esquematización de la medición del posicionamiento de la cinta de distribución

Opción comercial seleccionada

Al modo en que se sugirió como modelo en la medición de capacidad ocupada de los contenedores, la firma **Micro-Epsilon** ofrece para medición de distancia láser el modelo **ILR1030-8/LC1**.

Calado del catamarán

El calado de una embarcación indica, en unidades de longitud, cuán sumergida se encuentra (Fig.19). El calado puede verse afectado por diferentes factores, como ser el escorrido de la embarcación, el oleaje producto de la situación de la cuenca o el cambio en el peso específico del agua (por ejemplo, cuando se pasa de navegar en agua dulce a agua salada).

La medición del calado brinda información sobre la situación de la embarcación a fin de validar su operación normal o detectar anomalías que podrían ser producto de condiciones meteorológicas o de operación.

La implementación de la medición se realizará con una medición de distancia desde una posición fija y conocida desde el catamarán al agua. Conforme se confirmó con el equipo de Ingeniería Naval del Trabajo Práctico Interdisciplinario, es posible prever un espacio centrado en el catamarán cercano a la zona de alojamiento del pontón, donde se instale un dispositivo de medición que mida la distancia al agua minimizando la influencia del oleaje en la medición.

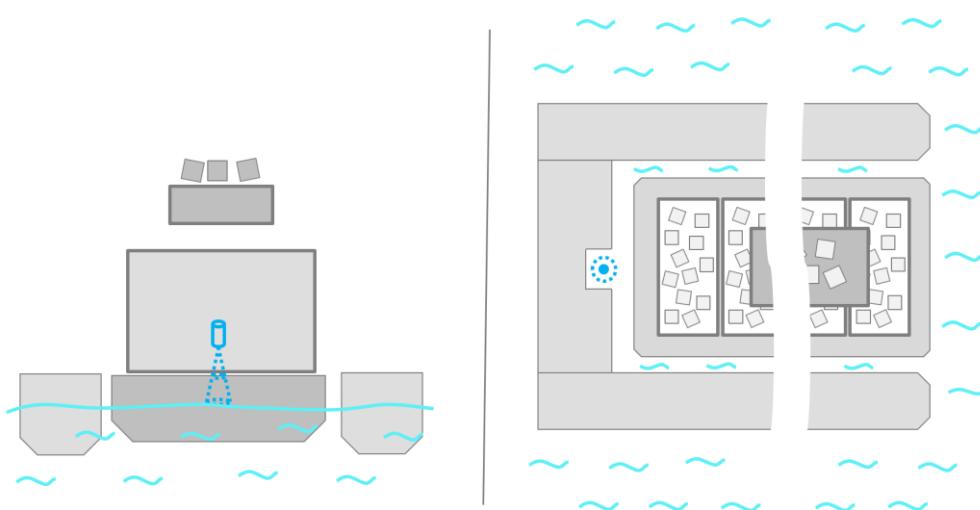


Figura 19. Esquematización de la medición del calado del catamarán con utilizando

Opción comercial seleccionada

Al modo en que se sugirió como modelo en la medición de capacidad ocupada de los contenedores, la firma **Microsonic** ofrece para medición de distancia por **ultrasonido** instrumentos aptos para su operación a bordo del **IRF**. En esta oportunidad el modelo seleccionado es el **mic+130/IU/TC**. Sus especificaciones técnicas¹³ son semejantes al modelo previamente presentado, su principal diferencia radica en que su rango de medición es de los 200mm hasta los 2000mm.

Inclinación del catamarán

El oleaje, las cargas distribuidas de residuos, el viento, la corriente serán todas causas que afecten a la inclinación del catamarán. Asimismo, según la intensidad de la inclinación podrá detectarse una situación de potencial peligro para la embarcación que permita al sistema de control automático detener su operación y enviar una alerta.

La medición de inclinación será resultado de la implementación de inclinómetros vinculados a la estructura del catamarán. De esta forma, se obtendrán en forma directa los ángulos de inclinación absoluta del catamarán sin necesidad de procesamiento de los datos. Son 2 (dos) los ángulos de interés: (1) el ángulo de escora, asociado a la

¹³ Microsonic, Hoja de datos “mic+130/IU/TC”, 2021

rotación respecto de la línea de crujía (eje proa-popa); (2) el ángulo de cabeceo o alfara, asociado a la rotación respecto de la línea del través (eje babor-estribor) (Fig. 20 y 21).

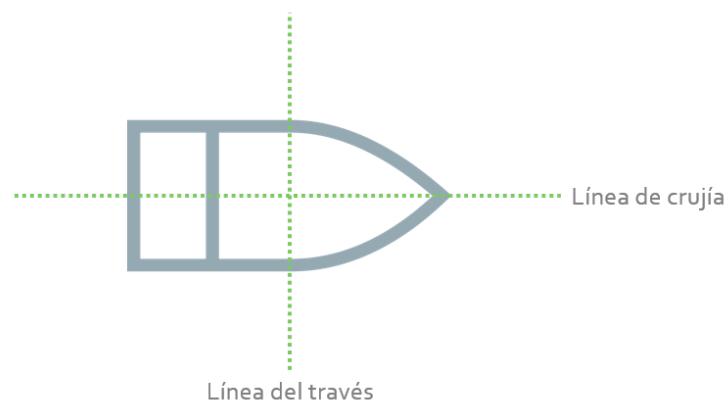


Figura 20. Líneas de crujía y del través.

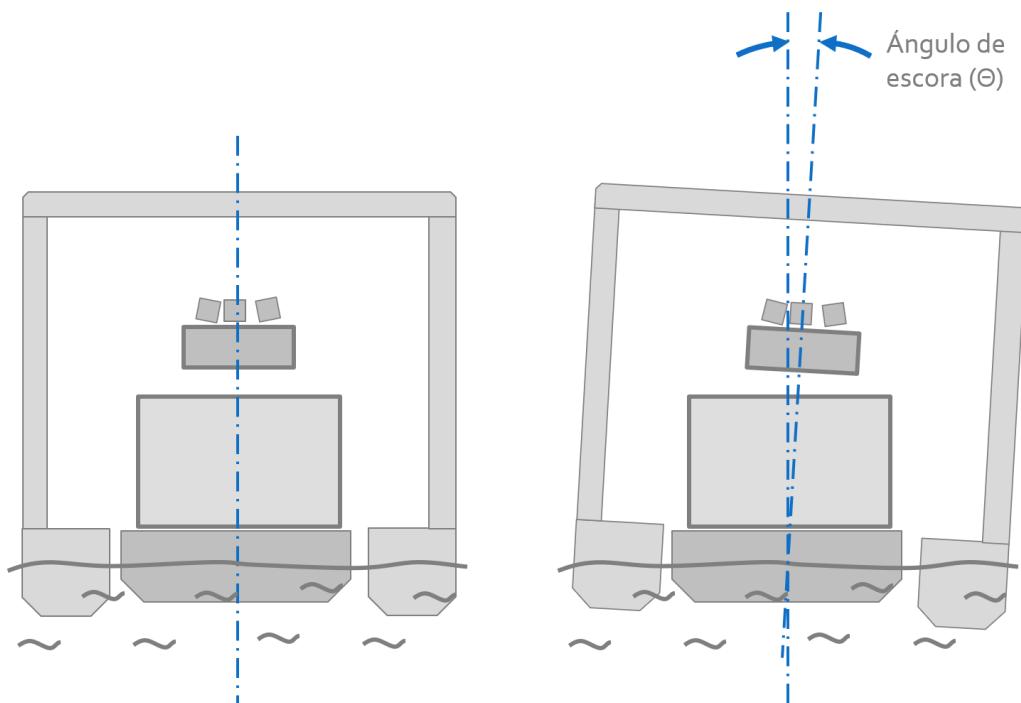


Figura 21. Representación del catamarán inclinado y el ángulo de escora.

Opción comercial seleccionada

La empresa **TE Connectivity** cuenta con el modelo **ACCUSTAR® IP-66** (Fig. 22).



Figura 22. Inclinómetro TE Connectivity ACCUSTAR® IP-66.

El instrumento se instala en forma vertical proveyendo 1 (una) medición de ángulo, siendo necesarios 2 (dos) sensores para completar la implementación.

Entre sus características¹⁴ destacan las siguientes:

- Rangos lineales: +/- 3°, 5°, 10°, 15°, 20°, 30°, 45°
- Máxima respuesta en frecuencia: 0,5 Hz
- Clasificación IP: IP66
- Comunicación de datos: 0,5...4,5 VDC / 4...20 mA
- Alimentación eléctrica: 12...30 VDC (para utilizar la salida 4...20 mA es necesario alimentarlo con 24 VDC)

Inclinación del pontón

El pontón es un elemento de características particulares en este proyecto. Es extraíble, su inclinación depende tanto del oleaje, de la presencia de contenedores sobre el mismo y del peso de los residuos que se hayan acumulado al momento.

¹⁴ TE Connectivity, Guía de configuración Accustar-IP-66_1630-21559-0024-E-0815, “AccuStar® IP-66 Set-up Guide”

Dado que el pontón no está vinculado en forma mecánicamente solidaria al catamarán y a fin de minimizar las maniobras relativas a su extracción para vaciado de contenedores, la instrumentación se realizará con un método sin contacto. Dada la característica compartida de elementos flotantes no vinculados en forma mecánicamente solidaria, es necesario componer la medición de inclinación por dos sub-mediciones: (1) medición de inclinación del pontón respecto del catamarán, y (2) medición de inclinación absoluta del catamarán.

Siendo que la medición de inclinación absoluta del catamarán ha sido descripta previamente, se describirá la medición de inclinación del pontón respecto del catamarán. Para ello se propone componer el resultado de la medición como resultado de 4 (cuatro) mediciones de distancia entre un punto conocido del catamarán y las esquinas del pontón (Fig. 23 y 24).

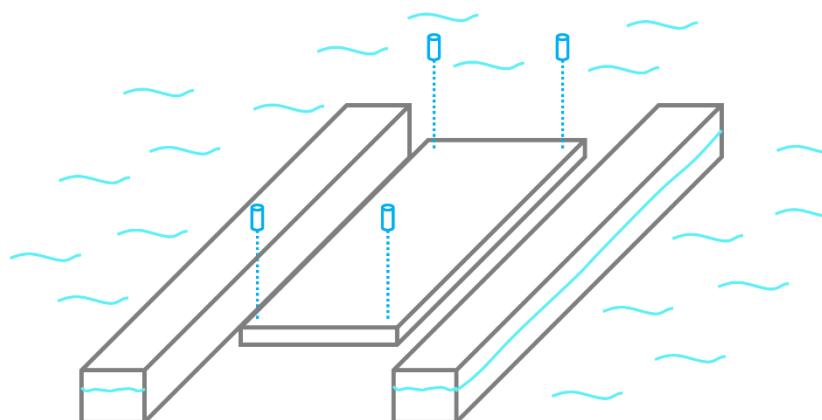


Figura 23. Vista en perspectiva de la esquematización de la medición de la inclinación del pontón mediante la utilización de 4 mediciones láser

Para ello habrá porciones del pontón libres de objetos. Asimismo, se considerará para la dicha porción la oscilación estimada que tendrá el pontón el catamarán dado que, si la oscilación es demasiado amplia, podrá suceder que se mida la distancia al agua o a un contendor próximo en lugar del pontón.

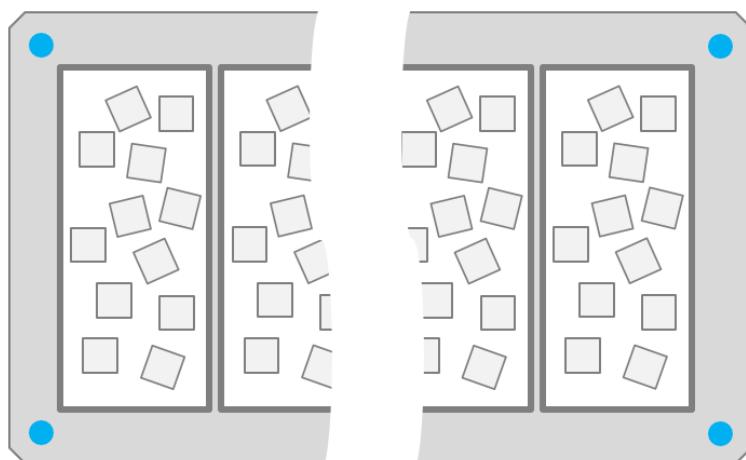


Figura 24. Vista superior de la esquematización de la medición de la inclinación del pontón mediante la utilización de 4 mediciones láser.

Obtenidos los valores de medición de las esquinas y conociendo su posición de montaje, se calculan las diferencias de distancia y con operaciones de trigonometría se obtiene el ángulo relativo de inclinación. Finalmente, para la obtención del valor absoluto de inclinación se suman o restan los ángulos según los resultados y el sistema de coordenadas implementado.

Opción comercial seleccionada

Al modo en que se sugirió como modelo en la medición de capacidad ocupada de los contenedores, la firma **Micro-Epsilon** ofrece para medición de distancia láser el modelo **ILR1030-8/LC1**.

Corriente eléctrica y potencia instantánea consumida por los motores

Existen 3 (tres) motores en el **IRF**: (1) Rotación de la cinta de captación; (2) Rotación de la cinta de distribución; (3) Desplazamiento la cinta de distribución. Como parte de la estrategia de control será necesario contar con información que permita interpretar cómo están trabajando los motores.

Dado que los motores trabajarán en diferentes velocidades según las condiciones ambientales y energéticas, se implementará el uso de variadores de velocidad para el comando de los motores desde la computadora de control.

Los variadores de velocidad a implementar deberán contar con un enlace de comunicación que permita tanto su comando remoto como adquirir información de diagnóstico de los motores. Aprovechando la característica de diagnóstico, se buscará que los variadores de velocidad cuenten con la posibilidad de entregar la medición de corriente eléctrica de los motores.

Dado el desarrollo del Trabajo Interdisciplinario al momento, los motores operarán con tensión monofásica de 220 VCA 50 Hz, con una potencia eléctrica estimada en 1 kW.

Opción comercial seleccionada

Desde **Siemens** se ofrece el variador de velocidad **SINAMICS V20** (Fig. 25).



Figura 25. Variador de velocidad Siemens SINAMICS V20.

Entre sus características¹⁵ destacan las siguientes:

- Rango de tensión de alimentación: De 200 VAC a 240 V AC (tolerancia: de -10% a +10%) de 47 Hz a 63 Hz
- Potencia nominal máxima: 3,0 kW

¹⁵ Siemens, Instrucciones de Servicio “A5E31842763”, “Convertidor SINAMICS V20, Instrucciones de servicio”, 2013

- Los valores nominales más próximos a los efectos de la aplicación analizada son 1,1 kW y 1,5 kW.
- Comunicación de datos: Interfaz **RS485** configurable para aplicar MODBUS RTU
- Registros de interés: En la Tabla de Correspondencias se describen los registros disponibles, entre los que destacan los registros de Corriente (40345) y Potencia instantánea (30348)
- Clasificación IP: IP20

Para completar su integración será necesario que la computadora de control actúe como un maestro de la comunicación.

Detección de presencia de contenedores en el pontón

Es posible que, por imprevistos de la operación, no estén a bordo del pontón todos los contenedores que es posible alojar. Un contenedor podrá no estar disponible al momento de cargar un pontón debido a un evento de mantenimiento; podrá haberse caído del pontón por sucesos climáticos o vandálicos. La detección de la presencia de los contenedores en el pontón permitirá con información actualizada tomar decisiones acerca de la distribución interna de residuos confirmando las ubicaciones dónde es posible hacer volcado de residuos captados.

Como se mencionó en análisis previos, se busca lograr la detección evitando la instrumentación del pontón. Para ello se propone la detección mediante barreras infrarrojas alineadas con las posiciones de los contenedores. Sabiendo que los contenedores tendrán posiciones oscilantes respecto del catamarán dada la vinculación por sogas prevista, se propone colocación de los sensores centrados respecto del alto y ancho de los contenedores en su posición esperable con agua calma (Fig. 26).

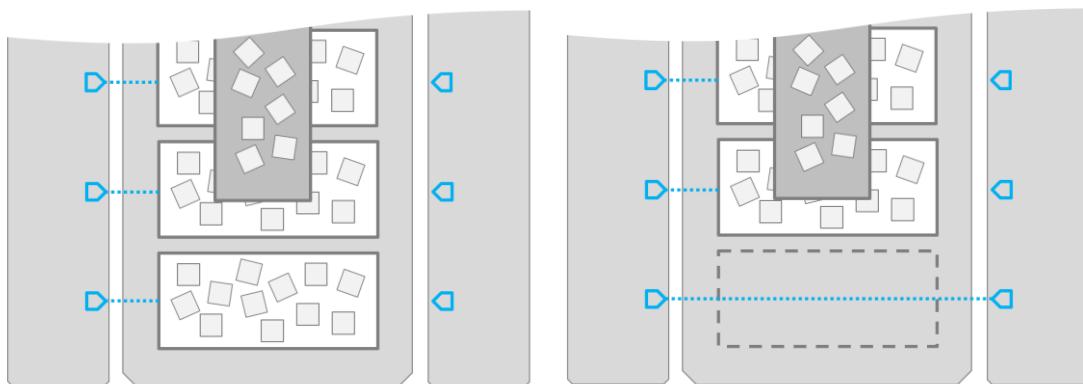


Figura 26. Vista superior de la esquematización de la medición láser utilizada para detectar la presencia de los contenedores en el pontón.

Opción comercial seleccionada

La firma **Takex** ofrece la barrera infrarroja de doble haz **PXB- 50HF** (Fig. 27).



Figura 27. Barrera infrarroja **Takex PXB- 50HF**.

Entre sus características¹⁶ destacan las siguientes:

- Rango de tensión de alimentación: 12...30 VDC
- Distancia máxima de enlace infrarrojo: 50 metros
- Tiempo de respuesta: 0,05...0,7 segundos
- Clasificación IP: IP65
- Salida de alarma: contacto seco (libre de potencial)

¹⁶ Takex, Folleto “LEAF 10-06R47-2”, Photoelectric Beam Sensor”

- Temperatura de operación: -35...+66 °C

Posición global del catamarán

EL **IRF**, como dispositivo flotante anclado, se encontrará sometido a oleaje, mareas y vientos. Dichas variables, en una situación de alta intensidad de fenómenos meteorológicos podrán alterar la posición el **IRF**. En función de estos potenciales eventos, se observa necesario contar con una medición que permita informar de manera precisa y constante, la posición del Interceptor.

Basado en la experiencia del equipo de colegas de Ingeniería Naval, en condiciones normales, la embarcación no deberá moverse más de 1 metro en forma radial. Más de 2 metros significaría que se ha soltado alguna de las amarras. Más de 5 metros en alguna dirección se debería considerarse que la embarcación está siendo desplazada, ya sea por algún tipo de mantenimiento o bien por un siniestro.

Para ello se utilizará la tecnología **GPS** (*Global Positioning System*). En lo que respecta al posicionamiento, hay varios factores para tener en cuenta, uno de ellos es la constelación satelital a la que está accediéndose para la triangulación. El sistema de posicionamiento global funciona realizando una triangulación entre 3 o más satélites en órbita. Cuantos más satélites puedan ser utilizados para la triangulación, más rápido y precisa será la posición obtenida. Es por ello que la cantidad de satélites que puedan ser leídos por la solución elegida deberá tenerse en cuenta.

Los satélites forman parte de constelaciones o grupos de satélites en órbita de distintos propietarios. La agrupación que engloba todas las constelaciones de satélites es el Sistema Global de Navegación por Satélites (**GNSS**, por sus siglas en inglés). Son parte de **GNSS**: **GPS** (Estados Unidos), **GLONASS** (Rusia), **BEIDOU** (China) y **Galileo** (Comunidad Europea). De este modo, las soluciones existentes proveen, según la solución, acceso a alguna o bien a todas ellas (Fig. 28).

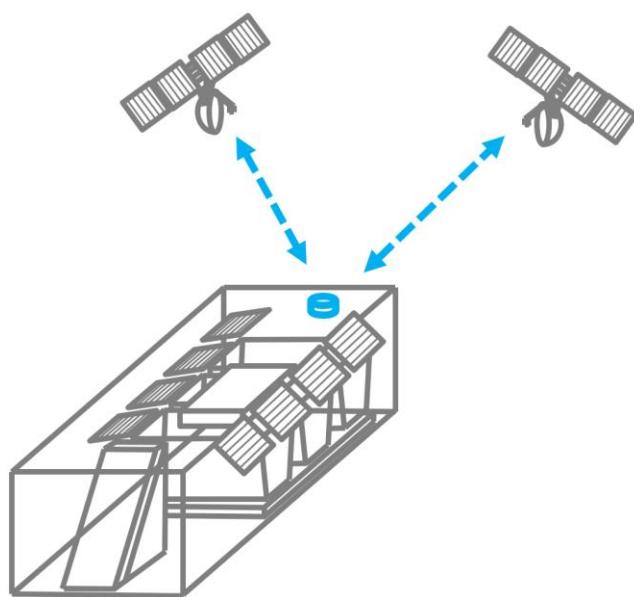


Figura 28. Representación de la triangulación de la posición del IRF mediante la utilización de tecnología GPS.

Las soluciones de mayor exactitud han incorporado una tecnología llamada Navegación Cinética Satelital en Tiempo Real, conocida como **RTK**. Es una técnica utilizada para corregir errores comunes en sistemas satelitales **GNSS** que utiliza las mediciones de fase de la onda portadora de la señal junto al contenido de la señal. Esta tecnología es habitualmente utilizada para el manejo de vehículos aéreos no tripulados, así como en aplicaciones de relevamiento de terreno, dado que logra una resolución de medición de hasta 10mm. Esta tecnología puede mostrarse altamente provechosa para la implementación del **IRF** siendo que podrá monitorearse de modo confiable sus movimientos con precisión.

La medición obtenida por el módulo **GPS** será la latitud y la longitud mediante coordenadas geográficas (lat_{IRF}, lon_{IRF})

Opción comercial seleccionada

En base al análisis realizado se selecciona el módulo provisto por **Sparkfun** que trabaja con el integrado de **UBLOX ZED-F9P** con capacidad **RTK** (Fig.29).



Figura 29. Módulo de posicionamiento global GNSS-GPS **Sparkfun UBLOX ZED-F9P**

i

Entre sus características¹⁷ destacan las siguientes:

- Exactitud: 0.01m radio máximo (**CEP** 50% precisión radial) + 1ppm (**RTK**)
- Tecnología de posicionamiento: GNSS banda L1 y L2, soporta sistemas de corrección de errores como DGNSS/WAAS/EGNOS. RTK
- Sensibilidad de rastreo: -167 dbm
- Formatos de conexión: UART, USB, I2C, SPI
- Tipo de dato: NMEA-0183/ UBX/ RTCM
- Tensión de trabajo: 2,7...3,6 VDC
- Corriente de trabajo: 68...130 mA (según modo de adquisición)
- Rango de temperatura: -40...+85 °C
- Antena: Requiere antena externa con conector SMA

A fin de realizar una medición satisfactoria, la antena del **GPS** deberá ser instalada en el techo de la embarcación previéndose el ruteo de su cableado hasta el módulo de adquisición. Una antena adecuada para operar en conjunto con este instrumento es el modelo **TOP106** producido por la empresa **TOPGNSS**.

Distancia vertical entre el fondo del lecho marino y el casco del catamarán

La condición del cauce en que se encuentre emplazado el **IRF** podrá ir variando, tanto por el cambio de nivel del agua, así como por el acumulado de sedimentos al fondo del cauce. Por ello, dentro del conjunto de mediciones asociadas a la seguridad de la

¹⁷ u-blox, Hoja de datos “UBX-17051259 - R02”, “ZED-F9P u-blox F9 high precision GNSS module Data Sheet”, 2018

embarcación, se incorpora la medición de distancia vertical entre el fondo del lecho marino y el casco del catamarán.

La práctica habitual en el entorno Naval para la instrumentación de esta medición es mediante el uso de una **Ecosonda**. Este dispositivo opera mediante el principio de sonar, emitiendo un pulso que viaja a través del agua, rebota contra el fondo del lecho, y retorna al dispositivo. Utilizando el tiempo que la señal tarda en regresar y las alteraciones que sufre la señal, la Ecosonda es capaz de determinar la profundidad y el contorno del lecho, así como los objetos atravesados tales como peces (Fig. 30).

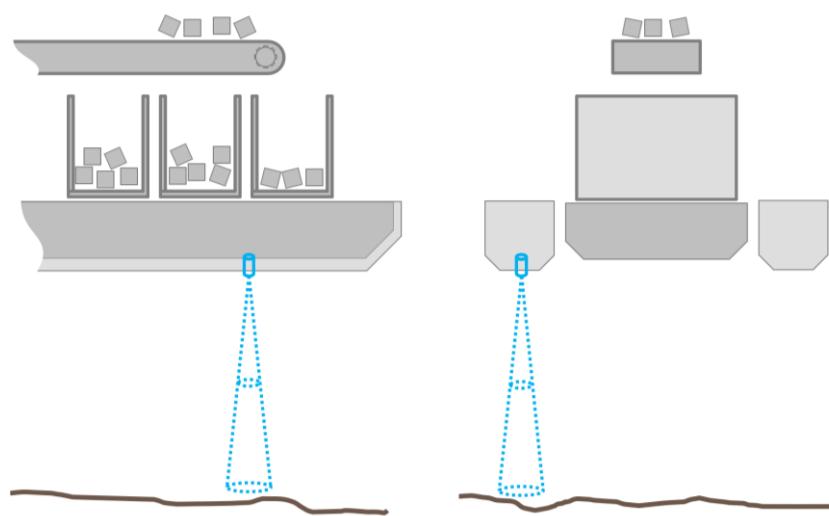


Figura 30. Esquematización para la medición de la distancia vertical entre el lecho marino y el casco del catamarán.

La figura 30 presenta vistas del **IRF** con la Ecosonda instalada en el casco del catamarán. La variable obtenida será entonces la distancia de la posición de instalación al fondo del lecho marino. Dependiendo de la posición de instalación será necesario realizar un ajuste del valor para acabar representando la desde el límite inferior del casco del catamarán.

Opción comercial seleccionada

La empresa **BlueRobotics** ofrece el modelo de ecosonda *Ping Sonar Altimeter and Echosounder* (Fig.31). BlueRobotics se especializa en productos para uso subacuático.



Figura 31. Ecosonda sonar-altímetro **BlueRobotics Ping**.

La solución consiste en una ecosonda que utiliza un haz simple con un ancho de banda de 30 grados capaz de medir distancias subacuáticas de hasta 50 metros, pudiendo ser sumergida hasta 300 metros. La ecosonda cuenta con una interfaz de código abierto y dispone de bibliotecas listas para implementar su utilización tanto en Arduino como C++ como Python. Si bien trabaja con un protocolo propietario, el fabricante ofrece un conversor a protocolos estándar **RS485**.

Entre sus características¹⁸ destacan las siguientes:

- Voltaje de alimentación máximo: 4,5...5,5 VDC
- Consumo de corriente típico: 100 mA
- Frecuencia de operación: 115 kHz
- Ancho de haz: 30 grados
- Rango de medición: 0,5...30,0 metros
- Resolución: 25 cm
- Máxima profundidad de inmersión: 300 metros

¹⁸ Blue Robotics, Hoja de datos “Ping sonar Altimeter and Echosounder” obtenido de “<https://bluerobotics.com/store/sensors-sonars-cameras/sonar/ping-sonar-r2-rp/>”, 2021

- Protocolo de comunicación: UART Ping Protocol. Convertible con adaptador provisto por el fabricante a RS485.

Mediciones del sistema de Energía

La minimización del impacto ambiental y el aumento de la eficiencia de operación del **IRF** son objetivos de alta trascendencia en el proyecto. Allí las mediciones del sistema de energía serán fuente de información para la implementación de lógicas que minimicen tiempos de parada por mantenimiento y logren una alta tasa de recolección de residuos.

El sistema de energía estará desarrollado con tecnología solar. La cubierta del catamarán se aprovechará para la instalación de paneles fotovoltaicos vinculados a una unidad de regulación. Dicha unidad operará como el cerebro del sistema de energía, administrando la energía generada al almacenamiento y/o a los consumos.

El almacenamiento estará compuesto por un conjunto de baterías que satisfarán las demandas energéticas durante períodos en que la generación no sea posible. Asimismo, la salida de la regulación tendrá disponibles tensiones en 220 VCA 50 Hz mediante la implementación de un inversor para la alimentación de los motores y en 24 VCC para los elementos restantes.

Los equipos de regulación de carga e inversores operan en forma automática en función de su instrumentación interna, mediante la cual verifican la actividad y características de la generación, el almacenamiento y la demanda de los consumos. Para realizar dichas verificaciones, los equipos instrumentan internamente las variables de interés.

A fin de optimizar los recursos que serán parte del sistema, la propuesta para las mediciones del sistema de energía es interrogar los registros de datos con las mediciones realizadas por el sistema utilizando un protocolo de comunicación compatible.

Opción comercial seleccionada

El equipamiento descripto será seleccionado por el equipo del Trabajo Práctico interdisciplinario dedicado al diseño del Sistema de Energía. La intervención desde el equipo de Comunicaciones y Mediciones será la provisión de la especificación necesaria a fin de poder completar la integración.

La modalidad propuesta para la integración es que el equipamiento seleccionado cuente con un puerto de comunicación estándar (*Modbus TCP*, preferentemente) que permita la adquisición de las mediciones que den cuenta tanto del *status* del equipamiento, así como de la performance.

Como ejemplo de equipamiento que provee una especificación adecuada, La empresa **MorningStar** ofrece el modelo **TS-MPPT-60**. En la página web oficial del fabricante¹⁹ es posible obtener:

- Manual de usuario “MS-ZMAN-TSMPPT-01 v01”, donde se explicita la disponibilidad del protocolo de comunicación Modbus TCP para el modelo seleccionado.
- Especificación Modbus “MS-002582 V11”, donde se obtiene la tabla completa de registros Modbus disponibles reflejando la posibilidad de obtener los valores propuestos

A continuación, se presenta un detalle parcial de los registros que se ofrecen en el documento de especificación Modbus (Fig. 32 y 33):

¹⁹ Morning Star, Especificación Modbus “MS-002582”, “TriStar MPPT MODBUS® Specification”, 2019

TriStar MPPT MODBUS Document

Supported MODBUS Functions

Read Holding Registers (0x03) and Read Input Registers (0x04)

RAM

PDU Addr	Logical Addr	Variable name	Variable description	Units	Signed	Scaling or Range	WS	SNMP
Scaling Values								
0x0000	1	V_PU_hi	Voltage scaling, whole term	V	-	-		
0x0001	2	V_PU_lo	Voltage scaling, fractional term	-	-	-		
0x0002	3	I_PU_hi	Current scaling, whole term	A	-	-		
0x0003	4	I_PU_lo	Current scaling, fractional term	-	-	-		
0x0004	5	ver_sw	Software Version	-	-	-		
0x0005 - 0x0017	6-9	RESERVED						

Figura 32. Funciones Soportadas por los registros del Modbus .

TriStar MPPT MODBUS Document

0x0026	39	adc_vb_f_1m	Battery voltage, filtered ($\tau \approx 1\text{min}$)	V	\checkmark	$n \cdot V_{PU} \cdot 2^{-15}$	D	
0x0027	40	adc_ib_f_1m	Charging current, filtered ($\tau \approx 1\text{min}$)	A	\checkmark	$n \cdot I_{PU} \cdot 2^{-15}$	D	
0x0028	41	vb_min	Minimum battery voltage	V	\checkmark	$n \cdot V_{PU} \cdot 2^{-15}$		
0x0029	42	vb_max	Maximum battery voltage	V	\checkmark	$n \cdot V_{PU} \cdot 2^{-15}$		
0x002A	43	hourmeter_HI	hourmeter, HI word	h	-	-		
0x002B	44	hourmeter_LO	hourmeter, LO word	h	-	-		
0x002C	45	fault.all	Controller faults bitfield	-	-	-	D	
0x002D	46	reserved						
0x002E	47	alarm_HI	alarm bitfield – HI word	-	-	-	D	
0x002F	48	alarm_LO	alarm bitfield – LO word	-	-	-	D	
0x0030	49	dip.all	DIP switch positions bitfield	-	-	-		
0x0031	50	led.state	State of LED indications	-	-	-		

Figura 33. Funciones Soportadas por los registros del Modbus .

TOPOLOGÍA DE COMUNICACIONES

INTRODUCCIÓN

En el marco del análisis de las potenciales ubicaciones para el Interceptor de Residuos Flotantes, comprendiendo que es trascendente dotar a los sistemas la mayor versatilidad se presenta el estudio de las opciones de transmisión de información.

El enlace de comunicaciones vinculará al Interceptor con el Servidor Externo (en adelante, **SE**). El servidor externo será la entidad responsable del intercambio de datos entre el Interceptor y las pantallas de monitoreo remoto (*dashboard*)

OBJETIVOS

Describir y comparar las opciones tecnológicas para la implementación del enlace de comunicaciones entre el **IRF** y el **SE**.

CONDICIONES DE CONTORNO

Conforme las conversaciones con el equipo de trabajo, en términos de comunicaciones, el **IRF** tiene debe:

1. Poder ser instalado en cualquier cuenca de la República Argentina.
2. Contar con un sistema redundante de comunicaciones conformado por 2 (dos) variantes.

DESARROLLO

TOPOLOGÍA BASE

Bajo los datos expuestos al momento, el sistema a diseñar comprende inicialmente los siguientes elementos:

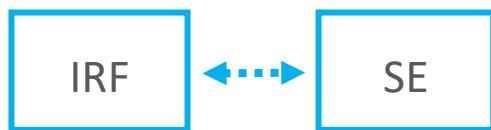


Figura 34. Conexión IRF- Servidor Externo

El **IRF** estará apostado en una cuenca de interés para la captura de residuos sin más vinculación a tierra el debido anclaje que previene su desplazamiento. Es decir, el modo en que la información se intercambie con el **IRF** será inalámbrica. Por su parte, el **SE** estará en una sala de servidores, esto implicará una conexión activa a Internet (Fig.34).



Figura 35. Conexión IRF- Servidor Externo mediante Internet

La figura 35 representa la **topología base** en función de la cual se desarrollará el estudio de opciones.

ANÁLISIS

La superficie de la República Argentina alberga una variedad de escenarios con diversos tipos de condicionamientos. Existen múltiples zonas privadas de cobertura celular, así como cuencas alejadas por varias decenas de kilómetros de zonas urbanas, entre otros condicionamientos.

En función de la topología base, el vínculo pendiente de definición es el enlace que conecte inalámbricamente el **IRF** a internet.

En términos generales, las formas de vincularse con Internet son las siguientes:

1. Enlace de Internet por medio no guiado (inalámbrico)
 - a. **Red celular:** permite enlazar clientes de la comunicación que se encuentran en posiciones móviles.
 - b. **Red satelital:** el enlace se realiza con una antena que debe estar en una posición fija.
2. Enlace de Internet por medio guiado (alámbrico): requiere llegar con cableado o fibra hasta el cliente de la comunicación.

Siendo que el **IRF** estará instalado en una cuenca, si bien estará anclado, su posición se modificará conforme el nivel de la cuenca varíe o en la medida que corrientes existentes puedan alterarlo. Asimismo, existe la posibilidad de una situación límite en la cual el **IRF** pierda el anclaje y cambiara significativamente de posición. Para abordar esta situación en términos de comunicaciones, el **IRF** contará con un enlace inalámbrico con un patrón de radiación omnidireccional dándole independencia tanto de las variaciones, como de la posición relativa que tomen respecto de una estación terrestre cercana.

TRÁFICO DE DATOS

La conexión de datos necesaria para la habitual operación del **IRF** requerirá la transmisión de sus mediciones, estados y alarmas. A los efectos del monitoreo y mantenimiento, habrá cámaras de video disponibles. Como accesorio a la situación de mantenimiento se incorporará la posibilidad de establecer una red **WIFI** en el entorno del **IRF** a fin de poder llevar adelante una videollamada con personal que asista en situaciones de puesta en operación y mantenimiento. Una videollamada con calidad HD especificación más exigente entre tres opciones de proveedores de servicio de videollamada²⁰²¹²².

Una cámara IP standard del mercado trabaja con una resolución de 2 MP (MegaPíxeles)²³. Asimismo, es posible ajustar en su configuración la tasa de datos

²⁰ Información de requisitos de ancho de banda para video llamada por Microsoft Teams <https://docs.microsoft.com/es-es/microsoftteams/prepare-network#bandwidth-requirements>

²¹ Información de requisitos de ancho de banda para video llamada por Zoom Meetings <https://support.zoom.us/hc/es/articles/201362023-Requisitos-del-sistema-para-Windows-macOS-y-Linux>

²² Información de requisitos de ancho de banda para video llamada por Google Meet <https://support.google.com/a/answer/1279090?hl=es#zippy=%2Cpaso-revisa-los-requisitos-de-ancho-de-banda>

²³<https://www.hikvision.com/mena-en/products/IP-Products/Network-Cameras/Value-Series/ds-2cd1023g0e-i/>

transmitidos, permitiendo un rango desde 32 Kbps a 8 Mbps. Los ajustes comprenden tanto la modificación de la resolución, como la tasa de actualización de cuadros por segundo (FPS). Teniendo la posibilidad de ver en calidad HD con un sistema de compresión H.264 a 1 FPS, se reservan 1 Mbps por cámara²⁴, obteniéndose un total de 4 para su tráfico de datos.

Respecto de los sensores y los estados, se ha diseñado la implementación con 14 sensores y 15 estados. Estimando 5 tipos de notificaciones (status OK, alarma de baja, alarma de alta, falla, inhibición) por cada sensor, es razonable pensar que en 10 Bytes por sensor y 2 Byte por estado serán capacidad suficiente para albergar la información asociada. En total serán 140 Bytes + 30 Bytes, sumando 170 Bytes. Debido a que la inteligencia que automatiza el **IRF** es local y que la criticidad del proceso es baja, la información se completará el análisis considerando el envío de información cada 1 minuto y la transmisión se complete en 1 segundo. De esta manera el tráfico asociado a sensores y estados es de 170 Bps, convirtiéndolo a Mbps se obtienen $\approx 0,00136$ Mbps = 1,36 Kbps. Suponiendo una contingencia del 100%, resultaría un tráfico de 2,72 Kbps \approx 3 Kbps.

La necesidad de ancho de banda variará conforme la necesidad de mantenimiento o asistencia remota. Suponiendo que un operador tenga vista continua del **IRF** desde una estación de monitoreo, lo importante será garantizar un enlace de 4 Mbps para tener actualización de la situación sumado a la información en el Dashboard. A fin de prever una videollamada a bordo se podrá desactivar la transmisión de las cámaras para cambiar el uso del ancho de banda, de esta manera podremos utilizar más eficientemente el enlace. Finalmente, contemplando un margen de contingencia del 50%, se estipulará nominalmente que el enlace de comunicaciones tendrá que alcanzar un tráfico de datos de **6 Mbps**.

²⁴ Fortinet Inc., “Understanding IP Surveillance Camera Bandwidth”, Agosto 2020, página 24

TECNOLOGÍAS

A continuación, describimos las herramientas tecnológicas para el establecimiento del enlace para cada una de las metodologías de conexión a internet.

Enlace de Internet por medio no guiado (inalámbrico) | Red celular

Teniendo menor sensibilidad a la posición específica, su condicionante estará dado en términos de la cobertura específica disponible. Dicha disponibilidad variará según la zona deseada para el emplazamiento debido a la disponibilidad de proveedores, así como de las tecnologías de red en concreto que hayan implementado en la zona (3G, 4G u otros).

En el aspecto del hardware, es necesaria una antena receptora y un módem que entregue un puerto Ethernet estándar para interactuar con la red local dentro del **IRF**.

En caso de que el **IRF** esté en una zona con cobertura celular, el esquema de implementación se aproximará al esquema de la figura 36:

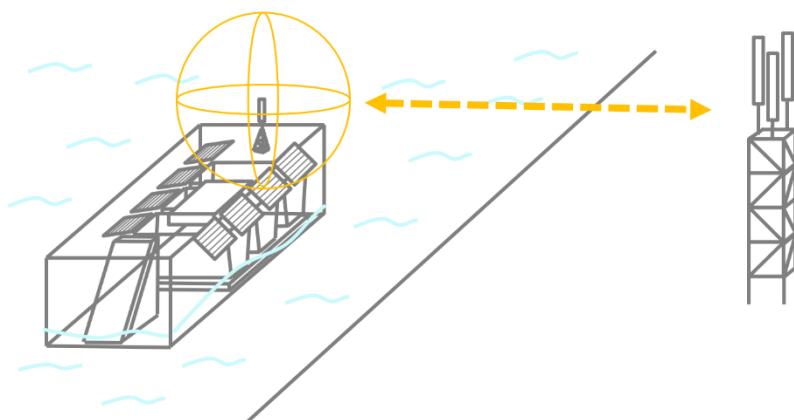


Figura 36. Esquematización del conexionado inalámbrico mediante antenas entre el catamarán y tierra.

Allí una antena en el **IRF** directamente establece comunicación con una antena de comunicaciones de un proveedor de telefonía celular.

Implementación

Será necesario un módem celular que logre enlazar un puerto Ethernet disponible dentro del IRF con Internet. Para ello la firma **Elsys** ofrece el modelo **AmpliMax** que permite mejorar las características de recepción se señal celular y obtener el puerto de Ethernet Buscado (Fig. 37).



Figura 37a. Módem celular Elsys AmpliMax



Figura 37b. Módem celular Elsys AmpliMax. Detalle conectores

Con este dispositivo es posible detectar cuál es el operador con mayor señal disponible en la zona de instalación, permitiendo contar con información adecuada para tomar la decisión de qué proveedor de internet seleccionar previo a la contratación del servicio.

Las especificaciones²⁵ del equipo de detallan a continuación:

- Rango de voltaje de alimentación: 12...24 VDC
- Consumo máximo 18W
- Corriente eléctrica: 750mA @ 24VDC
- Temperatura de operación: -10...60 °C
- Tamaño de chip SIM: Micro (12 x 15 mm)
- Puerto de conexión a internet: RJ45
- Largo del cable de conexión RJ45:
 - 100 metros (utilizando la fuente original de 24 VDC 0,75 A)
 - 15 metros (utilizando fuente alternativa de 12 VDC 1,5 A)
- Bandas de frecuencia:
 - 4G: 700, 850, 900, 1700, 1800, 1900, 2100 y 2600 MHz
 - 3G: 850, 900, 1900 y 2100 MHz
 - 2G: 850, 900, 1800 y 1900 MHz
- Tasa de transmisión de datos:
 - LTE R9: 70 Mbps máx.
 - HSPA R6: 21 Mbps máx.
 - UMTS R99: 384 kbps máx.
 - EDGE: 236,8 kbps máx.
 - GPRS: 85,6 kbps máx.
- Instalación mecánica:
 - Montaje en caño de 1 ½”
 - Montaje en pared
- Apto para instalación en intemperie

La antena se ofrece en Argentina por USD 350+IVA a través de la plataforma de Mercado Libre.

Dado lo expuesto en el apartado de Tráfico de Datos en el presente capítulo, los datos a transferir durante operación normal son 170 Bytes cada 1 minuto. De esta forma, el tráfico diario será de 240 MB por día, calculando para un mes de 31 días, son 7.440 MB por mes. Contemplando una contingencia de 50%, son 11.160 MB para completar la transmisión de datos, unos 10,9 GB. Es decir que con un plan estándar de 1 GB por mes

²⁵ Elsys, “Manual de Usuario AmpliMax”, Documento nro. “(181210-A) 901.000.112.318 – R1”,

es posible completar la implementación del enlace de datos. El proveedor **Claro** cuenta con un plan²⁶ de 15 GB por mes por USD 37 + IVA.

Para un enlace de cámaras, contemplando 4 cámaras a 1 Mbps por cámara y 4 inspecciones de mantenimiento de 15 minutos por mes de cada cámara, tendremos un consumo de 4 Mbps durante 60 minutos por mes. Esto resultará en 1800 MB, 1,8 GB aproximadamente. Este consumo quedará comprendido dentro del plan descripto en el párrafo anterior.

Enlace de Internet por medio no guiado (inalámbrico) | Red satelital

Permite abordar locaciones remotas enlazándolas con un satélite que redirige la señal a un telepuerto en tierra. Existen dos tecnologías de antenas, una diseñada para enlazar embarcaciones y otra para enlaces en tierra firme. Seguido a la antena es necesario el uso de un modem satelital que proveerá el puerto *Ethernet* desde donde se establecerá la LAN. La figura 38 esquematiza la implementación de la conexión satelital.

En caso de que consideraciones de diseño conduzcan a una instalación del enlace en tierra, será necesario conducir la señal de tierra al interceptor con una conexión inalámbrica adicional. A los efectos de completar el análisis con la alternativa del enlace satelital vinculado a tierra, aplicará el siguiente esquema:

²⁶ Claro, Plan Control 15 gigas, <https://www.claro.com.ar/personas/planes-prepago-pospago>, Accedido Diciembre 2021

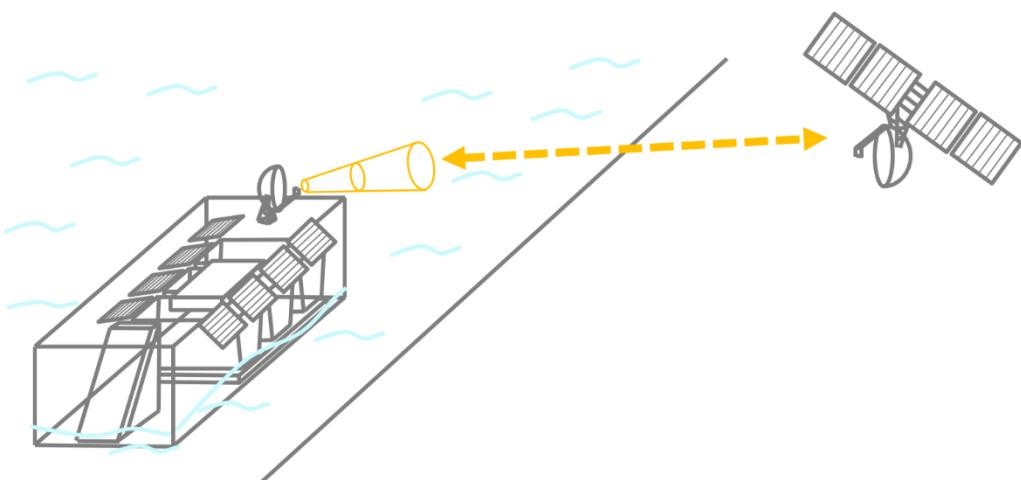


Figura 38. Esquema del enlace satelital directo.

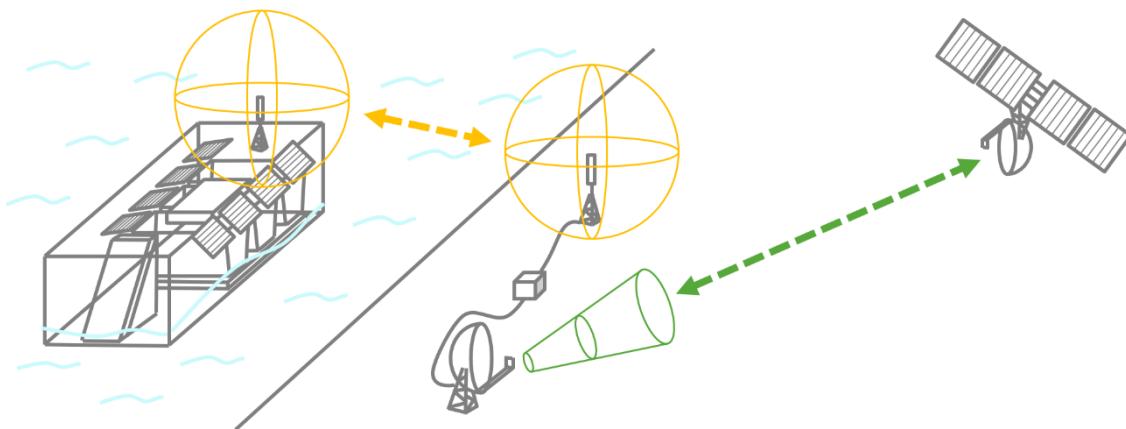


Figura 39. Esquema del enlace satelital desde posición en tierra.

Implementación

La firma **KNS** trabaja diferentes modelos de antenas satelitales auto-orientables. En particular, el modelo **Z7MK2** ha sido utilizado por el proveedor argentino de servicios de comunicación satelital **Andesat**.



Figura 40. Antena satelital auto orientable **KNS Z7MK2**.

Este equipamiento está compuesto por la antena auto orientable y por la unidad de control de la antena. Sus especificaciones²⁷ son:

Antena Auto Orientable:

- Diámetro de la parábola: 75cm
- Dimensiones: 102cm(D) x 104cm(H)
- Peso: 69 kg
- Frecuencia
 - TX : 13.75 ~ 14.5 GHz
 - RX : 10.7 ~ 12.75 GHz
- Ganancia de la antena
 - TX : 39.1 dBi @ 14.25 GHz
 - RX : 37.5 dBi @ 11.75 GHz
- Control de Skew (ángulo orientación antena-satélite)): Automático
- Ángulo de elevación: -10° a 110°
- Rango Azimuth: Ilimitado
- Movimiento de la embarcación admitido:
 - Rolido: ±24.7° con período de 8 segundos
 - Cabeceo: ±15° con período de 6 segundos
 - Virada: ±8° con período de 15 segundos
- Velocidad de seguimiento: >90°/segundo
- Alimentación eléctrica:

²⁷ Z7MK2, KU-BAND Maritime Antenna, Elsys, “Manual de Usuario AmpliMax”, Documento nro. “(181210-A) 901.000.112.318 – R1”

- TX: 48V DC, 3.2A
- RX: 48V DC, 4.18A
- Temperatura de operación: -20°C to +55°C
- Humedad de operación: hasta 100% @ 40°C

Unidad de control de la antena:

- Dimensiones: Rack 19", 1 unidad
- 3 tipos de entradas de giróscopo: NMEA0183, Synchro, Step by step
- Alimentación de entrada: 100~200V AC/ 200~240V AC 50/60Hz, 8A / 4A
- Alimentación de salida:
 - TX: 48V DC, 3.2A
 - RX: 48V DC, 4.18A
- Accesos remotos: Tmonitor, SCS Software, Telnet Terminal
- Entradas/Salidas externas: RS232C, Mini USB, Ethernet, Consola

Enlace de Internet por medio guiado (alámbrico)

Su implementación será viable en aquellas zonas de instalación próximas a regiones áreas urbanizadas. Dependiendo de la tecnología disponible en cada región será posible utilizar enlaces de fibra óptica o cableado de cobre, en ambos casos será necesario el uso de un modem para la conversión de la señal. Al modo presentado en el enlace por Red Satelital, habrá que establecer un enlace inalámbrico para completar la vinculación del **IRF** (Fig.41).

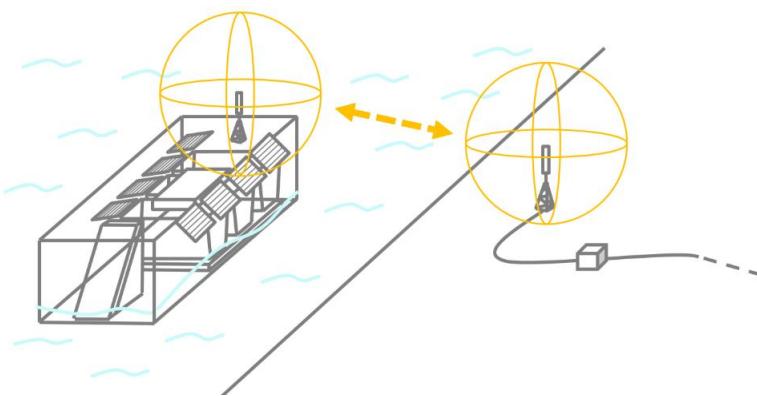


Figura 41. Enlace de internet por medio guiado

Implementación

Las alternativas para realizar esta implementación residen en los proveedores que haya disponibles próximos al área de emplazamiento del **IRF**. En lo concreto es una implementación estándar de una conexión a internet doméstica. Es decir, requiere la contratación de un proveedor de servicios de internet con un plan compatible con las necesidades del sistema.

En la página web del ENACOM (Ente Nacional de Comunicaciones) es posible encontrar el listado²⁸ de proveedores de internet. Asimismo, en el portal de la Corporación para la Asignación de Nombres y Números de Internet (ICANN)²⁹ está disponible un listado de proveedores de internet organizados por región geográfica.

Extensión de alcance

Como está planteado en los objetivos, el diseño de la topología de comunicaciones busca cubrir un amplio espectro de locaciones para el **IRF**. Dado los desafíos pueden presentar las locaciones, es posible que se vea comprometida la posibilidad de establecer dos de las tecnologías para el enlace redundante.

A fin de contar con una extensión de alcance de los servicios, se incluye como opción la utilización de puentes *Ethernet* inalámbricos que permitan establecer enlaces tierra-

²⁸ Información de prestadores, ENACOM, https://www.enacom.gob.ar/informacion-de-prestadores_p1307

²⁹ <https://icannlac.org/PO/isps-ar>

tierra. A fin de orientar en términos de distancia, los enlaces comerciales disponibles ofrecen soluciones para distancias de 30 km.

Contemplando esta variante, un **enlace de Red Celular**, por ejemplo, se implementaría del siguiente modo:

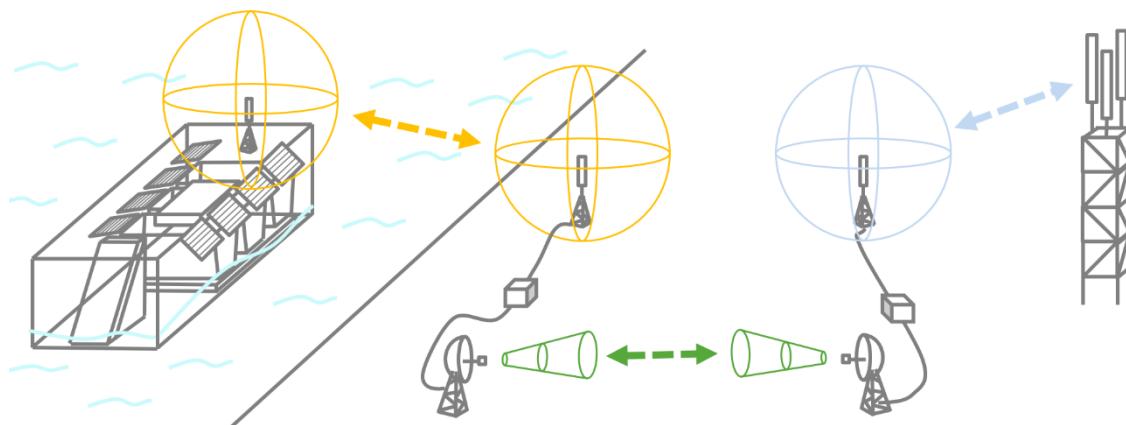


Figura 42. Enlace de red celular con extensión de alcance

Implementación

Las extensiones de alcance funcionarán como un enlace Ethernet punto a punto. De esta manera será posible minimizar la necesidad de realizar tendido de cableado, así como acceder al interceptor sin necesidad de vincularlo con un cable.

Las alternativas estudiadas y de probada capacidad en campo son los enlaces que la firma **Ubiquiti** provee. Hay diferentes líneas de modelos disponibles para enlaces inalámbricos, dependiendo la distancia y tasa de transferencia de datos. En particular se destacan las siguientes líneas:

- NanoBeam M



Figura 43b. NanoBeam M

- NanoBridge M



Figura 43b. NanoBridge M

- NanoStation M



Figura 43c. NanoStation M

- AirGrid M



Figura 43d. AirGrid M

Estas opciones cuentan con múltiples características en común, así como algunas diferencias en torno a ganancia y frecuencias de operación. Algunas de ellas se detallan a continuación³⁰:

- Interfaces de red: 10/100 Mbps
- Puerto de conexión: RJ45
- Operación en intemperie: Apto
- Alimentación: PoE (Power over Ethernet) 24 VDC 0,5...2 A
- Amplio rango de temperatura de operación: -20...75 °C
- Ganancia de la antena
 - NanoBeam M: 13...19 dbi
 - NanoBridge M: 10,6...22,5 dbi
 - NanoStation M: 8...16,1 dbi
 - AirGrid M: 16...27 dbi
- Frecuencia de operación
 - NanoBeam M: Bandas entre los 2405 MHz y los 5875 MHz
 - NanoBridge M: Bandas entre los 900 MHz y los 3675 MHz
 - NanoStation M: Bandas entre los 912 MHz y los 5875 MHz
 - AirGrid M: Bandas entre los 2412 MHz y los 5850 MHz

³⁰ Información obtenida de las hojas de datos de cada producto en la página web del fabricante. Ver detalle de páginas web de cada producto en la nota al pie siguiente.

- Distancia máxima del enlace³¹
 - NanoBeam M: 10...15 km
 - NanoBridge M: 20...30 km
 - NanoStation M: 5...15 km
 - AirGrid M: 10...30 km

Asimismo, existen diferentes patrones de radiación disponibles que serán parte de los elementos de decisión dependiendo las características del enlace.

³¹ A excepción del resto de las especificaciones, esta información no se encuentra en la hoja de datos, si no que está disponible en la página web de promoción del producto.

NanoBeam: <https://www.ui.com/airmax/nanobeamm/>
Nano Bridge: <https://www.ui.com/airmax/nanobridgem/>
NanoStation: <https://www.ui.com/airmax/nanostationm/>
AirGrid: <https://www.ui.com/airmax/airgridm/>

TOPOLOGÍA DE COMPUTADORAS: Intra-Interceptor

INTRODUCCIÓN

Dentro del marco del desarrollo del Interceptor de Residuos Flotantes (**IRF**), considerando la importancia del relevamiento y transmisión de las variables de estado a monitorear, se presenta a continuación un estudio integral del problema y soluciones.

Las variables para monitorear serán relevadas por sensores y almacenadas en una serie de Computadoras Secundarias (en adelante **CS**). Dichos datos serán transmitidos hacia una Computadora Principal (en adelante **CP**) encargada del almacenamiento, procesamiento y redistribución de estos hacia afuera de la embarcación y para ser mostrados propiamente al usuario.

OBJETIVOS

Análisis de las posibles soluciones tecnológicas para la selección e interconexión de las **CP** y **CS** del **IRF**.

ESPECIFICACIONES

Conforme la información intercambiada con el equipo de trabajo interdisciplinario, en términos de comunicaciones, el **IRF** debe:

- Poder ser instalado en cualquier cuenca de la República Argentina.
 - funcionar de manera óptima bajo las variaciones de temperatura y humedad a encontrar bajo cualquiera de las cuencas previamente seleccionadas.
 - Ofrecer robustez frente a condiciones límite tales como agua, lluvia, sol, niebla marina entre otros, ya sea mediante componentes aptos de fábrica o bien mediante la implementación de sistemas de protección para los mismos (tales como gabinetes especiales)

La red de interconexión y sistema de **CP-CS** del **IRF** deberán a su vez:

- Alimentarse o poder ser adaptados a alimentaciones de 12-24V
- Funcionar con un consumo lo más bajo posible (debido a tratarse de un sistema a batería)
- Poder comunicar de manera continua, robusta y eficiente los datos monitoreados entre las **CS** y la **CP**.
- La red, que estará conectada con el exterior mediante internet, debe estar protegida contra intrusiones ya sea tanto utilizando cortafuegos como autenticación y encriptación.

SUPUESTOS

Se parte del supuesto que existe una conexión de internet del ancho de banda necesario con el exterior ya establecida entre el **IRF** y los servidores externos.

Se parte del supuesto que las **CS** ya poseen o se han adquirido los datos a monitorear cuya adquisición será abordada en otro apartado.

DESARROLLO

El análisis preliminar de la solución puede observarse en el siguiente diagrama de bloques.

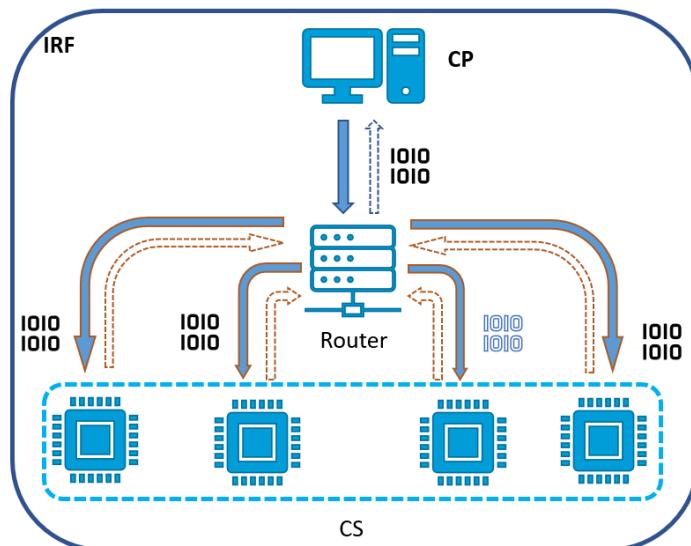


Figura 44. Diagrama en bloques preliminar de la topología interna del IRF.

Se propone de manera preliminar que la topología base consistirá en una Computadora Principal, la cual servirá de punto destino y punto de procesamiento local para los datos relevados por las Computadoras Secundarias del **IRF**.

A su vez el **IRF** se encontrará conectado con el exterior con una conexión a internet



Figura 45. Esquema básico del conexionado entre el IRF y el Servidor Externo

La figura 44 representa la **topología base** en función de la cual se desarrollará el estudio de opciones.

ANÁLISIS

Partiendo de la topología base previamente propuesta y partiendo de las condiciones de contorno, se deberán definir varias cosas entre ellas las tecnologías de las computadoras de trabajo, así como el tipo de red a utilizar.

Dado que el **IRF** se encuentra en un contexto tecnológico en el que la utilización de **IoT** está ampliamente generalizada y dado que a su vez el **IRF** se encuentra conectado hacia el exterior mediante una conexión a Internet, se buscará la creación de una red de área local (**LAN**).

A continuación, se utilizará un análisis a partir de los modelos OSI y TCP-IP conjuntos. En primera instancia deberá analizarse qué se utilizará en la *capa física*.

Capa Física: Entre las distintas opciones se encuentran las cableadas y las no cableadas. Por motivos de seguridad y robustez (si bien el **IRF** se encontrará comunicado con el exterior de manera inalámbrica) se decide que las conexiones dentro de cada **IRF** sean cableadas.

Dentro de las distintas opciones cableadas dentro de la capa física se encuentran protocolos como el *Ethernet*, Serie (*USB, SPI, I2C*), *DSL* y Fibra óptica, entre otros.

Hay varios factores a tener en cuenta al momento de la elección de que utilizar, a saber: deberá tenerse en cuenta las distancias que deberán recorrer los cables, el costo de instalación y adquisición de los mismos, la robustez y las referencias en la industria sobre los estándares más utilizados.

Debido a que las distancias que pueden existir entre los distintos puntos del interceptor podrán ser considerables (> 15 m), se acota las posibles opciones a *Ethernet* o Fibra óptica.

La Fibra óptica posee varias ventajas respecto al *Ethernet*, tales como velocidad, robustez para largas distancias y dado que utiliza luz para transmitirse, no es propensa a la interferencia electromagnética (problema que puede ser remediado en *Ethernet* con la utilización de par trenzado y *shielding*). No obstante, su instalación es más dificultosa y su costo más alto (a su vez el cable *Ethernet* puede ser manufacturado de manera fácil y económica por parte de los instaladores) por lo que no posee ventaja significativa frente a *Ethernet* para este proyecto.

De las características que posee *Ethernet*, además de su capacidad de realizar redes de área local al igual que redes de mediano alcance, es relativamente bajo costo, robustez frente al ruido (debido a sus pares trenzados que forman líneas balanceadas), y es el estándar mayormente utilizado en la industria para la realización de redes de todo tipo, *Ethernet* es configurable a *Full Dúplex* lo que permite enviar y recibir datos de manera simultánea.

Para la **capa de enlace** y a modo de conexión de las **CS** y la **CP**, sería posible la utilización de un *switch* dado que con él sería posible conectar todas las computadoras dentro de una misma red (los *switches* utilizan direcciones de **MAC** para conectarse entre sí). Otra opción sería también la utilización de un *router* (nivel de red) que permitiría simultáneamente el enrutamiento y conexión entre todas las computadoras y permitiría a su vez la creación de una red, asignándole a cada computadora un IP. No obstante, a modo general, los *Router* suelen venir con una cantidad limitada de puertos frente a un *switch*. En general los *switch* multipuerto suelen venir de hasta 24/48 puertos mientras que los Router suelen venir de hasta 8 puertos. Dado que se prevé que el proyecto tendrá, en el peor de los casos, hasta 20 **CS**, se ve pertinente la utilización de un *switch*.

No obstante, dada la naturaleza del proyecto, la utilización de un *Router* (nivel de red) es necesaria. Esto se debe a que, si bien ambos dispositivos sirven para establecer redes locales, el *Router* provee más capacidades tales como *Quality of Service*, NAT (*Network address translation*).

Es por esto por lo que se decide una utilización conjunta de un *switch* conjunto a un *router*, con los cuales interconectar **CS** a la **CP** y a su vez armar la red local deseada.

Para poder proceder a la selección de las computadoras, se debe analizar qué tipo de red se utilizará para interconectar las mismas. Esto concierne ya a las capas superiores del modelo OSI/TCP-IP, en la *capa de aplicación*.

Dentro de los parámetros para la elección del protocolo más apto de red se espera que cumpla con: ser ligero, ser robusto, permitir reconexión, funcionar a través de un *Firewall* (cortafuegos) para garantizar la seguridad de la red, y evitar accesos no autorizados al mismo.

La red deberá propiciar, a su vez, un fácil recambio de sus nodos reconociendo así la remoción o adición de módulos al sistema e incorporándolos de manera automática.

Protocolo de Red

HTTP es uno de los protocolos más antiguos de capa de aplicación y más ampliamente utilizados de manera histórica. **HTTP** está centrado en transacciones de documentos, principalmente documentos **HTML** y **JSON**.

La arquitectura está basada en el modelo *request/response* y sus actores son Cliente – Servidor. Al momento en que el cliente hace el *request*, se establece una conexión entre ambos puntos y se cierra una vez recibido un *response* por parte del servidor. Si se desea iniciar un nuevo *request*, se debe generar una nueva conexión.

En el caso de utilizarse autenticación, el servidor puede almacenar o no la sesión, si necesita almacenarla se usan registros para mantener las sesiones.

Cada tipo de *request* que puede enviarse se identifica mediante una **URL** y un método asociado: *Get, Put, Post, Delete, Patch*. Cada uno representa una operación distinta en su interacción con el servidor. Al conjunto de ambos se lo llama comúnmente **Endpoint**.

MQTT es muy utilizado en la industria **IoT** y está ampliamente desarrollado, existiendo bibliotecas de software, y modelos de hardware que permiten implementar dicho protocolo sin mayores inconvenientes. **MQTT** es un protocolo escalable, que provee **QoS**, y tiene como característica ser muy liviano: menor consumo de energía, bajo consumo de ancho de banda, y menos *overhead* de datos.

La arquitectura está basada en el modelo *push/subscribe*, en el que un cliente publica un mensaje a un tópico en particular, al cual los interesados en recibirlo están suscriptos. Sus actores son los clientes y un *broker* central. El *broker* actúa como servidor, recibiendo los mensajes y re-transmitiéndolos a los clientes interesados según tópicos.

A diferencia de **HTTP** la conexión no se pierde con la finalización del envío de cada paquete de datos, y las sesiones son persistentes. En contrapartida con los endpoints de **HTTP**, **MQTT** se maneja con tópicos para distinguir distintas clases de paquetes de datos. **MQTT**, a su vez, utiliza encriptación **TLS** con conexiones protegidas por usuario y

contraseña, existen también certificaciones opcionales que requieren a los clientes proveer un certificado que concuerde con el servidor. Todos los clientes, a su vez, no saben cuál es la dirección IP de los destinatarios. De este modo **MQTT** elimina vulnerabilidades y conexiones inseguras con el cliente. Un esquema básico de **MQTT** se muestra en la siguiente imagen:

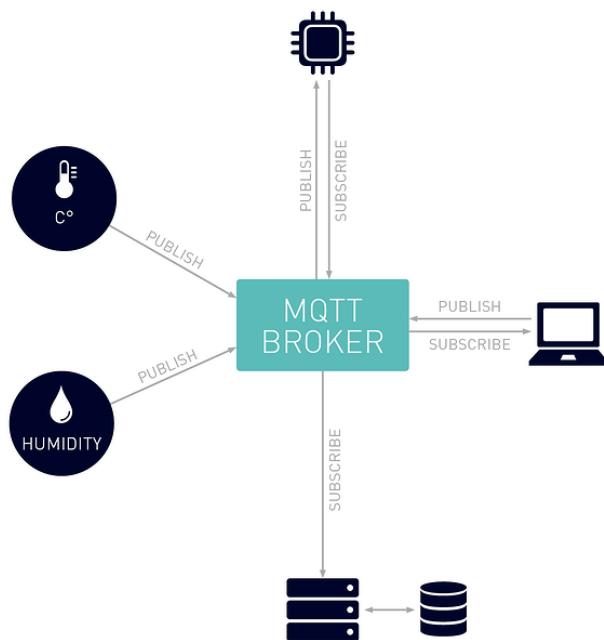


Figura 46. Esquema ejemplo de un Broker MQTT funcionando con un sensor de temperatura

Se observa como un cliente publica una temperatura sobre el tópico “temp”, esta se envía al *broker*, el cual se encarga de reenviar el mensaje a los suscriptores de dicho tópico.

La figura 47 muestra un esquema a nivel de red de la implementación de **MQTT**.

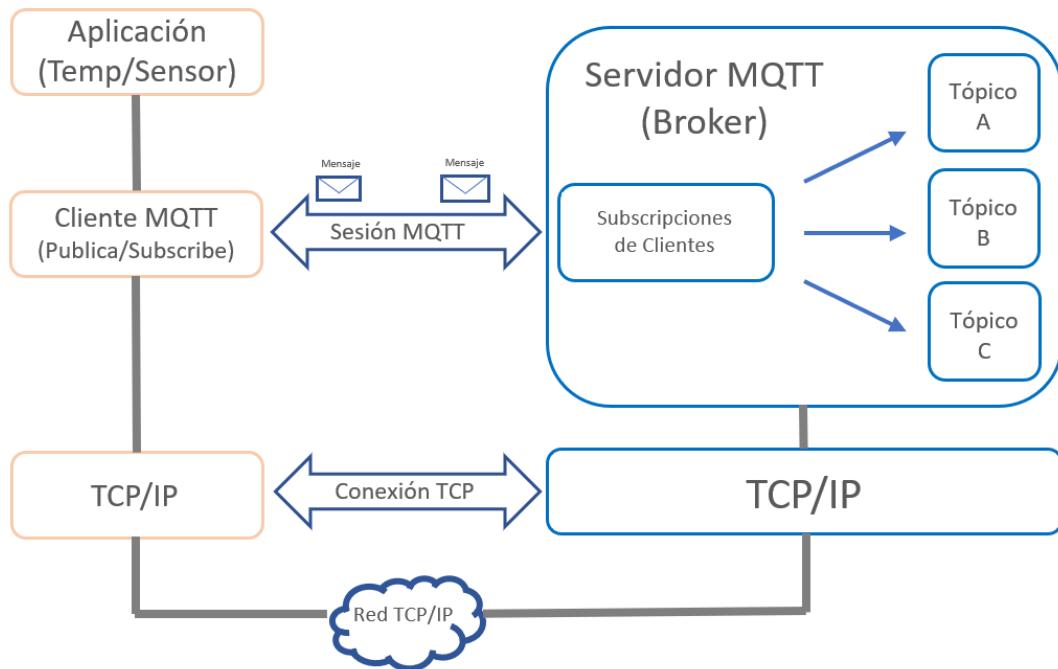


Figura 47. Esquema en bloques del funcionamiento del MQTT según la capa de red.

Los *brokers* pueden ser tanto locales, como globales, y existen *open-source*, pagos, así como también es posible implementarlos propiamente.

MQTT cuenta con mensajes de nacimiento, defunción y último testamento, cualidad que le permite al bróker avisar al resto de los clientes cuando un cliente ha dejado o se ha unido a la red, y actuar en consecuencia.

En conclusión, se opta por **MQTT**, porque ha sido adoptado exitosamente en la industria **IoT**, es liviano, escalable y se ajusta mejor a las necesidades del proyecto que su contraparte **HTTP**.

Hardware

Definidas las capas de red anteriores, es posible decir que será necesario utilizar hardware (tanto **CP** como **CSs**) que posea de manera nativa o adaptable la capacidad de conectarse por *ethernet*. Las **CS** deberán, a su vez, poseer la capacidad de correr **MQTT** para transmitir (publicar) los datos obtenidos por los sensores. Por otra parte, la **CP**

deberá ser capaz de correr el *broker* de la red **MQTT** y deberá poseer capacidad de levantar el *dashboard* local, para mostrárselo al usuario, para lo cual debe ser capaz de procesar los datos recibidos por los sensores. Debido a esto, es posible definir que será ideal que la **CP** pueda correr un sistema operativo tal como alguna distribución de *Linux*. Por otro lado, debido a que no se requerirá procesamiento extensivo de las **CS**, será suficiente con computadoras de **IoT** que cumplan con la normativa previamente establecida.

Algunas de las opciones comerciales que proveen estas características para la **CP** son:

- **Intel NUC:** la Intel NUC es en esencia una computadora con las mismas cualidades que un ordenador hogareño, posee una arquitectura x86 y suele utilizar procesadores tales como i3/i5/Celeron. Es capaz de correr tanto *Windows* como *Linux* en sus versiones convencionales. Es configurable a almacenamiento de estado sólido y posee una memoria RAM actualizable, posee a su vez, los puertos con la conectividad necesaria. Es posible, a su vez, acondicionarla para que utilice refrigeración pasiva sin la utilización de partes móviles como ventiladores. No obstante, uno de los aspectos poco atractivos de la NUC es que tal como computadora de escritorio, consume alrededor de los 40W, dicho consumo es un poco elevado para las necesidades de este proyecto.
- **BeagleBone:** La BeagleBone es una computadora industrial que a diferencia de la NUC posee un procesador con arquitectura ARM. Esta computadora posee un acceso al hardware ofreciendo un *pinout* configurable mediante el cual es posible acceder a entradas y salidas para realizar adquisición de datos y/o actuaciones. A su vez esta computadora permite la instalación de distribuciones embebidas de *Linux*, y posee también conexiones tanto *Ethernet* como *USB*, lo que cumple con los requerimientos necesarios para poder ser parte del proyecto. A diferencia de la NUC, no posee memoria actualizable, viene con 512mb de RAM, y su poder de cómputo es inferior. No obstante, la BeagleBone es una computadora sólida que con su procesador ARM de 32 bits permite lograr el objetivo deseado tranquilamente. En cuanto a almacenamiento la BeagleBone

viene con un almacenamiento EMMC de 2GB y un slot *SD* para añadir más almacenamiento de estado sólido. Dado que la *BeagleBone* fue ideada para trabajar en batería, su consumo es bajo lo que la hace ideal para el proyecto en curso.

- **Raspberry Pi:** La Raspberry Pi es una computadora de *hobbista* muy popular y utilizada en el ámbito *IoT*. Fue diseñada para ser de bajo costo y alto desempeño. Del mismo modo que su contraparte, la *BeagleBone*, la Raspberry Pi es capaz de correr distribuciones de *Linux* y viene en distintas configuraciones de memoria RAM desde 512MB hasta 8GB. A diferencia de la *BeagleBone*, el procesador que posee es de 64 bit y es más parecido al grado consumidor que provee la Intel NUC. A su vez, al igual que la *BeagleBone*, la Raspberry Pi provee un *pinout* (aunque con menores capacidades) para proveer al usuario con la capacidad de ingresar datos o controlar salidas digitales. Su almacenamiento es externo y con una tarjeta *SD*, en la cual se instala el sistema operativo y se manejan los datos. Su consumo en los casos de extrema carga no supera los 10 Watt, y si bien consume más que la *BeagleBone*, su costo es menor y sus prestaciones son ideales para lo que se desea hacer: Levantar un servidor, actuar de Bróker, y procesar los datos recibidos por la red **MQTT**.

Es por esto por lo que se decidió utilizar como computadora primaria (**CP**) la Raspberry Pi.

Para las computadoras secundarias, por otro lado, los requisitos son menores, y tal como se indicó anteriormente, con que sea capaz de correr el protocolo **MQTT**, posea conexión *Ethernet*, sea de bajo consumo y bajo precio es suficiente.

Entre las opciones anteriores se suma también la computadora *Arduino*. Los Arduinos son probablemente la computadora *IoT* más utilizada de la industria y existen en todos los tipos de configuraciones y consumos. Al igual que la *BeagleBone* y la *Raspberry Pi*, poseen un *pinout* con el cual permiten acceso de ingreso y egreso de datos. Vienen con *Ethernet* (o adaptables con “shields”), con conexiones inalámbricas y con diversas capacidades de procesamiento y de almacenamiento. Dado que **MQTT** es uno de los

estándares más utilizados de la industria, y dado que Arduino es uno de los hardware más utilizados de la industria, las bibliotecas de software existentes y la compatibilidad entre ambas cosas son bastante amplias. Existen también soluciones más simples, a saber: la utilización de procesadores simples a los cuales habría que armarle circuitería adyacente y adaptativa, y a su vez soluciones más complejas como placas de 32 bit tales como (la anteriormente mencionada) *BeagleBone* y otras placas análogas (Arduino también posee placas con procesadores de 32 bit, pero los más utilizados suelen ser de 8 bit). No obstante, se decide que como computadoras secundarias (**CS**) se utilizará el modelo de *Arduino* más económico que posea *Ethernet*, o que sea fácilmente actualizable a funcionar con un módulo *Ethernet*. Por otro lado, en cuanto a consumos y precios, los consumos de los *Arduinos* son negligibles frente a la **CP**.

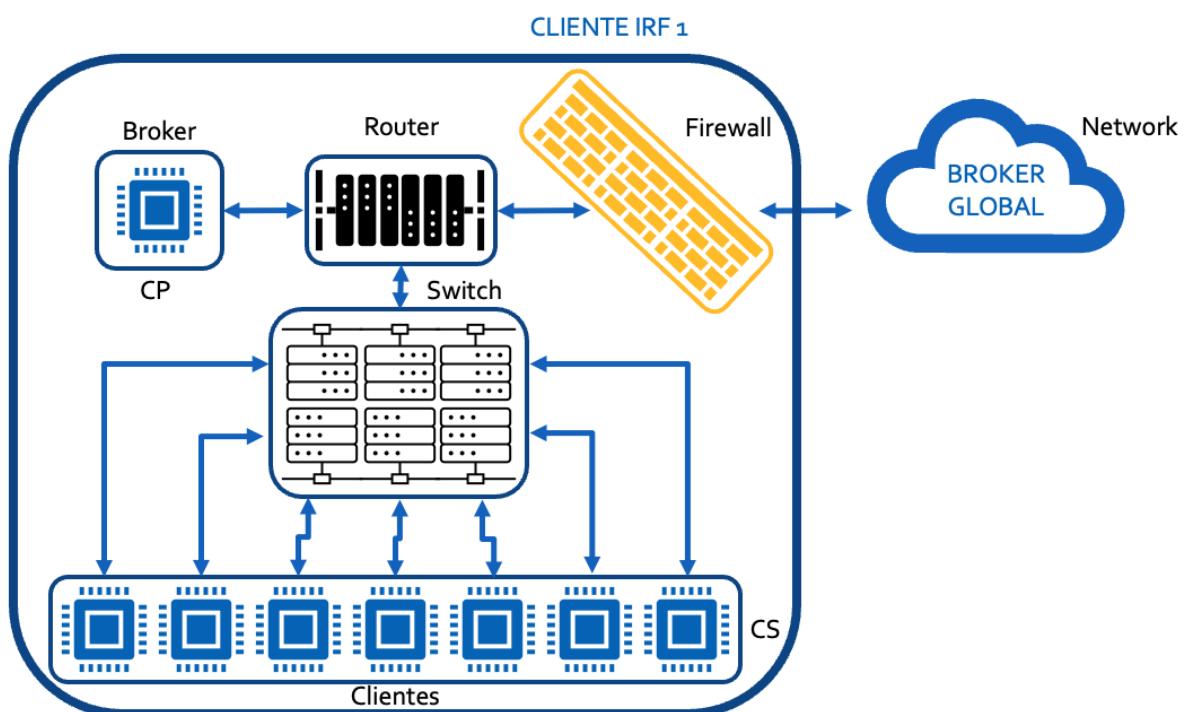


Figura 48. Diagrama Global propuesto para el IRF

CONCLUSIÓN

Dada la naturaleza interdisciplinaria del proyecto, algunos de nuestros planes/análisis inicialmente propuestos terminaron siendo reemplazados. Puntualmente, luego de trabajar de manera constante con el equipo de control, se decidió que las computadoras secundarias serían reemplazadas por un **PLC** (Controlador Lógico Programable), el cual se encargará de procesar todas las mediciones y transmitirlas a la computadora central del **IRF**.

TOPOLOGÍA DE COMPUTADORAS: Extra-Interceptor

INTRODUCCIÓN

Dentro del marco del desarrollo del Interceptor de Residuos Flotantes (**IRF**), es necesario establecer una topología de red para conectar múltiples instancias de este a un sistema centralizado, para el monitoreo desde un nivel superior.

Cada **IRF** será considerado a su vez, desde un nivel superior, como un único dispositivo IoT que reportará su estado a una unidad central, o servidor **IoT (SIoT)**. Este almacenará y procesará los datos, para poder brindar a los usuarios administradores la información a través de interfaces de usuario.

OBJETIVOS

Análisis de las posibles soluciones tecnológicas para la interconexión de las distintas instancias de **IRF** con la unidad central **SIoT**.

ESPECIFICACIONES

Conforme las conversaciones con el equipo de trabajo, en términos de comunicaciones, el **IRF** debe:

- Poder conectar múltiples interceptores a la red.
- Debe poder escalar en cantidad de interceptores fácilmente.
- Se debe poder agregar nuevos dispositivos sin realizar alguna configuración a nivel de red.
- Debe reportar su estado de manera continua, y recibir comandos.
- Ofrecer seguridad de datos (encriptado).

SUPUESTOS

Se parte del supuesto que existe una conexión de internet del ancho de banda necesario entre los **IRF** y el **SIoT**.

DESARROLLO

Por las ventajas que ofrece el protocolo **MQTT** ya explicadas, se decidió extender la red a un nivel jerárquico superior en el que cada interceptor, considerado como una única unidad agregada, es un cliente de un bróker global (o superior) de interceptores.

Por otro lado, uno de los clientes de ese bróker global será un servidor, entendido como la unidad de procesamiento y almacenamiento dentro del **SIoT**. Este servidor será el encargado de almacenar los datos, procesarlos y retransmitirlos en un formato más apropiado para los tableros de monitoreo.

Estos tableros de monitoreo, en adelante **Dashboards**, son interfaces web que reciben los datos procesados y formateados desde el servidor. Estos *dashboards*, a su vez, forman parte de una red **MQTT** implementada sobre *websockets*. La razón de esto es que los navegadores web más utilizados sólo permiten conectarse a *brokers MQTT* a través de *websockets*. Por otro lado, es deseable seguir manteniendo el protocolo **MQTT** dado a que se quiere un único protocolo consistente.

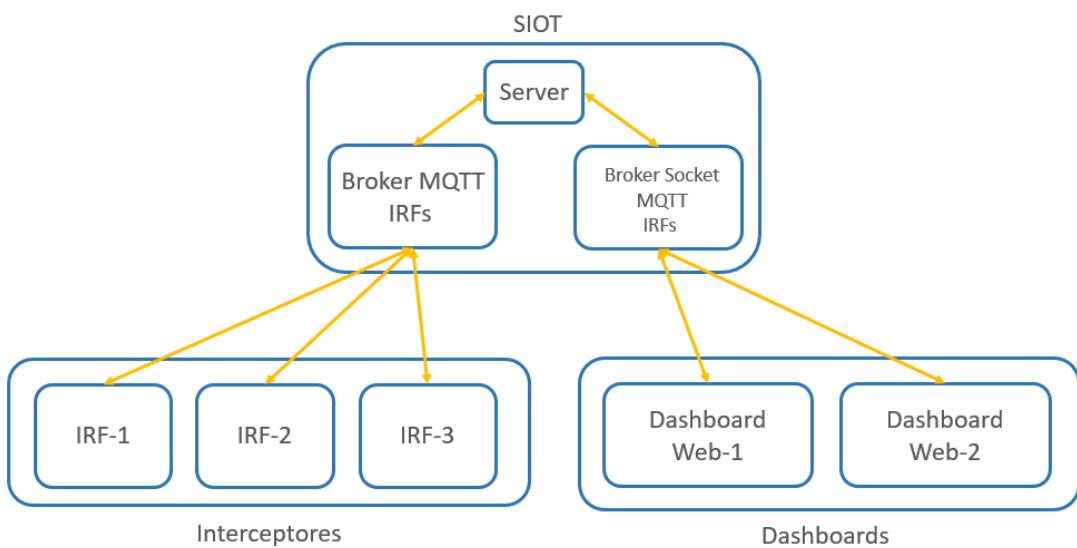


Figura 49. Diagrama en bloques del sistema comprendido entre el SIOT, los interceptores y los dashboards

Finalmente, el servidor será cliente, tanto de un bróker **MQTT** para comunicarse con los interceptores, como de un bróker **MQTT** websockets para retransmitir datos a los dashboards.

SISTEMA SERVIDOR-DASHBOARDS

INTRODUCCIÓN

Dentro del marco del desarrollo del Interceptor de Residuos Flotantes (**IRF**), es necesario especificar en más detalle la interacción entre el servidor de procesamiento y los tableros de monitoreo o *dashboards*.

OBJETIVOS

- Detallar los mecanismos de conexión entre *dashboards* y el servidor.
- Analizar y definir tecnologías y arquitecturas.
- Analizar y definir mecanismos de persistencia de datos.
- Analizar y definir cuestiones de infraestructura cloud.

REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

- Poder supervisar el estado de los interceptores, así como recibir notificaciones de estos.
- Consultar medidas de performance y efectividad de la operación de estos
- Enviar comandos y configuraciones a los mismos.
- Guardar un histórico de las mediciones realizadas en los mismos para auditoría.
- Poder autenticar a los usuarios, así como asignar roles y permisos a los mismos.
- Realizar tareas administrativas como la generación de usuarios, alta de interceptores en el sistema, registro de mantenimientos hechos por los operarios, consulta de reportes y diagnósticos, cámaras, etc.

TOPOLOGÍA

Como se explicó anteriormente, el servidor se comunica con los *dashboards* mediante el **MQTT** sobre *websockets*, por lo que se requiere un *broker* para tal fin.

Más en detalle: el servidor se comunicará con los *dashboards* mediante **MQTT** sólo para comunicaciones de tipo *PUSH*, es decir, el envío de datos en tiempo real, sin petición previa. Por ejemplo, para el envío del estado actual del interceptor en forma continua o envío de notificaciones.

Sin embargo, para otro tipo de comunicaciones entre el servidor y los *dashboards* que no tengan una naturaleza del tipo *PUSH*, sino más bien sean de tipo *PULL* (es decir: traer datos del servidor haciendo peticiones), se utilizará el esquema *request/response* de **HTTP**. Por ejemplo, pedir permisos de usuario, listados de mantenimientos realizados, historial de mediciones, etc.

De este modo, el sistema queda como un híbrido **HTTP** y **MQTT**.

Por otro lado, el servidor se comunicará con la base de datos, que será la encargada de guardar toda la información persistente del sistema como por ejemplo el registro de mediciones, los listados de usuarios, los interceptores en la red, etc.

El esquema se observa en la figura 50:

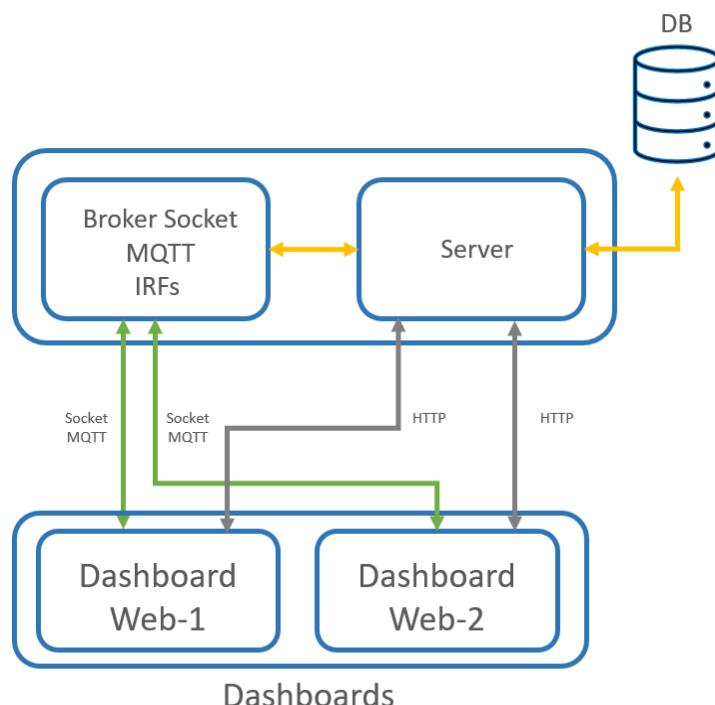


Figura 50. Diagrama en bloques de la topología comprendida entre los dashboards y el servidor externo

BACKEND

El *backend* o servidor es una aplicación en la nube que realizará las siguientes funciones:

- Recibir las mediciones de los interceptores vía **MQTT**.
- Guardar las mediciones en el histórico de la base de datos.
- Guardar el estado actual de los interceptores en memoria.
- Emitir publicaciones **MQTT** para los *dashboards* con la información procesada.
Esta información incluye tanto el estado actual del **IRF** y cada una de sus partes, como notificaciones para los usuarios que entran al *dashboard*.
- Servir a los dashboards la información que no viaja en tiempo real, vía **HTTP**:
 - **Usuarios**: Autenticación, permisos y roles.
 - **Reportes**, diagnósticos e historial de mediciones.
 - **Mantenimientos**: Alta, historial, consulta.
 - Alta de interceptores en el sistema.

LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

Entre los lenguajes de programación más comúnmente usados para *backend* se encuentran:

- **Ruby**: Ampliamente usado hoy en día, elegante y promueve las buenas prácticas de programación.
- **Python**: Al igual que **Ruby**, ofrece una sintaxis elegante, y es ampliamente usado en ciencia de datos.
- **Nodejs**: Basado en **JavaScript**, liviano, eficiente y ofrece un manejo de la asincronía único.

Entre los mencionados, se propone utilizar **Nodejs**, el cual más que un lenguaje de programación es un entorno de ejecución de **JavaScript**. Las razones son las facilidades que ofrece para el manejo de la asincronía.

Nuestra aplicación es altamente asincrónica por lo que pueden suceder situaciones como las siguientes:

- Emitir un mensaje a un *dashboard* mientras está ingresando otro mensaje a procesar de un interceptor.
- Insertar un dato en la base de datos, mientras llega un pedido **HTTP** de otro *dashboard*.

Es decir, situaciones que requieren cierto nivel de concurrencia. Todas estas tareas requieren tiempo y no deben bloquear el hilo de ejecución del programa, dado a que el servidor debe seguir atendiendo nuevos pedidos y mensajes.

Esto lleva a que en otros lenguajes se tienda a necesitar varios hilos o procesos. Por otro lado, **JavaScript** maneja la asincronía de forma automática. Este lenguaje está basado en lo que se denomina *callbacks*. Cada vez que se requiere una operación que consume tiempo, se registra una rutina a ejecutar una vez que la operación termina. Al quedar registrada esta rutina (*callback*) el servidor puede dedicarse a atender otros pedidos.

Nodejs auto gestiona los *callbacks* de forma automática, ejecutándolos cuando sea necesario.

ARQUITECTURA: REST

La interfaz **HTTP** del servidor, será planteada con una arquitectura de tipo **REST**. Una interfaz de tipo **REST**, transferencia de estado representacional, o **API RESTful** está basada en los siguientes principios:

- No guardar información de la sesión de los usuarios.
- Cada *endpoint* o servicio debe ser independiente de los demás.

Los servidores de tipo **REST** no envían vistas **HTML**, sino que envían únicamente datos, por ejemplo, en formato **JSON**. Es decir, cuando hay un cambio en la información a mostrar, en lugar de recargar la página entera, el frente pide los datos nuevos y cambia dinámicamente el contenido.

Este tipo de arquitectura reduce el tiempo de procesamiento en el servidor y reduce la cantidad de memoria necesaria.

Por otro lado, al ser *endpoints* independientes, la aplicación se vuelve más escalable dado a que agregar servicios no debería interferir en los demás ya existentes.

AUTENTICACIÓN

La autenticación del tablero de monitoreo, o *dashboard*, debe poder cumplir con dos requisitos:

- Evitar que alguien no autorizado acceda a la información del sistema.
- Brindar una capa de personalización, definiendo roles y permisos entre distintos tipos de usuarios.

Dado a que se trata de una arquitectura **REST**, el servidor no puede guardar datos de sesión del usuario, por ende, la autenticación en los mismos se realizará mediante **JWTs** o **JSON web tokens**.

JWT es un método seguro de transmitir información entre dos partes, dado a que puede ser firmado usando una clave secreta (con el algoritmo HMAC), o un par de claves pública/privada (con RSA o ECDSA). Un **JWT** es un conjunto de datos codificados de manera tal que sólo el servidor sea capaz de decodificarlos.

El procedimiento será el siguiente:

1. El usuario ingresa su nombre y contraseña en el *dashboard*. Estas son enviadas al servidor.
2. El servidor verifica que la contraseña sea la correcta.
3. Si es correcta, el servidor codificará los datos de ese usuario en el **JWT**, y lo enviará al *dashboard*.
4. El *dashboard* guardará el token en las cookies, y lo establecerá como *HEADER* en todos los subsiguientes pedidos o *requests*.
5. Para cada *request* posterior, el servidor verificará que el **JWT** enviado sea válido.
6. De ser correcto, responderá con la información. De ser incorrecto, bloqueará el acceso, respondiendo que el usuario no está autorizado.

En cuanto a los roles y permisos, una vez obtenido el token del servidor, se deberá llamar a otro *endpoint* o servicio que devuelva el rol del usuario, y los permisos que le permitirán acceder a las distintas prestaciones del *dashboard*.

INFRAESTRUCTURA

Cuando hablamos de infraestructura, nos referimos al hardware en el cual se ejecutará el programa del servidor. Las dos formas de realizar esto son:

- Implementando el hardware en un lugar físico propio, y proveer todos los servicios necesarios (electricidad, refrigeración, mantenimiento, conectividad).
- Contratar un servicio de computación cloud, en el cual nuestro programa sea ejecutado en una máquina virtual.

Para el caso del servicio de computación cloud, el proveedor de la máquina virtual se encargará de realizar todas las tareas de mantenimiento y proveer todos los servicios necesarios. Se encargará de cubrir todas las necesidades de limpieza, copias de seguridad, refrigeración, conectividad, etc. Además, en caso de que se requiera expandir o aumentar las necesidades de potencia computacional, el proveedor se encargará de hacer escalar el hardware en forma automática. Esto tiene como ventaja que reduce ampliamente los costos de mantenimiento.

Como contraparte, existe la posibilidad de implementar el hardware de manera propia, pero requeriría de un mantenimiento más intensivo y costoso que el sistema cloud. Además, no brindaría ninguna ventaja significativa.

Entre los proveedores de servicios de computación cloud más importantes se encuentran:

- **Amazon Web Services (AWS).**
- **Microsoft Azure.**
- **Google Cloud Platform.**

Entre los tres, se opta por utilizar AWS ya que tiene las siguientes características:

- El líder en el mercado.
- Tiene una estrategia de precios agresiva, es decir, constantemente están bajando los precios para volverse más competitivos.
- Es la que más servicios distintos de computación cloud ofrece.
- Constantemente están innovando e implementando nuevos tipos de servicios.

El servicio para cloud computing de AWS es **EC2**. Mediante **EC2** podemos definir que recursos computacionales necesitamos para nuestro programa servidor (CPU, memoria, disco rígido, etc.) y **AWS** nos sugerirá una instancia o modelo de máquina virtual a utilizar.

En cuanto a la cantidad de recursos computacionales, en general se ajustan y escalan a medida que se necesitan. En nuestro caso el tráfico de datos es bajo, y se comenzará

desde un único interceptor. Por eso, recomendamos usar como instancia una **T2.small** y escalar posiblemente a **T2.medium** con la primera decena de interceptores.

En lo que respecta a la convivencia de dos brókers en una misma instancia de **EC2**, existen varias formas de llevarlo a cabo. Uno de los métodos más sencillos posibles será la utilización de contenedores Docker interconectados entre sí.

BASE DE DATOS

La base de datos tiene la función de hacer persistir los siguientes datos:

- Información de usuarios.
 - Nombres.
 - Contraseñas.
 - Roles y permisos.
 - Interceptores asignados a monitorear.
- Información de interceptores:
 - Datos generales. Por ejemplo, identificadores, ubicación, etc.
 - Información administrativa. Por ejemplo, el registro de mantenimientos hechos.
 - Registro histórico de mediciones.

PARADIGMA DE BASE DE DATOS: SQL VS NOSQL

En cuanto a las bases de datos, se suele elegir uno de entre dos paradigmas:

- **SQL:** Estas bases de datos están basadas en tablas y relaciones. Ofrecen un esquema rígido, es decir, cada registro en cada tabla debe tener todas sus columnas completas con datos del mismo tipo.
La desventaja que tienen es que el acceso a los datos puede volverse lento cuando hay relaciones complejas entre datos de distintas tablas.
- **NoSQL:** A diferencia de **SQL**, no están basadas en tablas. Las más comúnmente usadas están basadas en documentos. Las tablas se reemplazan por colecciones de documentos, que es un conjunto de datos agregados que poseen un

esquema flexible y ampliable. Tienden a tener consultas más rápidas, y ser más performantes si se usan de manera adecuada. Al tener todos los datos agregados en un mismo documento, y no entre distintas tablas, hace que las operaciones de lectura sean más rápidas.

Entre las dos, nos inclinamos por **NoSQL**, dado a que para aplicaciones **IoT** la performance es muy importante. Por otro lado, la versión basada en documentos, **NoSQL**, ofrece guardar la información como un agregado de datos. Esto se adapta a nuestro modelo de interceptor, dado a que nuestro dispositivo en sí es un agregado de elementos: Es decir, hay un “interceptor”, que es un agregado de “catamarán”, “cinta de recolección”, “sistemas de distribución de residuos”, “contenedores y pontón”, “sistemas de alimentación”, etc. A la vez, cada uno de estos sistemas es un agregado de otros subsistemas, como por ejemplo la “cinta de recolección” es un agregado de “motor”, “sensor de velocidad”, etc.

Entre las bases de datos **NoSQL** más usadas están:

- **Firestore:** Ofrece una buena administración de datos, y sincronización de estos en tiempo real.
- **MongoDB:** Ofrece manejo rápido de datos en grandes volúmenes.

Las dos son buenas opciones, se podría utilizar cualquiera de las dos. Por otro lado, se optará por **MongoDB** porque ofrece una mejor performance en alto tráfico y volumen de datos.

MONGODB ATLAS – INFRAESTRUCTURA PARA LA BASE DE DATOS

MongoDB ofrece un servicio llamado ***MongoDB Atlas***, que se encarga de almacenar y gestionar la base de datos, y proveer toda la infraestructura necesaria y automatizar las tareas de administración.

MongoDB Atlas se ocupa de todas las cuestiones de seguridad, como por ejemplo aislamiento de red, gestión de acceso basada en roles, encriptación integral, etc.

También cuenta con tolerancia a errores distribuida y recuperación de datos automatizada. Sus clústeres están creados para ofrecer resiliencia con un conjunto de réplicas de tres nodos como mínimo distribuido en las zonas con disponibilidad de una región de *cloud*. Ofrece protección frente a las interrupciones regionales dado a la conmutación por error de *cloud* cruzada y entre regiones.

MongoDB Atlas se encarga de hacer escalar la base de datos a medida que se requieran más capacidades, sin necesidad de intervención del usuario en cuestiones de hardware.

Dado a que este servicio se ocupa de cuestiones que, de otra manera, serían realizadas de forma mucho más ineficiente y costosa, se elige usar este servicio para almacenar la base de datos.

REGISTROS DE MEDICIONES – CAPPED COLLECTIONS

Para poder almacenar un registro de todas las mediciones enviadas desde un interceptor, y para poder relevar los datos al momento de los análisis, se requiere una estructura en la base de datos que soporte:

- Poder consultar los registros más recientes en forma más rápida que los más antiguos.
- Poder almacenar gran cantidad de registros, y que esto no provoque la perdida de performance a medida que los mismos vayan creciendo.

Para esto, **MongoDB** provee una estructura de datos, o colección de datos, llamada *Capped Collections*. Las mismas poseen dos características:

- Los datos se almacenan consecutivamente en orden cronológico, por lo que consultar los datos más recientes es más rápido.
- Funcionan a modo *buffer circular*, es decir, poseen un tamaño máximo configurable, y cuando se alcanza el tope se empiezan a reemplazar los registros más antiguos por los nuevos. De esta forma, el tamaño no crece indefinidamente, y no se ralentizan las consultas a la misma.

Las dos desventajas que estas estructuras poseen son:

- No permiten la edición de los datos. Únicamente inserción y consulta.
- Se descartarían las mediciones más antiguas.

Estas desventajas no serían un problema dado a que la edición de registros de mediciones no es necesaria dada la naturaleza del proyecto. Por otro lado, eligiendo un tamaño lo suficientemente grande para la colección, se descartarían registros de mediciones que ya no serían relevantes, al momento de analizar fallas recientes.

FRONTEND (DASHBOARD)

Se trata de una aplicación web mediante la cual los usuarios podrán:

- Autenticarse
- Consultar el estado de los interceptores que tiene asignados.
- Recibir notificaciones sobre los interceptores que tiene asignados.
- Enviar pedidos de marcha y parada.
- Obtener diagnósticos y reportes.
- Establecer configuraciones.
- Consultar y dar de alta mantenimientos a realizar y realizados.
- Evaluar datos de performance del interceptor.
- Observar las cámaras de estos.

Hoy en día, la tendencia es hacia que los servidores no generen páginas **HTML** para reducir el costo computacional en los mismos. Como alternativa, existen las **SPA (Single page applications)**, que trasladan gran parte del costo computacional desde el servidor hacia el cliente.

SINGLE PAGE APPLICATIONS

Las **SPA** se basan en un único archivo **HTML** dinámico. Estas aplicaciones simulan los cambios de ruta y contenido de las vistas cambiando dinámicamente el contenido de la única página utilizando **JavaScript**. Toda esta lógica se realiza en las computadoras de los clientes, liberando al *backend* de realizar este procesamiento. Las **SPA** se limitan a

pedir datos en formatos no visuales, como **JSON**, al backend, y presentarlos de la manera que se desee. Al ser un único archivo **HTML**, el mismo puede ser almacenado independientemente de donde esté ejecutándose el programa del servidor.

Entre los framework más usados para generar **SPAs** están:

- **Angular.**
- **React.**
- **Vue.**

La diferencia principal entre las tres radica en la cantidad de prestaciones que vienen por defecto. **Angular** ofrece todas las prestaciones necesarias, mientras que **React** ofrece un mínimo, dejando la posibilidad a terceros de desarrollarlas. **Vue** es un caso intermedio. Entre las tres optamos por **React**, dado a que es el amplio dominante hoy en día, y hay amplia disponibilidad de prestaciones en forma de bibliotecas sin costo alguno.

INFRAESTRUCTURA

En cuanto a infraestructura para el dashboard, requerimos dos cosas:

- *Hosting*
- Distribución

Para satisfacer ambas, requerimos de tres servicios de AWS:

- S3
- Cloudfront
- Route 53

S3, o *simple storage service*, es un servicio de almacenamiento de archivos en la nube. El *dashboard* es una **SPA**, por lo tanto, es un único archivo HTML con la inteligencia para simular los cambios de pantalla y generar dinámicamente el contenido de las mismas. Por ende, lo que necesitamos es subir este único archivo a un *bucket* de S3. Un *bucket* de S3 es como una carpeta en la nube, con acceso configurable.

Por otro lado, el *bucket* de S3 estará alojado físicamente en un data center de AWS en alguna parte del mundo. Esto, a su vez, complica el acceso al mismo a través de múltiples puntos del planeta. El acceso puede ser más lento en algunas partes del mismo. Para solucionar esto, se requiere un servicio de distribución.

Cloudfront es un servicio de distribución, que replica el contenido del *bucket* en múltiples data centers del mundo para el acceso rápido desde distintas localizaciones. Lo único necesario es configurar desde que *bucket* se copia el contenido y el servicio se encarga de replicar automáticamente el mismo.

Route 53 es un servicio que conecta la distribución de Cloudfront con una **URL** a elección, legible para el ser humano.

SISTEMA DE CAMARAS

Para la implementación de las cámaras en el *dashboard*, se contratará el servicio *ipcamlive*, que nos permite integrar cualquier cantidad de cámaras IP en nuestra interfaz de usuario.

Este servicio se encarga de generar el *stream* de datos, y lo disponibiliza para ser utilizado en cualquier interfaz **HTML** a través de un *iframe*. Un *iframe* es un *tag* de **HTML** que permite que nuestra interfaz se conecte con el reproductor que ofrecen de forma simple.

Su estructura es similar a la siguiente:

```
<iframe src="http://g0.ipcamlive.com  
/player/player.php?alias=58e7a84e584c0"  
width="800px" height="452px" frameborder="0"  
allowfullscreen></iframe>
```

Donde se le indica una fuente (*src*) de donde tomar el *stream*, y las dimensiones que ocupará en la pantalla. También ofrecen la posibilidad de ver lapsos de períodos de tiempo grabados.

Se elige esta solución frente a tener que desarrollar un servidor propio de *streaming*, para evitar demoras en los tiempos de desarrollo y evitar tener que ocuparse de cuestiones de infraestructura.

DASHBOARD - VISTAS

INICIO DE SESIÓN

En esta vista el usuario ingresará su nombre de usuario y contraseña para poder autentificarse.



GIDIS

Facultad de Ingeniería
UBA

Panel de monitoreo y administración.

Usuario

Contraseña

Figura 51. Pantalla de inicio de sesión del dashboard

SELECCIÓN DEL INTERCEPTOR

Una vez iniciada la sesión, el *dashboard* consultará al servidor cuáles interceptores asignados para monitorear tiene el usuario. Esta es una vista general de todos los asignados al usuario, y se podrá seleccionar cual se quiere monitorear en detalle.



Figura 52. Estado global de los interceptores bajo supervisión.

INTERFAZ HMI

Esta vista informa al usuario del estado actual del interceptor monitoreado en detalle. En la misma se puede observar el estado de cada uno de los mecanismos intervenientes. Algunos ejemplos son:

- Nivel de tanques
- Mediciones de las cintas de recolección y distribución
- Niveles de batería
- Fallas en los mecanismos
- Estado del buffer

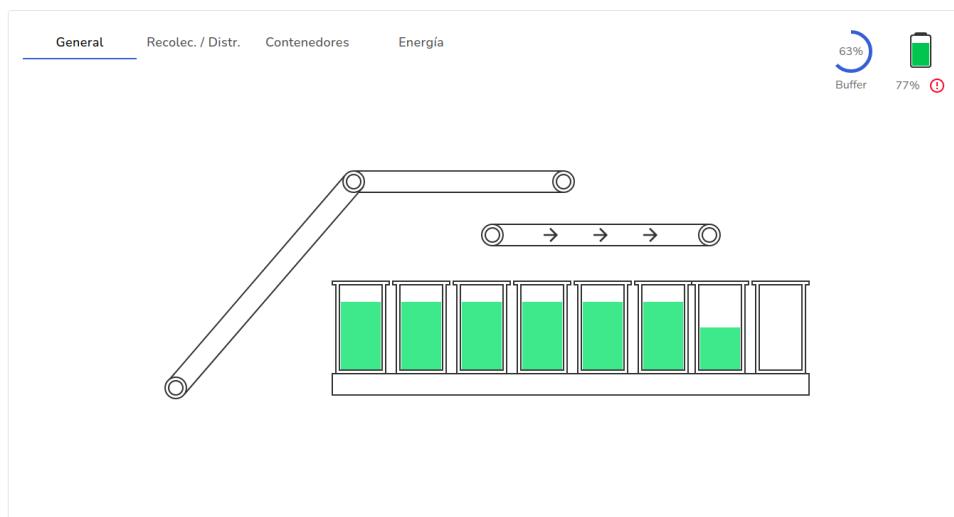


Figura 53. Estado general del interceptor seleccionado.

ÁREA DE ACCIONES PRINCIPALES Y NOTIFICACIONES

Es una sección de la pantalla siempre visible. Tiene como objetivo hacer pedidos de parada o marcha al **IRF** que posteriormente evaluará si ejecutar o no. Por otro lado, la sección de notificaciones tiene como objetivo informar datos de cualquiera de los interceptores asignados, sean fallas, avisos, advertencias, objetivos cumplidos, etc.

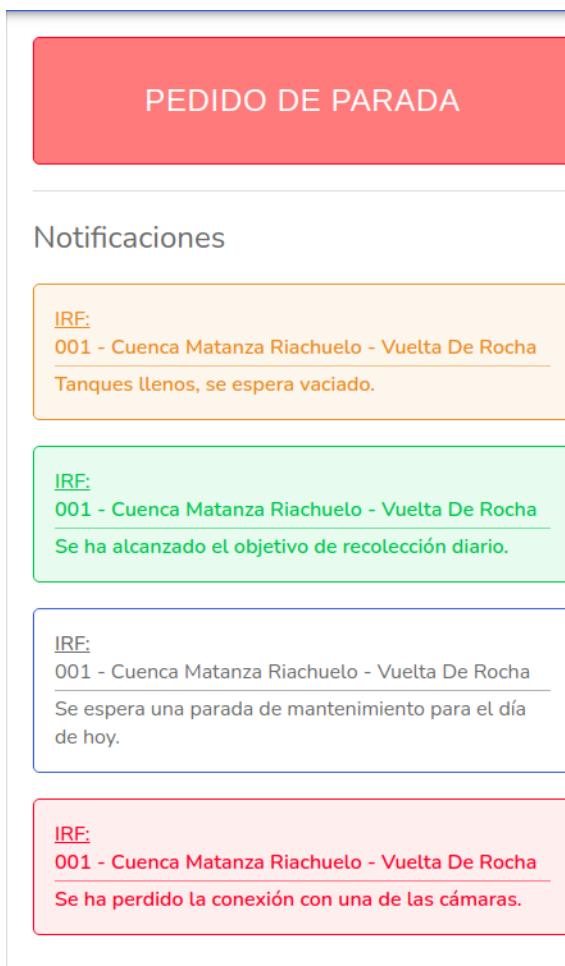


Figura 54. Pantalla del dashboard de notificaciones.

PERFORMANCE

En esta vista el usuario puede obtener datos de la performance y desempeño del IRF bajo análisis. Mediante esta vista se puede evaluar el impacto que el interceptor está teniendo en su ubicación. Servirá para decidir si vale la pena la posición y configuración actual, o será necesario realizar ajustes o cambios para mejorar su desempeño.

Está dividida en 4 pestañas, en cada una de las cuales se muestra un gráfico distinto:

Gráfico de torta de distribución de tiempos por estado

Este es un gráfico en el que se muestra la estadística de cuánto tiempo el interceptor estuvo en cada estado. Por ejemplo, se podrá evaluar cuánto tiempo estuvo en

funcionamiento, en comparación con los tiempos de mantenimiento o falla. También sirve para poder analizar cuánto tiempo los tanques estuvieron llenos, y con esto planificar mejor las tareas de vaciado de estos.

Esta estadística se computa para tres períodos de tiempo distintos: **Últimas 24 horas**, **últimos 7 días**, y **últimas 4 semanas**.

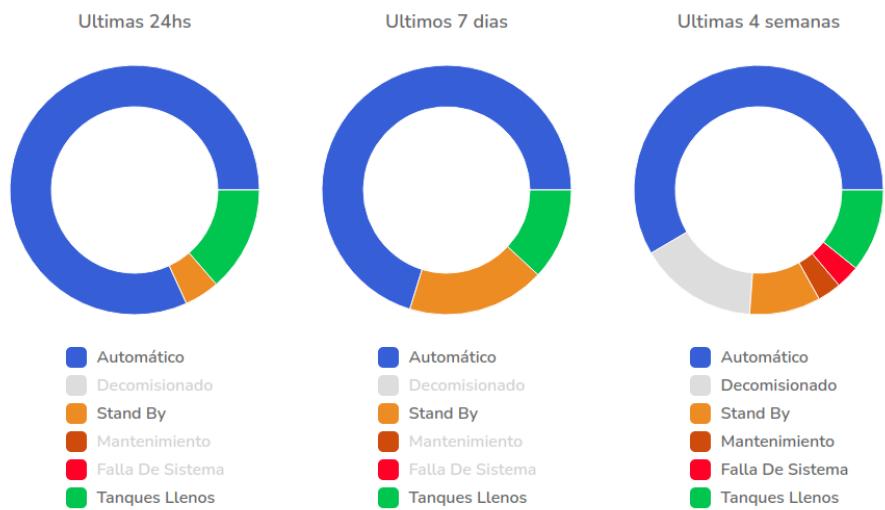


Figura 55. Pantalla de performance del interceptor seleccionado.

Gráfico de estado actual de los contenedores

Este gráfico muestra el estado de llenado porcentual de los contenedores en tiempo real.

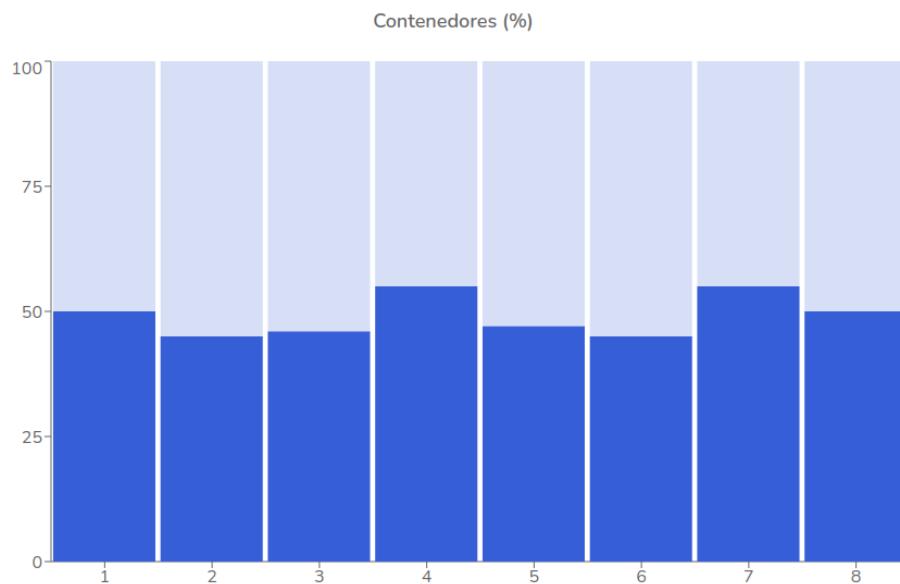


Figura 56. Porcentajes de llenado de los contenedores.

Gráfico de barras de extracción diaria:

Este gráfico muestra las recolecciones diarias en metros cúbicos, durante la última semana de operación.

Este gráfico puede ser utilizado, en conjunto con el gráfico de tiempos por estado, para poder evaluar si se está llegando a los objetivos de recolección planteados, o si es necesario tomar medidas de ajuste.

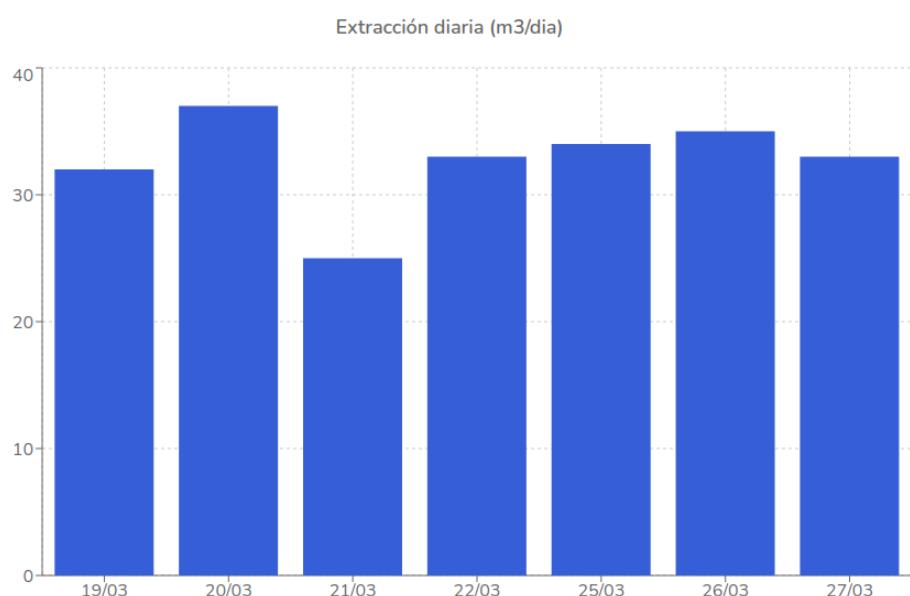


Figura 57. Extracción diaria.

HISTOGRAMA DE OPERACIÓN

Este histograma muestra la distribución de tiempo que lleva un ciclo de operación completo entre dos vaciados consecutivos de todos los tanques.

Cada vez que se completa un ciclo, se evalúa cuánto tiempo duró, y se suma una unidad a la franja correspondiente con ese intervalo de tiempo.

Esta es otra herramienta, que se suma a las ya mencionadas, para la evaluación de la logística asociada al interceptor.

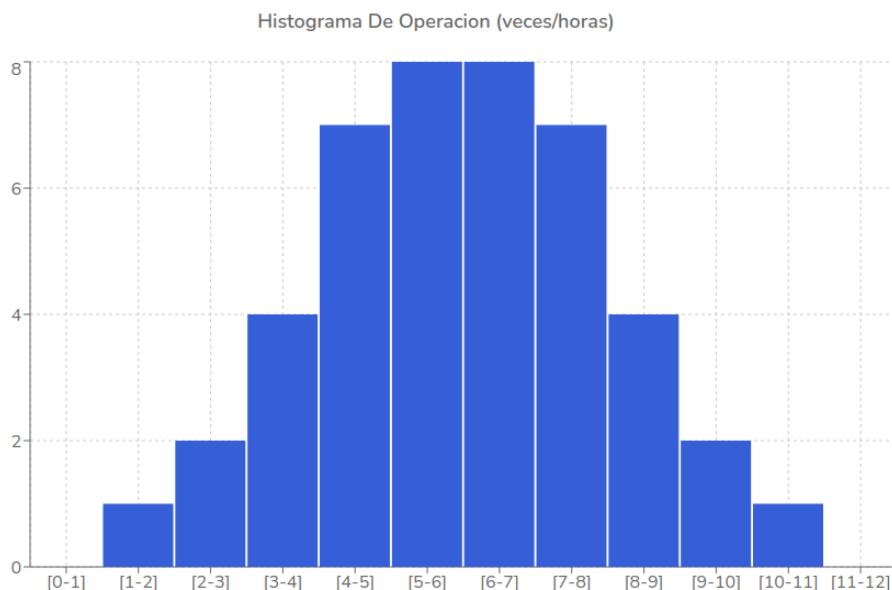


Figura 58. Histograma de operación del interceptor seleccionado.

MANTENIMIENTO

Esta vista permite brindar un sistema informático para administrar todas las operaciones de mantenimiento a realizarse sobre el interceptor. Por ejemplo: **registrar rutinas de limpieza, de ajuste, cambios de componentes**, etc. Está dividida en 4 pestañas:

Mantenimientos requeridos

Este es un listado de todos los mantenimientos que deben realizarse sobre el interceptor en este momento, dando adicionalmente una descripción de cada uno. Permitirá al usuario dar de alta los mismos una vez que estén completos, indicando que operario fue el responsable de este. También será posible dar de alta mantenimientos que no fueron planificados.

Mantenimiento

Requeridos Próximos Histórico Admin

ALTA NO PLANIFICADA

⚙ Cambio de aceite en la cinta transportadora.	DAR DE ALTA
⚙ Revisión y cambio de baterías.	DAR DE ALTA
⚙ Revisión general de sensores de la cinta transportadora.	DAR DE ALTA

Figura 59. Pantalla de mantenimientos requeridos.

Mantenimientos próximos

Este es un listado de los mantenimientos que deberán ser realizados en los próximos días. El servidor será el encargado de computar cuánto tiempo pasó desde el último mantenimiento de cada tipo, y de programar el próximo de acuerdo con un tiempo predefinido. Una vez agotado el tiempo, los mantenimientos pasan de esta pestaña a la pestaña de mantenimientos requeridos.

Mantenimiento

Requeridos Próximos Histórico Admin

⚙ Limpieza general. 1 día - 4 horas
⚙ Revisión general de sensores de consumo. 1 semana - 3 días
⚙ Revisión general de sensores de nivel. 1 semana - 5 días

Figura 60. Pantalla de próximos mantenimientos.

Historial de mantenimientos realizados

Este es un listado del histórico de todos los mantenimientos realizados y datos de alta, indicando en cada caso la fecha y el operario responsable del mismo.

Mantenimiento				
Requeridos	Próximos	Histórico	Admin	
Mantenimiento				
Revisión general de sensores de consumo.		Juan Tomé	03/03/2021	Si
Revisión general de sensores de nivel de residuos.		Ignacio Dasso	03/03/2021	Si
Limpieza general.		Matías Anastópolos	03/03/2021	Si
Revisión general de sensores de consumo.		Juan Tomé	03/02/2021	Si
Revisión general de sensores de nivel de residuos.		Ignacio Dasso	03/02/2021	Si
Revisión y cambio de baterías.		Matías Anastópolos	01/02/2021	No
Revisión general de sensores de consumo.		Juan Tomé	03/01/2021	Si
Revisión general de sensores de nivel de residuos.		Ignacio Dasso	03/01/2021	Si
Limpieza general.		Matías Anastópolos	03/01/2021	Si
Revisión general de sensores de la cinta transportadora.		Matías Anastópolos	10/12/2020	Si

Figura 61. Historial de mantenimientos realizados.

Administración

Esta es la pestaña que posibilita al usuario con permisos crear nuevos tipos de tareas o mantenimientos que pueden realizarse en el interceptor. Al crear un nuevo mantenimiento, el usuario indicará con qué frecuencia debe realizarse para que el servidor pueda programar periódicamente el mismo en cada interceptor. También deberá indicar un nombre y una descripción para el mismo.

Mantenimiento

Requeridos	Próximos	Histórico	Admin
CREAR NUEVO MANTENIMIENTO			
Mantenimiento		Frecuencia	Acciones
Revisión general de sensores de consumo.		2 semanas	VER EDITAR ELIMINAR
Cambio de aceite en la cinta transportadora.		3 días	VER EDITAR ELIMINAR
Revisión general de sensores de la cinta transportadora.		2 semanas 3 días	VER EDITAR ELIMINAR
Revisión general de sensores de nivel de residuos.		4 semanas	VER EDITAR ELIMINAR
Limpieza general.		2 días	VER EDITAR ELIMINAR

Figura 62. Pantalla de administración para la creación de nuevas tareas.

DIAGNÓSTICO

En esta vista el usuario podrá acceder a un diagnóstico de todos los elementos relevables en el interceptor. Se podrá saber para cada uno si está funcionando correctamente, erróneamente, o está apagado/desconectado.

También será posible descargar en formato **CSV** un historial de los últimos registros de mediciones almacenados en la base de datos del servidor.

Diagnóstico		HISTORIAL DE MEDICIONES
General	Conectividad general.	OK
Recolección	Buffer.	OK
	Cinta de recolección.	OK
Distribución	Cinta de distribución.	OK
	Sensores de nivel de tanques.	OK
Contenedores	Plataforma.	OK
	Contenedor 1.	OK
	Contenedor 2.	OK
	Contenedor 3.	nok

Figura 63. Diagnóstico general del interceptor.

CÁMARAS

Esta vista permitirá al usuario con permisos consultar las cámaras en el interceptor. Se podrá ver datos en vivo, o lapsos de un determinado período.



Figura 64. Vista del monitoreo de las cámaras IP.

ADMINISTRACIÓN

Esta vista será de acceso únicamente para usuarios administradores. La misma servirá para dar de alta interceptores y usuarios en el sistema.

La misma tendrá un listado de todos los interceptores en el sistema. Para agregar uno nuevo, el usuario ingresará todos los datos de este, como, por ejemplo, el número de tag, un alias para identificarlo, etc.

También tendrá un listado de usuarios del *dashboard*. Para agregar un nuevo usuario se deberá ingresar sus datos y roles, junto con todos los interceptores que tiene asignados.

Administración

		Interceptores	Usuarios
NUEVO INTERCEPTOR			
Tag	Localización	Acciones	
001	Cuenca Matanza Riachuelo - Vuelta De Rocha	VER	EDITAR ELIMINAR
002	Cuenca Matanza Riachuelo - Vuelta De Rocha	VER	EDITAR ELIMINAR
003	Cuenca Matanza Riachuelo - Vuelta De Rocha	VER	EDITAR ELIMINAR
004	Cuenca Matanza Riachuelo - Vuelta De Rocha	VER	EDITAR ELIMINAR
005	Cuenca Matanza Riachuelo - Vuelta De Rocha	VER	EDITAR ELIMINAR
006	Cuenca Matanza Riachuelo - Vuelta De Rocha	VER	EDITAR ELIMINAR

Interceptores por página 10 ▾ 1-6 of 6 < >

Figura 65. Pantalla de administración de los interceptores disponibles en la red.

Administración

		Interceptores	Usuarios	
NUEVO USUARIO				
Legajo	Usuario	Nombre	Rol	Acciones
00000	root	Root	Administrador	VER
10000	matiasanas	Matias Anastópolos	Administrador	VER EDITAR ELIMINAR
10001	juantom	Juan Tomé	Supervisor	VER EDITAR ELIMINAR
10002	ignaciadaso	Ignacio Daso	Operario	VER EDITAR ELIMINAR

Usuarios por página 10 ▾ 1-4 of 4 < >

Figura 66. Pantalla de administración de los usuarios del interceptor.

CRONOGRAMA

INTRODUCCIÓN

El presente capítulo introduce el cronograma de trabajo del proyecto y se detallará la distribución de horas de tareas previstas por áreas de trabajo. Se presenta lo previsto en el análisis inicial, así como las conclusiones hacia el cierre del presente informe.

DESARROLLO

DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS:

- 400 horas para análisis de objetivos, planeamiento, presentaciones al equipo de trabajo interdisciplinario y reuniones generales con el equipo de GIDIS. Cubre el período de octubre 2020 a diciembre 2020.
- 1200 horas para investigación de tecnologías, desarrollo de soluciones, acordar definiciones con el equipo de trabajo interdisciplinario y reuniones generales con el equipo de GIDIS. Cubre el período de diciembre 2020 a junio 2021.
- 300 horas para documentación, reuniones generales con el equipo de GIDIS, confección de informe final y presentación. Cubre el período de junio 2021 a agosto 2021.

DIAGRAMA DE GANTT

A continuación, se presenta el diagrama de **Gantt** propuesto para el presente proyecto.

El mismo está partido en 3 figuras, para poder mostrar su extensión temporal correctamente.

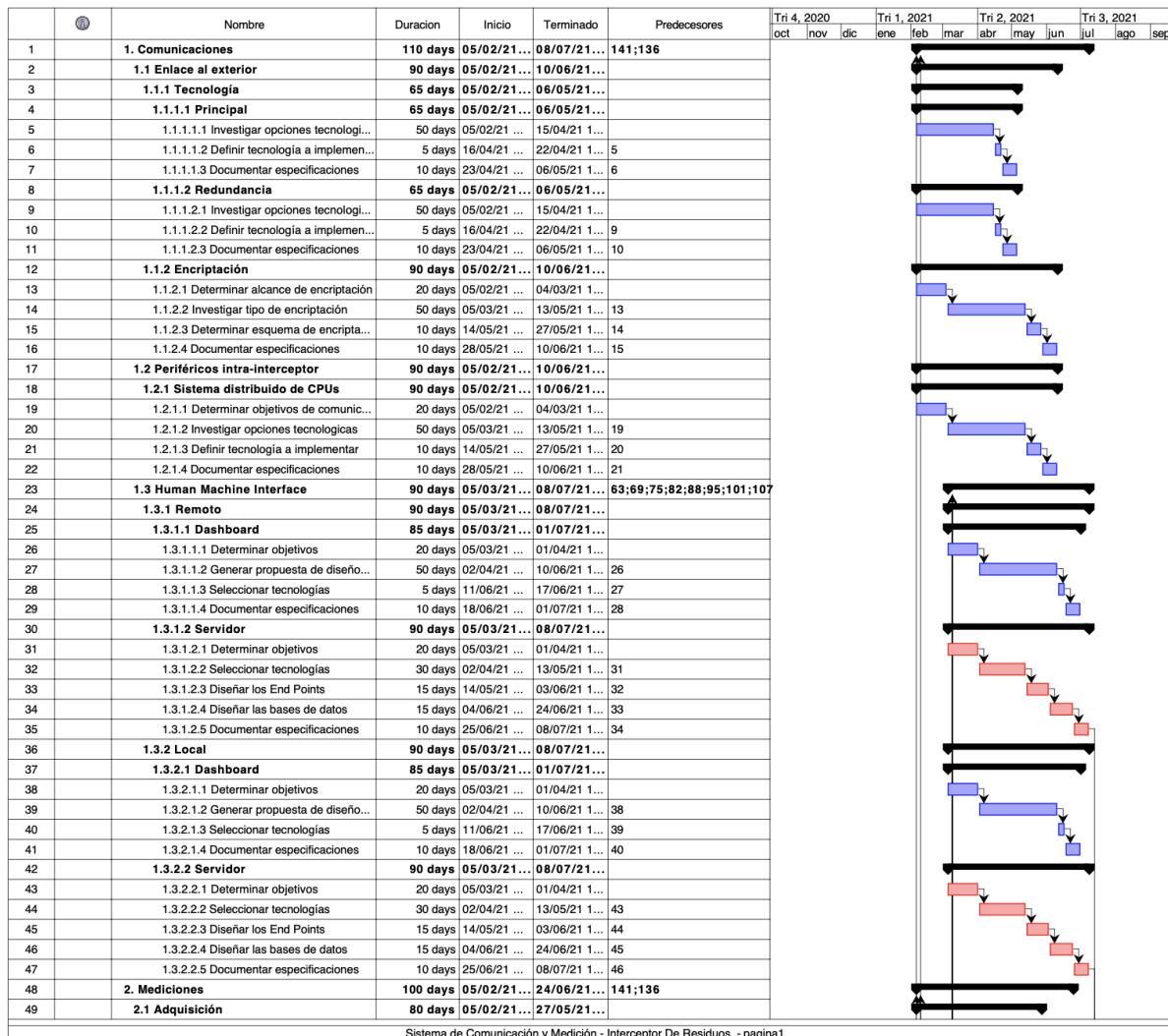


Figura 67a. Diagrama de Gantt, 1/3

Cronograma / Revisión O
86.99 Trabajo Profesional | Sistema de comunicaciones y telemetría

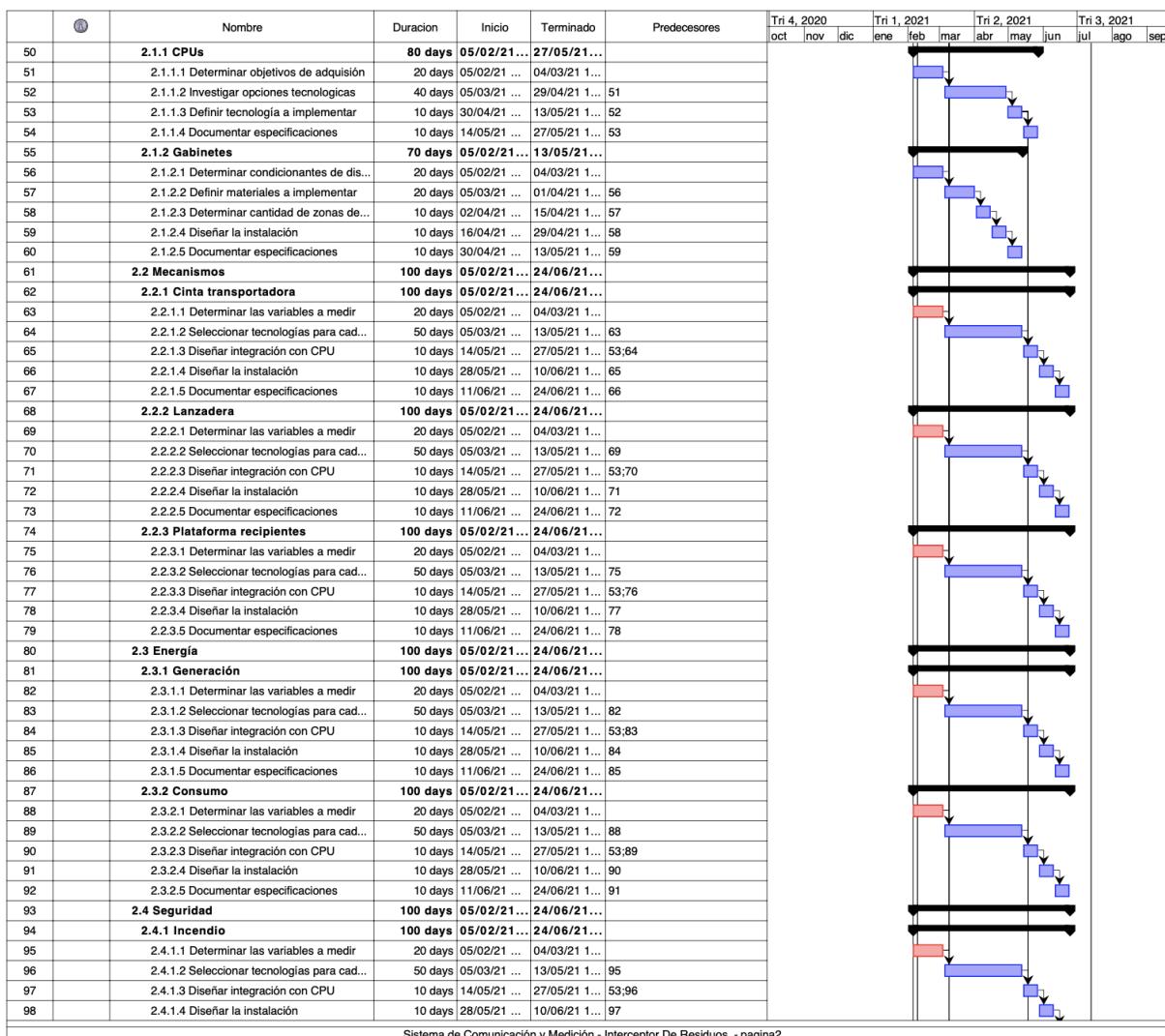


Figura 67b. Diagrama de Gantt, 2/3

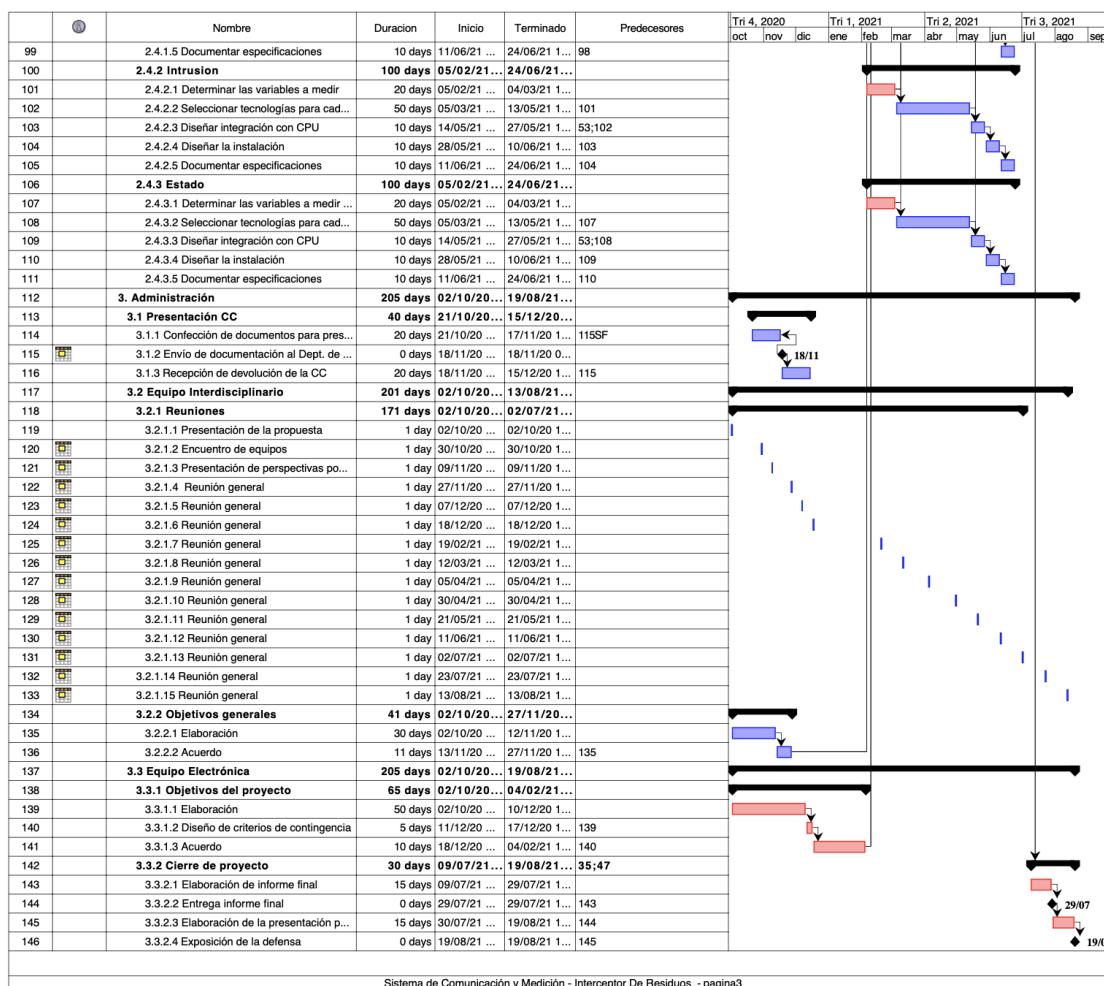


Figura 67c. Diagrama de Gantt, 3/3

CONCLUSIÓN

Conforme transcurrió el desarrollo del proyecto, ocurrieron varios sucesos que fueron modificando tanto las actividades por realizar como la duración de varias de ellas.

Debido a la naturaleza interdisciplinaria, el desarrollo de varias de las secciones de este trabajo dependió de especificaciones y/o desarrollos correspondientes a los otros equipos de trabajo, esto llevó, naturalmente, a ciertos destiempos y aplazos.

Por otra parte, varias de las actividades cambiaron, ya sea eliminándose, unificándose o modificándose, esto fue fruto natural de los constantes cambios que incurren en un proyecto de esta magnitud.

CONSUMO

INTRODUCCIÓN

Todo el equipamiento involucrado en el desarrollo de este trabajo guarda diferentes características de consumo, ya sea por su intensidad como por su regularidad, siendo necesario para el análisis posterior de la gestión energética, un detalle del mismo.

ANÁLISIS

COMPUTADORAS:

1. **Concepto:** Computadora principal: explicación de la computadora primaria
Modelo: Raspberry Pi 4 - 2GB
Cantidad: 1
Consumo por unidad: 6 W
Consumo total: 6 W

SENSORES:

1. **Concepto:** Sensor ultrasónico
Modelo: mic+340/IU/TC + Conector
Cantidad: 5
Consumo por unidad: 1,92 W
Consumo total: 9,6 W
2. **Concepto:** Sensor láser
Modelo: ILR1030-8/LC1
Cantidad: 5
Consumo por unidad: 2,4 W
Consumo total: 12 W
3. **Concepto:** Sensor de velocidad superficial de agua
Modelo: Ott Hydromet SVR 100

Cantidad: 1

Consumo por unidad: 4,2 W

Consumo total: 4,2 W

4. **Concepto:** Encoder rotativo 2000 pulsos por revolución

Modelo: Omron E6C2-CWZ6C/2000P/R

Cantidad: 3

Consumo por unidad: 1,92 W

Consumo total: 5,76 W

5. **Concepto:** Inclinómetro

Modelo: ACCUSTAR® IP-66

Cantidad: 2

Consumo por unidad: 0,72 W

Consumo total: 1,44 W

6. **Concepto:** Variador de velocidad

Modelo: SINAMICS V20

Cantidad: 3

Consumo por unidad: No se tendrá en cuenta dado que la especificación disponible incluye el consumo del motor.

7. **Concepto:** Barrera infrarroja de doble faz

Modelo: Takex PXB- 50HF

Cantidad: 8

Consumo por unidad: 0.77 W

Consumo total: 6.16 W

8. **Concepto:** Ecosonda

Modelo: Ping Sonar Altimeter and Echosounder

Cantidad: 1

Consumo por unidad: 0.5 W

Consumo total: 0.5 W

9. **Concepto:** Cámara IP

Modelo: HIKVision IP 2mp

Cantidad: 5

Consumo por unidad: 5 W

Consumo total: 25 W

10. Concepto: Módulo GPS

Modelo: SparkFun GPS-RTK-SMA

Cantidad: 1

Consumo por unidad: 0.65 W

Consumo total: 0.65 W

Consumo Subtotal Sensores: 65,31 W

COMUNICACIONES:

A continuación, se presentan los costos de las tres opciones de comunicaciones. Como se ha mencionado anteriormente para cada implementación específica se seleccionará dos.

Red Celular

1. Concepto: Módem Router

Modelo: Modem Router Elsys Amplimax

Cantidad: 1

Consumo por unidad: 18 W

Consumo total: 18 W

Subtotal Consumo Red Celular: 18 W

Red Satelital

1. Concepto: Antena Satelital Auto-Orientable + Unidad de control

Modelo: KNS Z7MK2

Cantidad: 1

Consumo por unidad: 880 W

Consumo total: 880 W

Subtotal Consumo Red Satelital: 880 W

Red Enlace Terrestre

1. **Concepto:** Enlace inalámbrico

Modelo: Ubiquiti NanoStation M

Cantidad: 1³²

Consumo por unidad: 6,5 W

Consumo total: 6,5 W

2. **Concepto:** Router

Modelo: Genérico

Cantidad: 1

Consumo por unidad: 5,5 W

Consumo total: 5,5 W

Subtotal Consumo Enlace Terrestre: 12 W

Router Dual WAN

Dada la necesidad de vincular dos conexiones a internet independientes, es necesario contar con un elemento de hardware encargado específicamente de administrar la selección de la red a utilizar. Para esta aplicación se utilizan routers dual WAN

1. **Concepto:** Router Dual WAN

Modelo: Cisco RV345 Dual WAN Gigabit VPN Router

Cantidad: 1

Consumo por unidad: 30 W

Consumo total: 30W

³² Se considera para el consumo solo la antena que esta a bordo del interceptor.

COMBINACIONES

Los valores base de consumo del proyecto, sin contar los consumos de las opciones de comunicaciones de enlace a internet son: **101,31 W.**

A fin de presentar las distintas combinaciones de las alternativas investigadas, se presenta a continuación los totales (incluye el valor base descripto en el párrafo anterior) de consumo para cada opción:

Tabla 2. Consumos por combinación

Combinación		Consumo (W)
Red Celular	Enlace Terrestre	131,31
Red Celular	Red Satelital	999,31
Red Satelital	Enlace Terrestre	993,31

Los consumos detallados están previstos para ser consumos regulares a lo largo de una jornada dado que la actividad de los sensores y de los enlaces de comunicaciones es permanente las 24 horas.

COSTOS

INTRODUCCIÓN

En esta sección se abordarán los costos generales de todas las partes involucradas en el **IRF**. Los precios detallados a continuación son fruto de la investigación a lo largo del desarrollo del trabajo práctico profesional. Están compuestos de valores, que en oportunidades han sido cotizados directamente por fabricantes, otras veces obtenidos de páginas web del exterior de Argentina y en otros casos estimaciones. Los diferentes precios a continuación se expresarán como equipamiento nacionalizado en la República Argentina entendiendo que para dicha nacionalización aplican costos de importación en torno al 60% del valor del material importado. Los precios expresados son sin impuestos.

ANÁLISIS

COMPUTADORAS:

2. **Concepto:** Computadora principal: explicación de la computadora primaria

Modelo: Raspberry Pi 4 - 2GB

Cantidad: 1

Costo por unidad: USD 72

SENSORES:

11. **Concepto:** Sensor ultrasónico

Modelo: mic+340/IU/TC + Conector

Cantidad: 5

Costo por unidad: USD 1303

Costo total: USD 6515

12. **Concepto:** Sensor láser

Modelo: ILR1030-8/LC1

Cantidad: 5

Costo por unidad: USD 1050

Costo total: USD 5250

13. **Concepto:** Sensor de velocidad superficial de agua

Modelo: Ott Hydromet SVR 100

Cantidad: 1

Costo por unidad: USD 4232

Costo total: USD 4232

14. **Concepto:** Encoder rotativo 2000 pulsos por revolución

Modelo: Omron E6C2-CWZ6C/2000P/R

Cantidad: 3

Costo por unidad: USD 907

Costo total: USD 2722

15. **Concepto:** Inclinómetro

Modelo: ACCUSTAR® IP-66

Cantidad: 2

Costo por unidad: USD 1312

Costo total: USD 2624

16. **Concepto:** Variador de velocidad

Modelo: SINAMICS V20

Cantidad: 3

Costo por unidad: USD 456

Costo total: USD 1368

17. **Concepto:** Barrera infrarroja de doble faz

Modelo: Takex PXB- 50HF

Cantidad: 8

Costo por unidad: USD 219

Costo total: USD 1752

18. **Concepto:** Ecosonda

Modelo: Ping Sonar Altimeter and Echosounder

Cantidad: 1

Costo por unidad: USD 480

Costo total: USD 480

19. Concepto: Cámara IP

Modelo: HIKVision IP 2mp

Cantidad: 5

Costo por unidad: USD 73

Costo total: USD 356

20. Concepto: Módulo GPS

Modelo: SparkFun GPS-RTK-SMA

Cantidad: 1

Costo por unidad: USD 440

Costo total: USD 440

Costo Subtotal Sensores: USD 25739

SERVIDOR-DASHBOARD:

- Concepto:** Máquina virtual en Amazon Web Services³³: Es la máquina virtual en la nube sobre la cual se ejecutará el programa servidor.

Modelo: T2 Medium

Costo Mensual: USD 48

- Concepto:** Máquina virtual en Amazon Web Services para pruebas y desarrollo: Es un entorno seguro de pruebas sobre el cual se desarrolla para no trabajar sobre el servidor de producción.

Modelo: T2 Small

Costo Mensual: USD 24

- Concepto:** Bucket de Amazon S3 para hosting del Dashboard: S3, simple storage service, es un servicio de almacenamiento de datos. Un bucket es similar a una carpeta en la nube. En esa carpeta se guardará el código HTML del Dashboard.

Costo Mensual: USD 32

- Concepto:** Bucket de Amazon S3 para hosting del Dashboard para pruebas y desarrollo: Es un entorno seguro de pruebas sobre el cual se desarrolla y

³³ <https://calculator.aws/>

evalúan nuevas funcionalidades sin trabajar sobre el servidor de producción.

Costo Mensual: USD 32

5. **Concepto:** Servicio de Cloudfront para el Dashboard: Cloudfront es un servicio que replica el contenido del Bucket de S3 (Dashboard) en múltiples datacenters del mundo, reduciendo los tiempos de transferencia de este al usuario.

Costo Mensual: USD 32

6. **Concepto:** Servicio de Cloudfront para el Dashboard para pruebas y desarrollo: Es un entorno seguro de pruebas sobre el cual se desarrolla para no trabajar sobre el servidor de producción.

Costo Mensual: USD 32

7. **Concepto:** Servicio de Amazon Route 53: Route 53 es el servicio de Amazon que conecta la distribución (Cloudfront) con la url del sitio web.

Costo Mensual: USD 1,6

8. **Concepto:** Servicio de Amazon Route 53 para pruebas y desarrollo: Es un entorno seguro de pruebas sobre el cual se desarrolla para no trabajar sobre el servidor de producción

Costo Mensual: USD 1,6

9. **Concepto:** Base de datos cloud MongoDB Atlas³⁴: Servicio de base de datos en la nube

Costo Mensual: USD 96

10. **Concepto:** Base de datos cloud MongoDB Atlas para pruebas y desarrollo: Es un entorno seguro de pruebas sobre el cual se desarrolla para no trabajar sobre el servidor de producción

Costo Mensual: USD 96

Subtotal Servicios Cloud Mensual: USD 395

³⁴ <https://www.mongodb.com/pricing>

CÁMARAS:

1. **Concepto:** Servicio web de monitoreo de cámaras a bordo del catamarán “**ipcamlive**”: Este servicio se encarga del streaming, generación de lapsos y se proporciona un TAG HTML para integrar en el Dashboard. El costo varía dependiendo del número de cámaras. Si se desea hacer lapsos de tiempo se debe contratar **Professional**, si solo se desea streaming en vivo, **Standard**.
Costo Mensual: USD 27³⁵

COMUNICACIONES:

A continuación, se presentan los costos de las tres opciones de comunicaciones. Como se ha mencionado anteriormente para cada implementación específica se seleccionará dos.

Red Celular

2. **Concepto:** Módem Router
Modelo: Modem Router Elsys Amplimax
Cantidad: 1
Costo por unidad: USD 421
Costo total: USD 421
3. **Concepto:** Servicio de conectividad 3G/4G
Modelo: Plan 15GB/mensuales Claro
Costo por mes: USD 37

Subtotal Costo Red Celular Única Vez: USD 421

Subtotal Costo Red Celular Mensual: USD 37

Red Satelital

2. **Concepto:** Antena Satelital Auto-Orientable
Modelo: KNS Z7MK2

³⁵ <https://www.ipcamlive.com/pricing>

Cantidad: 1

Costo por unidad: USD 32000

Costo total: USD 32000

3. **Concepto:** Servicio de conectividad satelital

Modelo: Andesat

Cantidad: 1

Costo por unidad: USD 1500

Costo total: USD 1500

Subtotal Costo Red Satelital Única Vez: USD 32000

Subtotal Costo Red Satelital Mensual: USD 1500

Red Enlace Terrestre

3. **Concepto:** Enlace inalámbrico

Modelo: Ubiquiti NanoStation M

Cantidad: 2

Costo por unidad: USD 132

Costo total: USD 264

4. **Concepto:** Servicio de Internet de 10MB simétricos

Modelo: Proveedor según zona de instalación

Cantidad: 1

Costo por unidad: USD 87

Costo total: USD 87

Subtotal Costo Enlace Terrestre Única Vez: USD 264

Subtotal Costo Enlace Terrestre Mensual: USD 87

Router Dual WAN

Dada la necesidad de vincular dos conexiones a internet independientes, es necesario contar con un elemento de hardware encargado específicamente de administrar la selección de la red a utilizar. Para esta aplicación se utilizan routers dual WAN

2. Concepto: Router Dual WAN

Modelo: Cisco RV345 Dual WAN Gigabit VPN Router

Cantidad: 1

Costo por unidad: USD 606

Costo total: USD 606

MANO DE OBRA

1. Concepto: Desarrollo Frontend

Cantidad de horas: 312

Costo por hora: USD 25

Costo total: USD 7800

2. Concepto: Desarrollo Backend

Cantidad de horas: 425

Costo por hora: USD 25

Costo total: USD 10625

3. Concepto: Desarrollo Interceptor local

Cantidad de horas: 200

Costo por hora: USD 25

Costo total: USD 5000

4. Concepto: Documentación de ingeniería

Cantidad de horas: 320

Costo por hora: USD 25

Costo total: USD 8000

5. Concepto: Costos de mantenimiento

Cantidad de horas mensuales: 16

Costo por hora: USD 25

Costo total mensual: USD 400

Subtotal Desarrollo Única Vez: USD 31425

Subtotal Desarrollo Mensual: USD 400

COMBINACIONES

Los valores base del proyecto, sin contar los costos de única vez y mensuales de las opciones de comunicaciones de enlace a internet son: **USD 59842** de única vez y **USD 822** mensuales

A fin de presentar las distintas combinaciones de las alternativas investigadas, se presenta a continuación los totales (incluye el valor base descripto en el párrafo anterior) de costo de única vez y costo mensual para cada opción:

Tabla 3. Costos por combinación

Combinación		Costo Única vez (USD)	Costo Mensual (USD)
Red Celular	Enlace Terrestre	60527	946
Red Celular	Red Satelital	92263	2359
Red Satelital	Enlace Terrestre	92106	2409

CONCLUSIONES

Desde que conocimos la existencia de este proyecto interdisciplinario, supimos que se nos presentaba una gran oportunidad, una opción distinta a lo que conocíamos.

Su naturaleza única, siendo la primera vez que un proyecto interdisciplinario de estas características se llevaba a cabo en la Facultad de Ingeniería. Implicó ser parte de un proyecto concreto, con alcance real, que nos enriquece tanto como alumnos, así como futuros ingenieros. Asimismo, nos ha brindado la oportunidad de retribuir a la Facultad de Ingeniería, integrante de una Universidad pública, gratuita e inclusiva, lo que nos fue dado a lo largo de la carrera, proyectando los logros hacia la sociedad.

Su característica interdisciplinaria, pudiendo ser partícipes de una experiencia donde la dinámica de trabajo equivale a proyectos profesionales del ámbito laboral. Manteniéndonos constantemente en contacto con otros grupos del proyecto encargados de las otras áreas, para poder discutir, negociar y consensuar los aspectos claves del proyecto.

Formar parte de un proyecto interdisciplinario constituyó en si mismo un gran desafío. Trabajar con otras personas que se encuentran en áreas distintas a la propia requiere tanto de una apertura de canales de dialogo y comunicación, como de apertura mental, lo que implica dedicación, paciencia, comprensión y voluntad. Requiere también ser capaces de aceptar y ver con buenos ojos, miradas y opiniones distintas a las nuestras, generando compromisos y acuerdos, en pos de lograr lo mejor para el proyecto.

Al escenario mencionado, se le sumó un evento histórico: la pandemia de **Covid19** generada por la expansión del virus **SARS-Co-V2** (del inglés, Severe Acute Respiratory Syndrome Corona Virus) en los cinco continentes. Un evento que generó un cambio de paradigma disruptivo en los usos y costumbres de relación entre los individuos de una sociedad. Como consecuencia de la pandemia, incorporamos un desafío adicional: virtualidad y trabajo remoto. Es en este entorno de trabajo que hemos llevado a cabo el intercambio de ideas y las discusiones constructivas, haciendo uso de herramientas tecnológicas de video llamadas y las presentaciones a distancia.

Debido a la naturaleza humana y a la forma en que estuvimos acostumbrados durante nuestras vidas, dicha tarea probó ser un gran desafío, quizás el desafío mas grande del proyecto. En él se pusieron a prueba todas las virtudes necesarias anteriormente mencionadas. Los conflictos que fueron ocurriendo, fruto de las relaciones humanas normales de cualquier proyecto de trabajo, quedaron ocasionalmente exacerbados, durante un periodo de tiempo en el que todos pudimos ir aclimatándonos y acostumbrándonos a los nuevos paradigmas.

Enfrentar este nuevo desafío no hubiera sido posible sin la invaluable guía y coordinación de los tutores asignados para cada especialidad en cada subgrupo, y de la tutora general coordinadora del proyecto Ing. Romina Solana. En cada una de las reuniones grupales, ellos nos ayudaron a analizar los problemas existentes, a conciliar diferencias y a encontrar formas de trabajo exitosas. A este grupo de profesionales, se sumó la valiosa tutela del Ing. Jorge Zanabria, nuestro tutor.

El aprendizaje obtenido a partir de este proyecto es enorme en todo sentido ya que hemos crecido como alumnos, como futuros profesionales, y sobre todo, como personas. Hemos desarrollado herramientas para enfrentar nuevos problemas y desafíos acercándonos al cierre del ciclo de aprendizaje de nuestra carrera como Ingenieros Electrónicos dentro de la FIUBA.

En lo que respecta a futuros pasos dentro del desarrollo de este trabajo, quien continúe el trabajo iniciado por nosotros, comenzará un detallado análisis profundizando la sincronía con las especialidades asociadas acercándose al diseño específico a construir. Trabajaran nuevamente en conjunto con compañeros de otras ingenierías, acompañados de sus miradas y con el desafío que el trabajo interdisciplinario representa.

Hemos aprendido que el desarrollo exitoso de todo proyecto requiere gran apertura mental, amplia predisposición desde lo humano y lo ingenieril, estando siempre dispuestos a escuchar opiniones diferentes, a trabajar con personas de todos los entornos y a aprender de la especialidad de los colegas.

Existe un postulado de la psicología Gestáltica que afirma que “*el todo es más que la suma de las partes*”. Gracias a la experiencia vivida, el desarrollo realizado y el trabajo en conjunto, somos capaces de ratificar este postulado. El trabajo en equipo en su dimensión más profunda de la interacción y el desarrollo de los vínculos humanos ha sido, es y será fundamental para que prospere tanto un proyecto de ingeniería, como una sociedad.

GLOSARIO

- **GIDIS:** Grupo de Investigación y Desarrollo Sustentable
- **FIUBA:** Facultad de Ingeniería
- **IOT:** *Internet of things* (Internet de las cosas)
- **IRF:** Interceptor de residuos flotantes
- **Buque³⁶:** Toda construcción flotante destinada a navegar por agua. También incluye a los buques destinados a la navegación militar y policial.
- **Catamarán:** Buque multicasco con dos cascos paralelos de igual tamaño.
- **Pontón:** Casco habitualmente en forma de paralelepípedo utilizado como plataforma flotante.
- **Proa:** Sector delantero del barco o embarcación.
- **Popa:** Sector trasero del barco o embarcación.
- **Babor:** Es el costado izquierdo de un barco o embarcación observando hacia la proa. La banda de babor, de noche, se encuentra indicada por una luz roja.
- **Estribor:** Es el costado derecho de un barco o embarcación observando hacia la proa. La banda de estribor, de noche, se encuentra indicada por una luz verde
- **Casco:** Sector del buque o embarcación que está en contacto con el agua (llamado obra viva o carena) y está compuesto por estructuras internas y forrado por hileras de planchas metálicas o listones de madera haciéndolo estanco al agua.
- **Calado:** Dimensión vertical que se mide entre el fondo (quilla plana) del barco y la superficie del agua (plano de flotación). Todos los buques tienen inscriptas la escala de calados sobre ambos costados, en proa, popa y el centro. Con la lectura del nivel de agua sobre el calado, se puede determinar entre otras cosas el peso de la carga.
- **Plano de flotación:** Plano transversal determinado por la superficie del agua que rodea al buque estando éste en reposo.
- **Línea de crujía:** Plano de simetría longitudinal que corre de proa a popa del buque.
- **Línea del través:** Plano perpendicular a la línea de crujía que corre de babor a estribor.
- **Escora (escorado):** Un buque o embarcación se encuentra escorada cuando el plano longitudinal de crujía es no perpendicular con el plano de flotación. Esta posición es opuesta a la de adrizado.

³⁶ Glosario de términos náuticos, Prefectura Naval Argentina,
<https://www.argentina.gob.ar/prefecturanaval/seguridadnavegacion/glosario>, 2022

- **Eslora máxima:** Entre los puntos más salientes de la proa y la popa del buque, representa la distancia longitudinal máxima de separación existente entre ellos. También se encuentra la eslora de flotación y la eslora entre perpendiculares que se utilizan en arquitectura naval.
- **Manga:** Es la dimensión transversal que indica el máximo ancho del buque o embarcación. Medido desde el lado externo de la cuaderna.
- **Franco Bordo:** Distancia vertical entre la cubierta corrida y el agua (plano de flotación), esta medición se efectúa al costado del buque. Como es notorio, cuanto más peso o carga se embarque en el buque, más se hundirá éste, disminuyendo su Francobordo.
- **Puntal:** Es la dimensión vertical que se mide a la mitad de la eslora. Esta es la altura desde el plano base, hasta su intersección de la cara superior de la cubierta corrida con el costado o banda del buque. Además, es la suma del Francobordo más el Calado.
- **Arqueo:** Es la medida volumétrica de los espacios internos del buque. La denominación de esta unidad de volumen es la "tonelada de arqueo", equivalente a 100 pies cúbicos, o sea, 2,832 metros cúbicos. Por medio del arqueo los buques mercantes pagan derechos de puertos, canales, remolques, etc. La autoridad marítima expide un certificado donde indica el lugar en donde se deben colocar las marcas.
- **Desplazamiento:** Se basa en el principio de Arquímedes que dice que "todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido (agua, en nuestro caso) recibe un empuje vertical, hacia arriba, igual al peso del fluido desplazado por ese cuerpo". En consecuencia, por definición, el peso del agua desalojada se denomina Desplazamiento y se expresa en toneladas.
- **Cabecear:** Uno de los movimientos del barco consistente en una elevación y descenso alternativos de la proa y la popa, debido a las olas de proa.
- **SE:** Servidor Externo
- **CS:** Computadora Secundaria
- **CP:** Computadora Principal
- **SIOT:** Server IoT
- **CC-IRF:** Computadora central del IRF

ANEXOS

- ANEXO 1: ESQUEMA DE DATOS IRF – SERVER
- ANEXO 2: SERVICIOS A PROVEER DESDE EL SERVIDOR PARA EL DASHBOARD

ANEXO 1: ESQUEMA DE DATOS IRF-SERVER

INTRODUCCIÓN

Dentro del marco del desarrollo del Interceptor de Residuos Flotantes (**IRF**), es necesario especificar, dentro del protocolo red **MQTT**, el esquema de datos entrantes y salientes a la Computadora Central del **IRF**, de ahora en más **CC-IRF**, tanto los que la **CC-IRF** enviará hacia servidor de procesamiento como los que la **CC-IRF** recibirá del grupo de Control.

OBJETIVOS

- Detallar los **tipos de datos** que entraran a la **CC-IRF** mediante la suscripción por **MQTT**
 - Detallar los **temas MQTT** a los cuales la **CC-IRF** suscribirá (y sobre los cuales el grupo de control publicará.)
- Detallar los **tipos de datos** que saldrán de la **CC-IRF** en modo de publicación **MQTT**
 - Detallar los **temas MQTT** sobre los cuales la **CC-IRF** publicará (y a los cuales el servidor suscribe.)
- Desarrollar un flujo de trabajo del **CC-IRF** para el procesamiento de los datos recibidos y la publicación de los datos a enviar.

REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

- Poder recibir y procesar los datos publicados por el grupo de control
- A partir de lo anterior, generar nuevos datos a ser enviados al sistema de servidores.
- En caso de error, generar **flags** de error para informar al servidor de esto.

DESARROLLO

La topología de red **MQTT** consiste en un modelo de **publicadores y suscriptores**. Dentro de este modelo se encuentran los clientes y los *brokers*. Los clientes tienen la capacidad de suscribir y publicar información sobre temas. Los **temas**, son identificadores sobre los cuales se transmite información. La diferencia fundamental entre los *brokers* y los clientes es que el *broker* es un nodo central encargado de conectar diversos clientes. Sean por ejemplo los clientes A y B, enlazados por un *broker*, el cliente A puede publicar sobre el tema **temperatura** una medición, y el cliente B puede estar suscrito al tema **temperatura**. El bróker lo que hará será recibir la publicación realizada por A sobre el tema **temperatura**, y hacer que llegue al cliente B, suscrito a **temperatura**.

La **CC-IRF** actuará retransmitiendo al servidor externo la información obtenida del grupo de Control, la cual será obtenida suscribiendo a los temas a los cuales control publicará. Una vez obtenidos estos datos, la **CC-IRF**, realizará una serie de procesamientos internos a modo tal de generar nuevos datos formateados que publicará en ciertos temas a los cuales estará suscrito el servidor cloud.

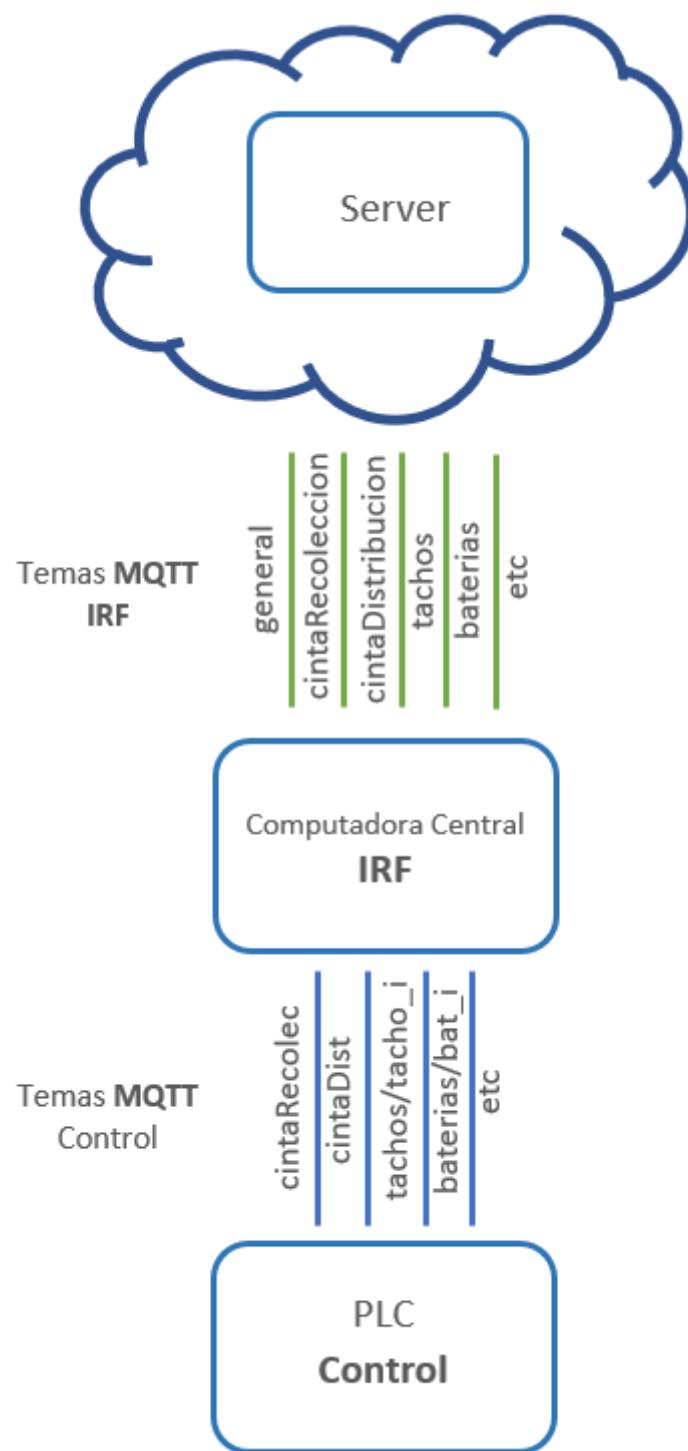


Figura 68. Esquema MQTT de conexionado entre el servidor externo, el IRF y el equipo de control.

Datos Para Mandar al Servidor

Una vez recibidos los datos publicados por el equipo de control, la **CC-IRF** procederá a generar, de forma automática, una serie de datos a publicar, que enviará al servidor:

1. General

- a. Estado (automático, mantenimiento, de comisionado)

2. Cinta de recolección

- a. Estado (girando, detenida)
- b. Corriente
- c. Velocidad
- d. Estado del río y el buffer.

3. Cinta de distribución

- a. Estado (girando, detenida)
- b. Orientación
- c. Posición
- d. Corriente
- e. Velocidad

4. Tachos (cada uno)

- a. Activo (Si es el que se está llenando.)
- b. Presente
- c. Nivel
- d. Posible error

5. Baterías

- a. Carga
- b. Posible error

Para cada uno de estos datos a enviar al servidor, se publicará sobre diversos **temas**, un archivo **JSON** (*codificado en una cadena de caracteres*) conteniendo la información correspondiente al mismo. Cada uno de los **temas** tendrá el siguiente formato:

/interceptores/interceptor_i/{tema_i}

Donde '**interceptor_i**' hará referencia al interceptor del que proviene la publicación.

Por otro lado, '**tema_i**' se referirá, específicamente, al atributo que estará comunicándose.

De este modo se indica primero quien está enviando el dato, es decir qué interceptor, y posteriormente el tema en sí. Cabe destacar que dicha distinción se hace únicamente por un tema de orden y prolijidad, y que *técnicamente* el **tema** es la oración entera.

Por ejemplo:

- Se publicará al tema */interceptores/interceptor_i/general* un archivo **JSON** conteniendo los atributos de estado generales:

```
{  
    "state": "active",  
    "events": [{"code": "1", "message": "gps alarm"}],  
    "timestamp": current_date  
}
```

- Se publicará al tema */interceptores/interceptor_i/recolectionBelt*, un archivo **JSON** contenido los atributos de la cinta de recolección:

```
{  
    "state": "active",  
    "current": "500(ma)",  
    "speed": "10(m/s)",  
    "buffer": 60,  
    "river_speed": "6(m/s)",  
    "timestamp": current_date  
}
```

- Se publicará al tema **/interceptores/interceptor_i/distributionBelt**, un archivo **JSON** conteniendo los atributos de la cinta de distribución:

```
{  
    "state": "active",  
    "orientation": "right",  
    "position": "middle",  
    "current": "500(ma)"  
    "speed": "10(m/s)",  
    "timestamp": current_date  
}
```

- Se publicará al tema **/interceptores/interceptor_i/containers**, un archivo **JSON** conteniendo los atributos de cada tacho:

```
{"data": [  
    {  
        "active": false,  
        "level": "80",  
        "available": true,  
        "error": 0  
    },  
    {  
        "active": true,  
        "level": "20",  
        "available": true,  
        "error": 0  
    },  
    {  
        "active": true,  
        "level": "100",  
        "available": false,  
        "error": 0  
    }]
```

```
},
{...}
],
"timestamp": current_date
}
```

- Se publicará al tema **/interceptores/interceptor_i/batteries**, un archivo **JSON** conteniendo los atributos de la cinta de distribución:

```
{"data": [
{
  "charge": "100",
  "errors": [<error>]
},
{
  "charge": "100",
  "errors": [<error>]
},
{...}
],
"timestamp": current_date
}
```

Datos Para Recibir por CC-IRF, publicados por control

Conforme las mediciones son realizadas y los datos son obtenidos por el **PLC**, el grupo de Control deberá enviarlos a la **CC-IRF** utilizando el protocolo **MQTT** publicando en determinados temas.

Estos datos serán:

1. **Cinta de recolección: Tema => cintaRecolec**
 - a. Estado (girando, detenida)
 - b. Orientación

- c. Posición
- d. Corriente
- e. Velocidad
- f. Estado del buffer y río.

2. **Cinta de distribución: Tema => *cintaDist***

- a. Estado (giro, detenida)
- b. Orientación
- c. Posición
- d. Corriente
- e. Velocidad

3. **Tacho i-esimo: Tema => *tachos/tacho_i***

- a. Activo
- b. Presente
- c. Nivel
- d. Error

4. **Batería i-esima: Tema => *baterias/bateria_i***

- a. Carga
- b. Presente

Datos Para Recibir por CC-IRF, publicados por server

Conforme el usuario administrador a cargo del Dashboard decide inicializar o parar el interceptor, presiona los botones de marcha y parada los cuales transmitirán un mensaje a la **CC-IRF**.

Los comandos de pedido de marcha y parada serán publicados por el servidor sobre el tema **/interceptores/interceptor_i/start_request**, para iniciar al interceptor, y sobre el tema **/interceptores/interceptor_i/stop_request**, para generar un pedido de parada.

Del mismo modo que funcionan el resto de los temas, al recibir un mensaje, la rutina decodificará sobre qué tema se recibió el mismo, cuál es su mensaje, y en consecuencia

emitirá un correspondiente mensaje (en este caso a control/**PLC**) para la puesta en marcha/ parada del **IRF**.

Una vez recibido el pedido, el sistema de control decidirá si las condiciones son válidas, o no, para encender o apagar el sistema, de forma que emitirá mensajes de aceptación o rechazo del pedido. Los temas para enviar la respuesta al servidor serán **/interceptores/interceptor_i/start_response**

/interceptores/interceptor_i/stop_response que tendrán el siguiente formato:

```
{  
    "status": "accepted" or "rejected",  
    "timestamp": current_date  
}
```

Una vez que el servidor reciba la respuesta, dará por finalizado el request enviado por el Dashboard, el cual informará al usuario del resultado.

ESQUEMA FUNCIONAL

Rutina de **Inicialización**:

1. Se establece como trabajara el protocolo **MQTT**
2. Se establece a la **CC-IRF** como *broker* local y como **nodo** global.
3. Se suscribe a **temas** de Control
4. Se especifica sobre qué temas se publicará

```
inicialización(){  
    definir temasASubscribir => ArregloDeTemasASubscribir();  
    definir temasAPublicar => ArregloDeTemasAPublicar();  
  
    inicializarMQTT();  
  
    subscribirATemas(con: temasASuscribir);  
    publicarATemas(con: temasAPublicar);
```

```
}
```

Loop Continuo:

```
loop(){  
}
```

Rutina al recibir un **tema** sobre cual se está suscrito:

1. Se reconoce que llega
2. Se procesa y genera nuevo **JSON**
3. Se publica **JSON** sobre **tema** correspondiente

```
messageReceived(with: topic, message) {  
  
    identifyArrivedTopic(with: topic, thenDo: processMessage(thenDo:  
publishNewMessage));  
  
}  
  
identifyArrivedTopic(with: topic, message, thenDo: process) {  
  
    identifiedTopic = identify(topic);  
  
    topicToPublish = getTopicToPublish();  
    process(with: topicToPublish, message, thenDo: publishNewMessage);  
}  
processMessage(with: topicToPublish, message, thenDo: publish) {  
  
    define processedInfo => process(message);  
  
    publish(onTopic: topicToPublish, with: processedInfo);
```

```
}
```

```
publishNewMessage(onTopic: topic, with: processedInfo) {
```

```
    <processing code>
```

```
}
```

ANEXO 2: SERVICIOS A PROVEER DESDE EL SERVIDOR PARA EL DASHBOARD

INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista del *Dashboard*, se anexa este apartado que contiene el listado de todos los servicios a proveer desde el servidor para poder conectar la interfaz generada con datos reales y funcionales.

Servicios de usuario

Generar sesión

- Endpoint: {base-url}/users/session
- Método: POST
- Protocolo: HTTP
- Descripción: Tiene como objetivo, a partir de un nombre de usuario y contraseña, generar el token **JWT** de autorización para los subsecuentes pedidos al servidor.
- Body:

```
{  
  "username": <nombre de usuario>,  
  "password": <password>  
}
```

- Response (200):

```
{  
  "message": "Se ha iniciado sesión exitosamente",  
  "authorization": <token de JWT>  
}
```

Obtener datos de usuario autentificado

- Endpoint: {base-url}/users
- Método: GET
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization

- Descripción: Tiene como objetivo traer los datos del usuario identificado por el header de Authorization. Contiene información personal, así como el rol que determina los permisos de este.
- Response (200):

```
{  
  "name": <nombre personal>,  
  "role": <"Administrador", "Supervisor" o "Operario">,  
  "file_number": <número de legajo>  
}
```

Obtener últimas notificaciones de usuario

- Endpoint: {base-url}/users/last_notifications
- Método: GET
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization
- *Query parameters*: page_size (entero), page_number (entero) para paginado.
- Descripción: Obtiene las notificaciones del usuario ordenadas empezando por la última. Incluye parámetros de paginado (tamaño de página y número de página). Los flags is_warning, is_achievement e is_error, determinan el color con el que se muestran en pantalla.
- Response (200):

```
[  
  {  
    "id": <id del interceptor en la BBDD>,  
    "tag": <tag de interceptor>,  
    "alias": <alias del interceptor>,  
    "content": <contenido de texto de la notificación>,  
    "is_warning": <true o false>,  
    "is_achievement": <true o false>,  
    "is_error": <true o false>  
  },  
  ...  
]
```

Notificación entrante

- Protocolo: MQTT
- Tópico: interceptor/{id}/notification

- Descripción: Es un mensaje **MQTT** que debe recibir el Dashboard cuando una nueva notificación entra. El contenido debe ser un objeto **JSON** similar al del ejemplo anterior, pero transformado en una cadena de caracteres.

```
"  
{  
    "id": <id del interceptor en la BBDD>,  
    "tag": <tag de interceptor>,  
    "alias": <alias del interceptor>,  
    "content": <contenido de la notificación>,  
    "is_warning": <true o false>,  
    "is_achievement": <true o false>,  
    "is_error": <true o false>  
}  
"
```

Obtener interceptores asignados al usuario:

- Endpoint: {base-url}/interceptors
- Método: GET
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization
- Descripción: Obtiene los interceptores asignados al usuario, siendo la totalidad de estos si el usuario es administrador. Además, trae información de si su estado permite iniciar, o no, un pedido de arranque o parada.
- Response (200):

```
[  
{  
    "id": <id del interceptor en la BBDD>,  
    "tag": <tag de interceptor>,  
    "alias": <alias del interceptor>,  
    "statusLabel": <etiqueta de estado>,  
    "status_color": <color de la etiqueta>,  
    "can_start": <true o false>,  
    "can_stop": <true o false>  
},  
...  
]
```

Servicios de interceptor

Generar pedido de marcha

- Endpoint: {base-url}/interceptors/{id}/start_request
- Método: POST
- Protocolo: HTTP
- Descripción: Genera un pedido de marcha para un interceptor en particular. El servidor, al recibirla, deberá encargarse de gestionarlo con el interceptor en cuestión, que decidirá si lo acepta, o no, dadas sus condiciones de operación actual. El servidor deberá generar una notificación vía **MQTT** al usuario con la respuesta de aceptación o rechazo del mismo.
- Response (200):

```
{  
  "message": "Pedido de marcha recibido."  
}
```

Generar pedido de parada

- Endpoint: {base-url}/interceptors/{id}/stop_request
- Método: POST
- Protocolo: HTTP
- Descripción: Es similar al pedido de marcha, pero para generar la parada.
- Response (200):

```
{  
  "message": "Pedido de parada recibido."  
}
```

Estado de interceptor

- Protocolo: MQTT
- Tópico: interceptor/{id}/status
- Descripción: Es una actualización del estado del interceptor en cuestión. El mismo es un objeto **JSON** convertido a cadena de caracteres.

```

"
{
  "id": <id del interceptor en la BBDD>,
  "status_label": <etiqueta de estado>,
  "status_color": <color de la etiqueta>,
  "can_start": <true o false>,
  "can_stop": <true o false>
  "collection": {
    "blink_color": <color de la cinta de recolección en la interfaz>,
    "buffer_capacity": <"0" a "100">,
    "river_speed": <velocidad del río>
    "motor_speed": <velocidad del motor (como cadena)>,
    "motor_current": <corriente del motor (como cadena)>
  },
  "distribution": {
    "position": <posición de la cinta: 0 a 4>,
    "direction": <dirección de la cinta: "left" o "right">,
    "blink_color": <color de la cinta de distribución en la interfaz>,
    "motor_speed": <velocidad del motor (como cadena)>,
    "motor_current": <corriente del motor (como cadena)>
  },
  "containers": [
    {
      "active": <true o false>,
      "level": <0 a 100>,
      "available": <true o false>,
      "blink_color": <color del container en la interfaz>
    },
    ...
  ],
  "batteries": [
    {
      "charge": <0 a 100>,
      "errors": [<array con strings de errores a mostrar>]
    },
    ...
  ]
}
"

```

Servicios de análisis de performance

Obtener datos de performance para gráficos

- Endpoint: {base-url}/interceptors/{id}/performance
- Método: GET
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization

- Descripción: Obtiene información de performance para los gráficos de la sección de análisis de performance. Contiene datos para el análisis de tiempos por estado, el estado actual de los contenedores, la recolección semanal y el histograma de operación.
- Response (200):

```
{  
  "status": {  
    "today": [  
      {  
        "key": <estado>,  
        "label": <etiqueta del estado>,  
        "value": <tiempo en ese estado en horas>,  
        "color": <color del estado>  
      },  
      ...  
    ],  
    "week": [  
      {  
        "key": <estado>,  
        "label": <etiqueta del estado>,  
        "value": <tiempo en ese estado>,  
        "color": <color del estado>  
      },  
      ...  
    ],  
    "month": [  
      {  
        "key": <estado>,  
        "label": <etiqueta del estado>,  
        "value": <tiempo en ese estado>,  
        "color": <color del estado>  
      },  
      ...  
    ]  
    "containers": [  
      {  
        "container": <identificador del contenedor para eje x>,  
        "level": <nivel del contenedor para eje y>  
      },  
      ...  
    ],  
    "weekly_recolection": [  
      {  
        "day": <etiqueta de día para eje x>,  
        "value": <valor de recolección en m3/día para eje y>  
      },  
      ...  
    ],  
  }  
}
```

```
"operation_histogram": [
  {
    "range": <etiqueta para el rango en eje x>,
    "count": <valor del eje y en veces>
  },
  ...
]
```

Servicios de diagnóstico

Obtener diagnóstico

- Endpoint: {base-url}/interceptors/{id}/diagnostic
- Método: GET
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization
- Descripción: Obtiene los datos de diagnóstico para un determinado interceptor.
Se trata de una secuencia de secciones para separar distintas partes del interceptor. Dentro de cada sección hay una secuencia de ítems, que se componen de una etiqueta de estado, su color, y un texto de aclaración a mostrar en pantalla en caso de ser necesario.
- Response (200):

```
[
  {
    "id": <identificador de la sección>,
    "title": <título de la sección>,
    "elements": [
      {
        "id": <identificador del ítem>,
        "name": <nombre del ítem>,
        "status": <etiqueta de estado: "OK", "ERROR" u "OFFLINE" >,
        "color": <color del estado>,
        "helper_text": <texto de aclaración>
      },
      ...
    ],
    ...
  ],
  ...
]
```

Obtener historial de mediciones

- Endpoint: {base-url}/interceptors/{id}/measurements
- Método: GET
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization
- Query parameters: start_time y end_time, como ISO strings.
- Descripción: Obtiene registros de mediciones para la generación de un archivo CSV.
- Response (200):

```
[  
 {  
   "type": <tipo de medición: "velocidad", "corriente", etc>,  
   "target": <elemento al cual pertenece: "motor de la cinta de recolección", "contenedor  
 3", "buffer", etc>,  
   "value": <valor (string)>,  
   "unit": <unidad (string)>  
 },  
 ...  
 ]
```

Servicios para mantenimiento

Obtener operadores asignados al interceptor

- Endpoint: {base-url}/interceptors/{id}/operators
- Método: GET
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization
- Descripción: Obtiene un listado de todos los operadores asignados a ese interceptor.
- Response (200):

```
[  
 {  
   "id": <id del operador en la BBDD>,  
   "name": <nombre del operador>,  
   "file_number": <legajo del operador>  
 },  
 ...
```

```
]
```

Obtener mantenimientos requeridos

- Endpoint: {base-url}/interceptors/{id}/current_maintenances
- Método: GET
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization
- Descripción: Obtiene un listado de todos los mantenimientos requeridos para el interceptor en el momento actual, programados previamente por el servidor.
- Response (200):

```
[  
 {  
   "id": <id de mantenimiento en la BBDD>,  
   "name": <nombre del mantenimiento>,  
   "description": <descripción a mostrar en formato markdown>  
 },  
 ...  
 ]
```

Obtener mantenimientos a realizar en los próximos días

- Endpoint: {base-url}/interceptors/{id}/next_maintenances
- Método: GET
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization
- Descripción: Obtiene un listado de todos los mantenimientos a mostrar en la sección de mantenimientos a realizar en los próximos días.
- Response (200):

```
[  
 {  
   "id": <id de mantenimiento en la BBDD>,  
   "name": <nombre del mantenimiento>,  
   "description": <descripción a mostrar en formato markdown>  
   "remaining": <tiempo restante (string)>  
 },  
 ...  
 ]
```

Alta de mantenimiento:

- Endpoint: {base-url}/interceptors/{id}/current_maintenances/{id de mantenimiento}
- Método: POST
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization
- Descripción: Servicio para indicar que un mantenimiento ha sido realizado. El mismo es utilizado sólo si se trata de un usuario administrador o supervisor. Requiere el envío del id del operador que realizó el mantenimiento en campo, la fecha en la que se realizó, y un *flag* indicador de si se trataba de un mantenimiento programado por el servidor, o uno imprevisto.
- Body:

```
{  
  "operator_id": <id del operador que realizó el mantenimiento en campo>,  
  "date": <fecha de realización (como ISO string)>,  
  "scheduled": <true o false>  
}
```

- Response (200):

```
{  
  "message": "Alta de mantenimiento exitosa."  
}
```

Historial de altas

- Endpoint: {base-url}/interceptors/{id}/maintenance_history
- Método: GET
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization
- Query parameters: page_size y page_number para paginado.
- Descripción: Obtiene un listado de todos los últimos mantenimientos que fueron dados de alta.
- Response (200):

```
[
```

```
{  
    "id": <id de alta de mantenimiento>,  
    "name": <nombre del mantenimiento>,  
    "operator": <nombre del operador>,  
    "operator_id": <id del operador en la BBDD>,  
    "creator": <nombre del usuario que dió el alta>,  
    "creator_id": <id del usuario que dió el alta>,  
    "submit_date": <fecha de alta>,  
    "scheduled": <indicador de si fue planificado: true o false>  
},  
...  
]
```

Servicios para visualización de cámaras:

Obtener datos de conexión con las cámaras:

- Endpoint: {base-url}/interceptors/{id}/cameras
- Método: GET
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization
- Descripción: Obtiene los datos para conectarse a cada una de las cámaras.
- Response (200):

```
[  
{  
    "id": <id de cámara>,  
    "description": <etiqueta con descripción de la cámara>,  
    "url": <url de la cámara>  
},  
...  
]
```

Servicios de administrador de mantenimientos (Alta - Baja - Modificación)

Los siguientes servicios son accesibles sólo para usuarios administradores. En los mismos, cuando hablamos de mantenimiento, no hablamos de instancias particulares como en los servicios anteriores, sino que hablamos de las "plantillas" que le permiten al servidor planificar los mismos. Estas "plantillas" contienen las descripciones base de los mismos, así como los campos de datos que contienen los intervalos de tiempo que el servidor utiliza posteriormente para generar la planificación.

Obtener mantenimientos posibles:

- Endpoint: {base-url}/admin/maintenances
- Método: GET
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization
- Descripción: Obtiene un listado de todos los mantenimientos, o mejor dicho las "plantillas" de los mismos.
- Response (200):

```
[  
 {  
   "id": <id del mantenimiento en la BBDD>,  
   "name": <nombre del mantenimiento>,  
   "frequency_weeks": <semanas entre las cuales se programa>,  
   "frequency_days": <días entre los cuales se programa>,  
   "frequency_hours": <horas entre las cuales se programa>,  
   "description": <descripción en formato markdown>  
 },  
 ...  
 ]
```

Crear mantenimiento

- Endpoint: {base-url}/admin/maintenances
- Método: POST
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization
- Descripción: Crea un mantenimiento, o mejor dicho una "plantilla" del mismo. Posterior a su generación, el servidor deberá empezar a planificarlo para todos los interceptores, según el intervalo de tiempo especificado.
- Body

```
{  
   "name": <nombre del mantenimiento>,  
   "frequency_weeks": <semanas entre las cuales se programa>,  
   "frequency_days": <días entre los cuales se programa>,  
   "frequency_hours": <horas entre las cuales se programa>,  
   "description": <descripción en formato markdown>  
 }
```

- Response (200):

```
{  
  "message": "Mantenimiento creado exitosamente."  
}
```

Editar mantenimiento

- Endpoint: {base-url}/admin/maintenances/{id}
- Método: PUT
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization
- Descripción: Actualiza la información de un mantenimiento, o mejor dicho de la "plantilla" del mismo.
- Body

```
{  
  "name": <nombre del mantenimiento>,  
  "frequency_weeks": <semanas entre las cuales se programa>,  
  "frequency_days": <días entre los cuales se programa>,  
  "frequency_hours": <horas entre las cuales se programa>,  
  "description": <descripción en formato markdown>  
}
```

- Response (200):

```
{  
  "message": "Mantenimiento actualizado exitosamente."  
}
```

Borrar mantenimiento

- Endpoint: {base-url}/admin/maintenances/{id}
- Método: DELETE
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization
- Descripción: Borra un mantenimiento, o mejor dicho la "plantilla" del mismo.
Posterior a esto, el mismo no se planificará nunca más.
- Response (200):

```
{  
  "message": "Mantenimiento eliminado exitosamente."  
}
```

Servicios de administrador de interceptores (Alta - Baja - Modificación)

El siguiente listado de servicios también es sólo accesible para usuarios administradores.

Tienen que ver con la alta, baja y modificación de interceptores registrados en el sistema.

Obtener listado de interceptores

- Endpoint: {base-url}/admin/interceptors
- Método: GET
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization
- Query parameters: page_size y page_number (para paginado).
- Descripción: Obtiene un listado de todos los interceptores registrados en el sistema.
- Response (200):

```
[  
  {  
    "id": <id del interceptor en la BBDD>,  
    "tag": <tag del interceptor>,  
    "alias": <alias del interceptor>,  
    "camera_1_url": <url de la cámara 1>,  
    "camera_1_description": <etiqueta de descripción>,  
    ...  
  },  
  ...  
]
```

Crear interceptor

- Endpoint: {base-url}/admin/interceptors
- Método: POST
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization

- Descripción: Crea un interceptor en el sistema. Requiere asignar un número de tag, un alias para identificarlo, y los datos de las cámaras. En caso de que alguno de estos parámetros no sea válido, se deberá responder con un 400 (bad request) y un mensaje de error.
- Body:

```
{  
  "tag": <tag del interceptor>,  
  "alias": <alias del interceptor>,  
  "camera_1_url": <url de la cámara 1>,  
  "camera_1_description": <etiqueta de descripción>,  
  ...  
},
```

- Response (200):

```
{  
  "message": "Interceptor creado exitosamente."  
}
```

- Response (400):

```
{  
  "message": <mensaje con los datos inválidos>  
}
```

Editar interceptor

- Endpoint: {base-url}/admin/interceptors/{id}
- Método: PUT
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization
- Descripción: Edita la información de un interceptor registrado en el sistema.
- Body:

```
{  
  "tag": <tag del interceptor>,  
  "alias": <alias del interceptor>,  
  "camera_1_url": <url de la cámara 1>,  
  "camera_1_description": <etiqueta de descripción>,  
  ...  
},
```

- Response (200):

```
{  
  "message": "Interceptor actualizado exitosamente."  
}
```

- Response (400):

```
{  
  "message": <mensaje con los datos inválidos>  
}
```

Borrar interceptor

- Endpoint: {base-url}/admin/interceptors/{id}
- Método: DELETE
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization
- Descripción: Borra un interceptor del sistema.
- Response (200):

```
{  
  "message": "Interceptor eliminado exitosamente."  
}
```

Servicios de administrador de usuarios (Alta - Baja - Modificación)

El siguiente listado de servicios es también sólo accesible para usuarios administradores.

Tienen que ver con la alta, baja y modificación de usuarios registrados en el sistema. Se contará con un usuario *root* para dar de alta a los demás administradores.

Obtener listado de usuarios:

- Endpoint: {base-url}/admin/users
- Método: GET
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization
- Query parameters: page_size y page_number (para paginado).
- Descripción: Obtiene un listado de todos los usuarios registrados en el sistema.

- Response (200):

```
[  
 {  
   "id": <id del usuario en la BBDD>,  
   "file_number": <legajo del usuario>,  
   "username": <nombre de usuario>,  
   "name": <nombre de la persona>,  
   "role": <"Administrador", "Supervisor" u "Operador">  
   "assigned_interceptors_ids": [<listado de ids de interceptores asignados al usuario>]  
 },  
 ...  
 ]
```

Crear usuario

- Endpoint: {base-url}/admin/users
- Método: POST
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization
- Descripción: Crea un usuario en el sistema. Requiere asignar un número de legajo, un nombre de usuario, una contraseña, el nombre de la persona, el rol, y los id de interceptores que tenga asignados (no requerido si es un usuario administrador). En caso de que alguno de estos parámetros no sea válido, se deberá responder con un 400 (bad request) y un mensaje de error.
- Body:

```
{  
   "file_number": <legajo del usuario>,  
   "username": <nombre de usuario>,  
   "password": <contraseña para el usuario>,  
   "name": <nombre de la persona>,  
   "role": <"Administrador", "Supervisor" u "Operador">  
   "assigned_interceptors_ids": [<listado de ids de interceptores asignados al usuario>]  
 },
```

- Response (200):

```
{  
   "message": "Usuario creado exitosamente."  
 }
```

- Response (400):

```
{  
  "message": <mensaje con los datos inválidos>  
}
```

Editar usuario

- Endpoint: {base-url}/admin/users/{id}
- Método: PUT
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization
- Descripción: Edita la información de un usuario registrado en el sistema. La contraseña es un parámetro opcional.
- Body:

```
{  
  "file_number": <legajo del usuario>,  
  "username": <nombre de usuario>,  
  "password": <contraseña para el usuario>,  
  "name": <nombre de la persona>,  
  "role": <"Administrador", "Supervisor" u "Operador">  
  "assigned_interceptors_ids": [<listado de ids de interceptores asignados al usuario>]  
},
```

- Response (200):

```
{  
  "message": "Usuario actualizado exitosamente."  
}
```

- Response (400):

```
{  
  "message": <mensaje con los datos inválidos>  
}
```

Borrar usuario

- Endpoint: {base-url}/admin/users/{id}
- Método: DELETE
- Protocolo: HTTP
- Headers: Authorization

- Descripción: Borra un usuario del sistema.
- Response (200):

```
{  
    "message": "Usuario eliminado exitosamente."  
}
```