



FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE REGISTRO DE CONSUMO DE
COMBUSTIBLE PARA EMBARCACIÓN AMPATO - EMPRESA IAN TAYLOR**

**Línea de investigación:
Sistemas eléctricos y electrónicos**

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecatrónico

Autor

Soriano Rosas, Christian Richard

Asesor

Cernaqué Vera, Julio César

ORCID: 0009-0005-0855-5152

Jurado

Solis Fonseca, Justo Pastor

Flores Masias, Edward José

Peña Carrillo, Cesar Serapio

Lima - Perú

2026

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE REGISTRO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE PARA EMBARCACIÓN AMPATO - EMPRESA IAN TAYLOR

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

2

sensores-de-medida.es

Fuente de Internet

<1 %

3

www.1strediskozalesak.cz

Fuente de Internet

<1 %

4

www.empresastaylor.com

Fuente de Internet

<1 %

5

repositorio.uni.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

6

www.deltaprotect.com

Fuente de Internet

<1 %

7

huru.unsj.edu.ar

Fuente de Internet

<1 %

8

www.moldtrans.com

Fuente de Internet

<1 %



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA E INFORMATICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE REGISTRO DE CONSUMO DE
COMBUSTIBLE PARA EMBARCACIÓN AMPATO - EMPRESA IAN TAYLOR**

Línea de investigación:
Sistemas Eléctricos y Electrónicos

**Informe Modalidad Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero
Mecatrónico**

Autor
Soriano Rosas, Christian Richard

Asesor
Cernaqué Vera, Julio César
ORCID: 0009-0005-0855-5152

Jurado
Solis Fonseca, Justo Pastor
Flores Masias, Edward José
Peña Carrillo, Cesar Serapio

Lima - Perú
2026

DEDICATORIA

A mis queridos padres por el apoyo constante e incondicional, a los docentes de nuestra facultad FIEI por la formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A Dios todo poderoso por guiarme y acompañarme por el camino correcto, iluminándome con esplendor en los momentos más críticos de la vida.

A la acreditada Universidad Nacional Federico Villareal, por permitirme continuar con mis estudios hasta lograr uno de los objetivos trazados, logrando enriquecer mis conocimientos, asimismo a todos los docentes que plasmaron sus conocimientos con nosotros y que hicieron lo posible para lograr mi meta profesional.

Al mentor, Mg. Ing. Julio Cesar Cernaque Vera, por su paciencia y su buena pedagogía, que me direcciono en el camino correcto de la investigación.

A mis compañeros de estudios y docentes de la facultad ingeniería mecatrónica de la FIEI. Con la que compartimos todo ese espacio de estudios inolvidables.

ÍNDICE

RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. TRAYECTORIA DEL AUTOR.....	13
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	13
<i>1.2.1. Misión</i>	<i>14</i>
<i>1.2.2. Visión</i>	<i>14</i>
1.3. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA	17
1.4. ÁREAS Y FUNCIONES DESEMPAÑADAS.....	17
II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA.....	19
2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
<i>2.1.1. Determinación del Problema.....</i>	<i>19</i>
<i>2.1.2. Problema Principal.....</i>	<i>20</i>
<i>2.1.3. Problemas Secundarios</i>	<i>20</i>
<i>2.1.4. Objetivo Principal.....</i>	<i>20</i>
<i>2.1.5. Objetivos Secundarios</i>	<i>20</i>
<i>2.1.6. Justificación</i>	<i>21</i>
<i>2.1.7. Alcances y Limitaciones.....</i>	<i>22</i>
2.2. MARCO TEÓRICO	23
<i>2.2.1. Antecedentes Bibliográficos.....</i>	<i>23</i>
<i>2.2.2. Bases Teóricas</i>	<i>25</i>
<i>2.2.3. Definición de Términos.....</i>	<i>41</i>

2.3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN	42
2.3.1. Metodología de la Solución	42
2.3.2. Desarrollo de la Solución	55
2.3.3. Factibilidad Técnica–Operativa	84
2.3.4. Cuadro de Inversión	87
2.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	89
2.4.1. Análisis Costo – Beneficio	89
2.4.2. Costos Asociados al Proyecto.....	89
2.4.3. Identificación de Beneficios Económicos	89
III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA.....	92
3.1. BENEFICIO ECONÓMICO ANUAL TOTAL	92
3.2. PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PAYBACK).....	92
3.3. ANÁLISIS DEL COSTO – BENEFICIO	92
IV. CONCLUSIONES	93
V. RECOMENDACIONES.....	95
VI. REFERENCIAS	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Detalle de los motores y las cantidades de equipos</i>	44
Tabla 2 <i>Equipos instalados en el tablero de control FieldLogger + HMI</i>	52
Tabla 3 <i>Equipos instalados en el tablero de control comunicación GPRS</i>	53
Tabla 4 <i>Señales de campo de los medidores de flujo.....</i>	56
Tabla 5 <i>Inversión para el diseño e implementación del sistema de registro de consumo de combustible</i>	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Logo de las empresas proveedoras</i>	16
Figura 2 <i>Etiquetas de Funciones</i>	25
Figura 3 <i>Medidor de Flujo de combustible DFM</i>	27
Figura 4 <i>Caudalímetro de desplazamiento positivo</i>	29
Figura 5 <i>Caudalímetro tipo Coriolis</i>	30
Figura 6 <i>Registrador de datos FieldLogger</i>	31
Figura 7 <i>Modem GPRS Airgate-3G</i>	35
Figura 8 <i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>	37
Figura 9 <i>Embarcación TAYCO AMPATO de la empresa IAN TAYLOR</i>	38
Figura 10 <i>Motor Diésel Nigata 6L28HX</i>	39
Figura 11 <i>Combustible diésel</i>	40
Figura 12 <i>Vista de Planta Embarcación AMPATO</i>	44
Figura 13 <i>Flujómetro CIXI CX-OGFM</i>	46
Figura 14 <i>Flujómetro CIXI Instalado en la Embarcación AMPATO</i>	46
Figura 15 <i>Registrador FieldLogger</i>	48
Figura 16 <i>AirGate 3G</i>	50
Figura 17 <i>Sistema de Registro y Monitoreo de Consumo de Combustible</i>	51
Figura 18 <i>Gabinete de Control FieldLogger + HMI</i>	52
Figura 19 <i>Gabinete de Control de comunicación GPRS</i>	53
Figura 20 <i>Circuito de comunicación vía internet instalado</i>	54
Figura 21 <i>Instrumentos que conforman el sistema de registro y comunicación GPRS</i>	57
Figura 22 <i>Ventana de configurador del FieldLogger</i>	58

Figura 23 <i>Ventana de configurador del FieldLogger – Configuraciones iniciales</i>	59
Figura 24 <i>Ventana de nueva configuración</i>	59
Figura 25 <i>Ventana de configuraciones generales</i>	60
Figura 26 <i>Ventana de Interfaz RS485</i>	61
Figura 27 <i>Ventana de Interfaz Ethernet</i>	62
Figura 28 <i>Ventana de configuración de los canales analógicos</i>	63
Figura 29 <i>Rangos de medición de los medidores de flujo</i>	64
Figura 30 <i>Ventana de configuración de los canales digitales</i>	65
Figura 31 <i>Ventana de configuración de los canales remotos</i>	66
Figura 32 <i>Ventana de configuración de los canales virtuales</i>	67
Figura 33 <i>Ventana de configuración de alarmas</i>	70
Figura 34 <i>Ventana de configuración de registros</i>	71
Figura 35 <i>Ventana de envío de configuraciones al FieldLogger</i>	72
Figura 36 <i>Hardware del AirGate 3G</i>	73
Figura 37 <i>Ventana de ingreso al AirGate 3G</i>	73
Figura 38 <i>Ventana de actualización de fecha y hora</i>	74
Figura 39 <i>Ventana de configuración de acceso a internet</i>	75
Figura 40 <i>Ventana de configuración de chip celular</i>	75
Figura 41 <i>Ventana de configuración de la conexión a internet</i>	76
Figura 42 <i>Ventana de configuración de la red serial RS485 – Maestro Modbus</i>	76
Figura 43 <i>Comandos de Comunicación Modbus del FieldLogger</i>	77
Figura 44 <i>Ventana de configuración de los canales remotos</i>	78
Figura 45 <i>Ventana de estados de los canales remotos</i>	79

Figura 46 <i>Ventana de configuración de envío de datos a Novus Cloud</i>	79
Figura 47 <i>Plataforma de inscripción a Novus Cloud</i>	80
Figura 48 <i>Ventana de creación de nuevo dispositivo</i>	81
Figura 49 <i>Mensaje de creación de nuevo dispositivo</i>	81
Figura 50 <i>Plataforma de Novus Cloud</i>	82
Figura 51 <i>Dashboard y Widgets creados para los canales remotos</i>	83

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo el diseño e implementación de un sistema automatizado para el registro del consumo de combustible en la embarcación Ampato, de la empresa IAN TAYLOR. Su finalidad fue optimizar el control del consumo de diésel, reduciendo sus pérdidas económicas, logrando su eficiencia operativa, por lo que supero las limitaciones de su sistema anterior. Que se basó en la utilización de varillas de sondaje, la cual presento deficiencias en precisión y confiabilidad debido a factores como: el error humano, el movimiento de la embarcación y la variación de la temperatura del combustible. Se utilizó una metodología de investigación aplicada, descriptiva y tecnológica, comenzando con un diagnóstico del sistema vigente. Se desarrolló un sistema basado en flujómetros de desplazamiento positivo, un registrador de datos NOVUS FieldLogger y el equipo de comunicación GPRS, para el monitoreo en tiempo real. Este nuevo sistema permitió la adquisición precisa y almacenamiento seguro de datos, eliminando mediciones manuales y errores asociados. Los resultados demostraron una mejora significativa en el control del consumo y una rentabilidad económica con un periodo de recuperación de menos de un año, por lo que se evidencio su viabilidad y potencial, lo cual se replicó en otras embarcaciones.

Palabra clave: consumo de combustible, flujómetro, embarcación, monitoreo, registro de datos, diésel.

ABSTRACT

This research project aimed to design and implement an automated system for recording fuel consumption on the vessel Ampato, owned by the company IAN TAYLOR. Its purpose was to optimize diesel consumption control, reducing economic losses and improving operational efficiency, thus overcoming the limitations of the previous system. The previous system relied on sounding rods, which presented deficiencies in accuracy and reliability due to factors such as human error, vessel movement, and fuel temperature variations. An applied, descriptive, and technological research methodology was used, beginning with a diagnosis of the existing system. A new system was developed based on positive displacement flow meters, a NOVUS FieldLogger data logger, and GPRS communication equipment for real-time monitoring. This new system allowed for the precise acquisition and secure storage of data, eliminating manual measurements and associated errors. The results demonstrated a significant improvement in fuel consumption control and economic profitability with a payback period of less than one year, thus proving its viability and potential, which was subsequently replicated on other vessels.

Keywords: fuel consumption, flow meter, vessel, monitoring, data logging, diesel.

I. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se centró en mejorar el sistema de medición de combustible de la embarcación Ampato de la empresa IAN TAYLOR, su objetivo fue evitar la pérdida del carburante (diésel), generado por mal manejo de los navieros, dicho combustible se encontró dentro de los tanques de almacenamiento, y fueron utilizados para poner en funcionamiento de los motores de las navieras para llevar a cabo sus labores en alta mar. En este contexto, los registros de control se efectuaron en forma manual con varillas de acero con escala métricas en forma tradicional, resultando este proceso más extendido, el personal a cargo frecuentemente cometió errores, generando un control inadecuado del registro del diésel, mostrando un desfase en el consumo de los mismos, dentro de la embarcación, y el desabastecimiento del combustible fue constante y no coincidieron con el gasto de la nave.

El avance de la tecnología nos mostró innovaciones en el campo de la ingeniería mecatrónica, lo cual nos permitió adaptarnos y optimizar los procedimientos en el sistema de control de acuerdo con la evolución tecnológica del momento, relacionados con la instrumentación, regulación y el software de diseño, esto nos permitió crear un sistema que formalizo el consumo de diésel entregado al personal de la naviera de la embarcación, para su correcto uso, se buscó una optimización correcta en la utilización del combustible y redujo los costos coligados.

El presente trabajo se ajustó al diseño e implementación de un sistema de registro de consumo de combustible de la embarcación Ampato de la empresa IAN TAYLOR, con la finalidad de mejorar el sistema de control del consumo del carburante. Por lo que, se ajustó a los requisitos establecidos y se persiguió siempre el objetivo concreto, incluido el control legal, normativo y administrativo. Su importancia radico en su apoyo continuo en los procesos de toma de decisiones

y en la minimización de costes imprevistos. Las tecnologías de la información y la comunicación fueron esenciales para planificación y supervisión eficazmente este proyecto.

1.1. Trayectoria del Autor

Durante cerca de los cinco años de experiencia laboral en la empresa Zamtsu Corporación he tenido la oportunidad de trabajar en diferentes rubros y con diferentes carteras de clientes, conociendo y manejando diferentes instrumentos de medición de mucha utilidad para las empresas de producción, extracción y ambientales. La experiencia en manejo de estos instrumentos me ha permitido ser parte del desarrollo de diferentes proyectos de mejora en distintas empresas correspondientes a las áreas de trabajo donde me desempeñaba.

Debido a la pandemia de la COVID-19 se implementaron los trabajos de forma remota y se dio inicio a las capacitaciones y webinars de forma digital, así como el desarrollo de conferencias para las diferentes instituciones educativas técnicas y universitarias, contando con el apoyo de los fabricantes para el desarrollo de nuevas tecnologías para la enseñanza.

1.2. Descripción de la Empresa



Zamtsu Corporación se destaca por ofrecer una amplia variedad de equipos de instrumentación, medición, control y automatización industrial para sectores como: textilera, pesca, agroindustria, plásticos, petroquímica, minería, educativo, etcétera. Su responsabilidad empresarial los ha llevado al desarrollo y asesoría en proyectos de automatización industrial,

mantenimiento preventivo, predictivo y procesos en general, servicio que presta por más de 30 años.

Además, Zamtsu ofrece:

- ✓ Asesoría en línea y capacitación presencial con ingenieros capacitados, otorgando soluciones técnicas.
- ✓ Servicio post venta: en reparación, calibración, mantenimiento y capacitación.
- ✓ Garantía y amplia variedad en equipos de medición para todas las industrias.

1.2.1. Misión

Brindar soluciones completas en instrumentación y automatización industrial

1.2.2. Visión

Ser una empresa diferenciada, reconocida y referente, cuyo éxito contribuirá a nuestra realización personal.

Categorías en Instrumentos de Medición y Control:

Zamtsu, líder en soluciones de medición industrial, ofrece instrumentos de última generación para potenciar su productividad. Nuestros equipos garantizan:

- ✓ Mediciones de alta precisión
- ✓ Optimización de procesos industriales
- ✓ Máxima confiabilidad operativa
- ✓ Control de calidad superior

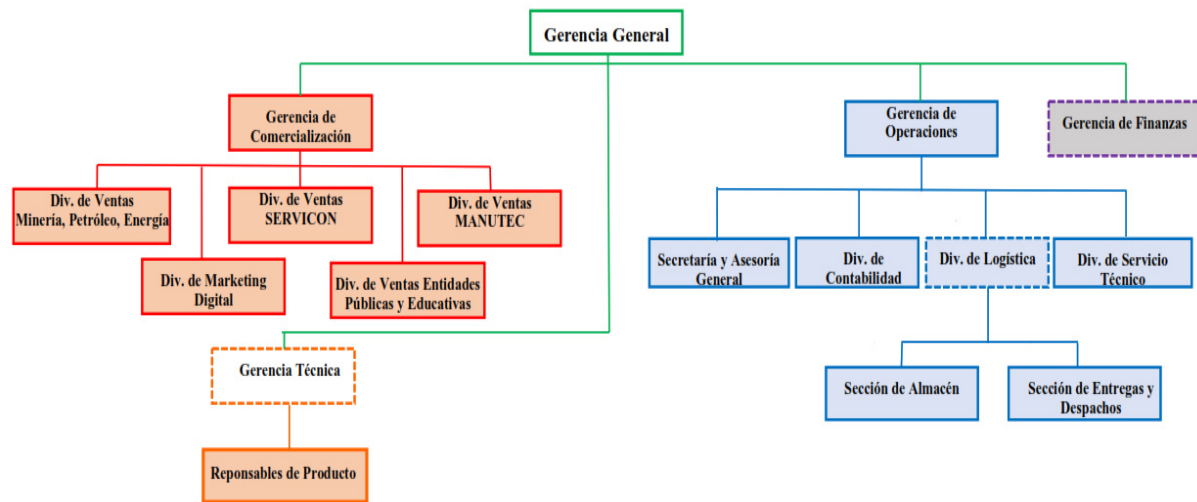
✓ Instrumentación Industrial de Alta Precisión

Zamtsu Corporación, especializada en instrumentación industrial, cuenta con la representación oficial de las marcas más prestigiosas del sector. Zamtsu Corporación pone a disposición de sus clientes:

- ✓ Sistemas integrales de instrumentación para medición, monitoreo y automatización de procesos
- ✓ Servicio técnico especializado y mantenimiento preventivo
- ✓ Garantía y respaldo directo de fábrica
- ✓ Consultoría técnica especializada
- ✓ Equipos certificados con documentación completa
- ✓ Soluciones tecnológicas para la optimización de procesos
- ✓ Sistemas de control y aseguramiento de la calidad.

Figura 1*Logo de las empresas proveedoras*

1.3. Organigrama de la Empresa



1.4. Áreas y Funciones Desempeñadas

El autor de este informe se desempeñó como responsable de la venta del producto y Soporte Técnico de las áreas de Manutec (empresas de producción y manufactura) en empresas Estatales (entidades públicas y educativas) y privadas. Las funciones desempeñadas fueron las siguientes:

- Dar soporte técnico directo al área de Estatales acerca de cualquier requerimiento de equipamiento, equipos de medición de un parámetro o módulos educativos.
- Revisar las páginas y actualizarse de las noticias sobre las marcas asignadas.
- Apoyo en proyectos de mejora concerniente a las marcas involucradas o al área que lo desarrolla.
- Desarrollar webinars y conferencias acerca de las marcas asignadas o temas de interés de los clientes del área de Estatales.
- Capacitación a los clientes de las áreas comerciales sobre los productos adquiridos.

- Apoyo técnico a las demás áreas comerciales de la empresa.
- Apoyo al área comercial de Estatales

II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

2.1. Planteamiento del Problema

2.1.1. *Determinación del Problema*

Teniendo conocimiento sobre el trabajo que realiza la embarcación Ampato de la empresa IAN TAYLOR, que posee dos motores de propulsión, dos generadores eléctricos y 2 tanques de almacenamiento de combustible diario (Babor y Estribor), conocido como bodegas, las cuales alimentan a los respectivos motores que generan el movimiento de la hélice y/o generadores para todo el sistema eléctrico al interior de la embarcación y el motor del Schottel o Thruster, (movimientos laterales de atraque de muelle o centros de cultivo o acopio). El control del consumo de combustible gasóleo (diésel), se realizó en forma manual, con varillas de acero que ostentan escalas de medición y el llenado de los registros lo realiza el operador de máquina, lo cual genera horas adicionales de trabajo, el operador de máquina a través de los sondajes de tanques de consumo registra el consumo de combustible realizado por la embarcación mencionada, esta acción dedujo algunas anomalías en los registros de datos, generadas por la presencia de la velocidad de la embarcación en operación de navegación y operación en puerto, sumado a esta la inestabilidad de la embarcación producto de los oleajes, los cuales arrojaron mediciones erróneas, esto trajo como consecuencia a la empresa el aumento en sus costos de operación, y por lo expuesto la comercialización ilegal del combustible residual.

El uso de la tecnología innovada en el sistema de control para la medición del carburante nos permitió el buen ajuste y la optimización de una inspección más eficaz del consumo de combustible, además redujo los gastos en las operaciones del carburante. De igual forma, se ahorraron horas de trabajo empleadas en el sondeo y llenado de registros de consumo de combustible, disminuyendo así la venta ilegal del combustible sobrante.

2.1.2. Problema Principal

¿De qué manera, se puede controlar el consumo de combustible en la embarcación Ampato de la empresa IAN TAYLOR?

2.1.3. Problemas Secundarios

PS. 1 ¿Cuál será el sistema más adecuado para controlar el consumo de combustible en la embarcación Ampato de la empresa IAN TAYLOR?

PS. 2 ¿De qué manera se implementará el diseño del sistema de control de combustible en la embarcación Ampato de la empresa IAN TAYLOR?

PS. 3 ¿Cómo acreditar el correcto funcionamiento del sistema de control de combustible en la embarcación Ampato de la empresa IAN TAYLOR?

2.1.4. Objetivo Principal

OP. Instituir el diseño e implementación de un sistema de control de consumo de combustible para la embarcación Ampato de la empresa IAN TAYLOR.

2.1.5. Objetivos Secundarios

OS. 1 Optar de un sistema de control adecuado para controlar el consumo de combustible de la embarcación Ampato de la empresa IAN TAYLOR.

OS. 2 Instituir el diseño del sistema de control de combustible para la embarcación Ampato de la empresa IAN TAYLOR

OS. 3 Verificar el correcto funcionamiento del sistema de control de combustible en la embarcación Ampato de la empresa IAN TAYLOR en operatividad de trabajo.

2.1.6. Justificación

Este proyecto tuvo como objetivo optimizar el control del consumo de combustible en la embarcación Ampato de la empresa IAN TAYLOR. Anteriormente dicha maquina tuvo un sistema manual de medición, los operadores utilizaban varillas de sondaje cubicadas, no certificadas para el sondeo del tanque de consumo diario. Estas medidas no fueron precisas dado que la embarcación se encontraba constantemente en movimiento debido a la forma ondular del agua. Estos registros de consumo no fueron reales y generaban pérdidas financieras, que representaba un gasto principal en el presupuesto de la empresa.

Otro de los Factores que afectaban los errores de medición son: (fluctuación de la temperatura del combustible), el aumento de la temperatura del combustible en el depósito de consumo debido a factores ambientales o humanos, que provocan variaciones en su volumen, lo que resultaron en pérdidas financieras. Para contrarrestar estas pérdidas, fue necesario contar con un nuevo sistema de control eficiente que señalaron las fluctuaciones de la temperatura del combustible. Gracias a los avances tecnológicos, las modernas herramientas obtenidas nos proporcionaron datos precisos sobre el comportamiento del combustible, permitiéndonos así minimizar las fallas que incidieron en el control del consumo de combustible.

El motivo de este proyecto radico en la puesta en marcha de un sistema de medición de combustible que permitió el eficiente monitoreo y registro del combustible de la embarcación, mediante el uso de flujómetros del tipo desplazamiento positivo (flujómetro mecánico), registrador de datos y un sistema de monitoreo remoto (GPRS).

2.1.7. Alcances y Limitaciones

2.1.7.1. Alcances.

El presente informe nos mostró su alcance de instituir la instalación de los equipos necesarios para el monitoreo, registro y control del consumo de combustible en la embarcación Ampato de la empresa IAN TAYLOR, primeramente, se diseñó e implemento el sistema de monitoreo y registro del consumo del combustible, y se logró identificar y plantear los cambios necesarios en la embarcación, así mismo se procedió a su respectiva implementación y se obtuvo la solución propuesta, de la mencionada embarcación en estado operativo (en funcionamiento), luego se expuso el consumo de combustible en su tiempo real, asimismo se planifico su respectivo plan de mantenimiento que se efectuó en forma constante.

2.1.7.2. Limitaciones.

En el presente proyecto se obtuvo ciertas limitaciones tales como: la poca información sobre el proceso de control del consumo de combustible, lo que se contaban eran datos recogidos en forma manual y no precisa informaciones relevantes, también no se pudo contar con exactitud la medición del combustible, por el uso de la varilla de sondaje cubica con escala y que ahora el sistema de control de combustible se basa mediante un caudalímetro de flujo de combustible y se monitorea vía plataforma web (GPRS).

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Antecedentes Bibliográficos

2.2.1.1. Antecedentes Internacionales.

Pájaro (2019), en su tesis doctoral para la Universidad de Cádiz, diseñó una metodología para estimar con mayor precisión el consumo energético y las emisiones contaminantes en el transporte marítimo. Su investigación surgió ante la falta de unificación de criterios en los procedimientos de cálculo sectoriales, lo que genera incertidumbres metodológicas. A partir del análisis de normativas de referencia internacional como la EPA, la IMO, Jalkanen y MAN, el autor desarrolló un modelo optimizado que reduce el margen de error en las estimaciones. El estudio se aplicó a buques tipo Ro-Pax en el Estrecho de Gibraltar utilizando datos operacionales reales y prescindiendo de sistemas AIS, lo que disminuyó el sesgo del registro automático. Como resultado, la metodología calcula el consumo y las emisiones por pasajero y tonelada transportada según la intensidad real de operación, facilitando la comparación intermodal y el cumplimiento de las normativas de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV).

Saavedra (2017), en su trabajo de titulación para la Universidad Austral de Chile, analizó la situación de las industrias salmonera y naviera, identificando ineficacias y riesgos en la gestión del combustible. Tras examinar el control de inventarios, el proceso logístico interno y el mantenimiento preventivo del proveedor, propuso un sistema de control basado en herramientas de la cadena de suministro para reducir las pérdidas asociadas al consumo. Asimismo, concluyó incentivando la creación de indicadores clave de desempeño (KPI) para controlar el rendimiento y la eficiencia de los procesos, destacando las entregas a tiempo, la existencia diaria de combustible, el consumo diario de los motores principales y la eficiencia del abastecimiento.

2.2.1.2. Antecedentes Nacionales.

Chunga et al. (2019), en su informe de investigación para la Universidad Nacional de Piura, propusieron un sistema automatizado para optimizar el control de consumo de combustible diésel en embarcaciones que operan en plataformas petrolíferas en alta mar. La gestión previa de la empresa Savia Perú S.A. dependía de procesos manuales y reportes diarios de consumo. Para solucionar esto, se diseñó un sistema de control mediante un PLC Allen Bradley 1769-L35E programado en RSLogix 5000, el cual evalúa las condiciones de trabajo de los motores y gestiona variables analógicas como el flujo, las RPM y los niveles del tanque a través de las instrucciones SCP y SUB. Finalmente, se configuró una interfaz HMI Panel View Plus 6 1000 con el software FactoryTalk View Studio Machine Edition, permitiendo realizar simulaciones efectivas para visualizar y validar las variables de control del consumo analizado.

Pinedo (2022), en su tesis de ingeniería mecatrónica para la Universidad Ricardo Palma, diseñaron e implementaron un sistema digital de monitoreo en tiempo real para embarcaciones fluviales de la empresa Transtur S.A. Esta tecnología registra el nivel de combustible, el estado del motor, la velocidad y la posición geográfica, además de incluir un software para el análisis de los datos. El desarrollo abarcó el diseño del hardware, la programación del firmware y la creación de la interfaz de usuario. Como resultado, la aplicación de este sistema logró reducir en un 30% el consumo de combustible por viaje y en un 70% los trayectos anómalos.

2.2.2. Bases Teóricas

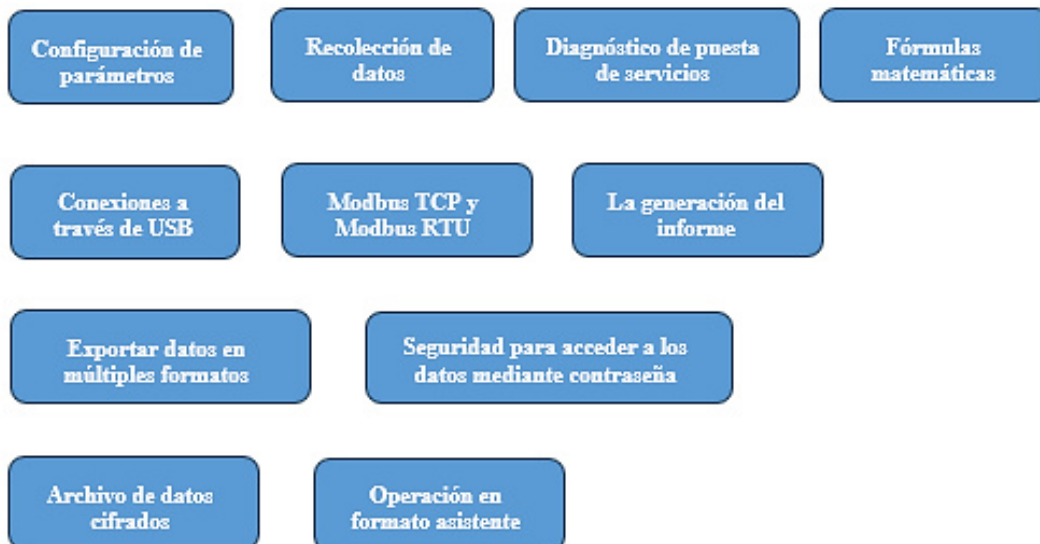
2.2.2.1. Fundamentos del Sistema de Información.

2.2.2.1.1. Software de Configuración para Fieldlogger. El Configurador FieldLogger es una aplicación destinada a la configuración, recopilación y examen de datos para los registradores de datos NOVUS FieldLogger. Este software permite al usuario descubrir todas las capacidades y funciones de los dispositivos, comunicándose mediante USB, TCP-IP y RS485.

Esta herramienta integral ofrece análisis gráfico y la combinación de diversos datos, visualización de alertas, ejecución de cálculos aritméticos y generación de reportes, así como la posibilidad de exportar datos en varios formatos. También incluye características de diagnóstico y puesta en marcha, facilitando la realización de pruebas y la identificación de fallos.

Figura 2

Etiquetas de Funciones



2.2.2.1.2. Ingeniería del Software. En el presente estudio se utilizó para el registro y control de combustible se enfocó en el desarrollo de los sistemas informáticos que permiten monitorizar, registrar y optimizar el consumo de combustible, especialmente en flotas de las navieras. Estos sistemas combinan hardware y software para medir, controlar y gestionar el combustible.

El software de gestión de combustible nos permitió monitorear a las flotas fácilmente el consumo de cada activo optimizando rutas y reduciendo el gasto en combustible. Los administradores de flota nos generaron informes del consumo de combustible y nos establecieron una línea base e identificaron excepciones y así redujeron el riesgo de robo de combustible.

2.2.2.1.3. Flujómetro de Combustible. Los flujómetros de combustible son instrumentos diseñados para medir con precisión el consumo o caudal de diésel, gasolina y otros combustibles líquidos en motores, maquinaria industrial y sistema de transporte (vehículos, barcos). Son cruciales para el monitoreo telemático (GPS), control de costos, gestión de flotas y mantenimiento, con alta resistencia a vibraciones y alta precisión en el volumen suministrado.

Tipos y características principales:

- **Flujómetros de Turbina:** Utilizan un sensor de cojinete de aleación dura, ideal para alta precisión y resistencia a vibraciones en maquinaria.
- **Flujómetros Diferenciales:** Miden la diferencia entre la línea de alimentación y retorno, perfectos para sistemas de inyección Common Rail o motores modernos.
- **Engranaje Ovalado:** Especializados en líquidos de mayor viscosidad, ofreciendo alta resistencia a presiones (1.0 – 45 MPa) y temperaturas extremas (-196 °C a 200 °C).
- **Digitales (Pantalla LCD):** Diseñados para medición directa y lectura rápida, comunes en

suministros de combustible diésel y gasolina.

Figura 3

Medidor de Flujo de combustible DFM



2.2.2.1.4. Caudalímetro. Es una herramienta (dispositivo electrónico conocido como sensor) que mide la cantidad de aire que ingresa al motor para crear la mezcla adecuada con el combustible. Usado para medir el caudal másico o volumétrico lineal o no lineal de un combustible líquido o gas como parte de un sistema de control automático. El medidor de caudal está ubicado en las tuberías de entrada y salida del filtro de aire de las embarcaciones diésel o gas. Por lo tanto, el camino que debe tomar el aire ya está filtrado antes de que pueda llegar al cilindro y comenzar el proceso de combustión.

2.2.2.2. Tipos de Caudalímetros para Combustible.

2.2.2.2.1. Caudalímetro Tipo Desplazamiento Positivo (Volumétrico). Es una herramienta que calcula la cantidad de fluido o gas que atraviesa en un periodo de tiempo específico. Se emplea en varias industrias que utilizan el diésel o gas, este instrumento de medición, que es de desplazamiento positivo operan fraccionando el flujo en segmentos volumétricos y registrando el volumen en movimiento. Los elementos móviles del caudalímetro se deslizan en paralelo con el fluido, lo que garantiza que las mediciones no sean alteradas por factores como la viscosidad, la densidad o la turbulencia.

Los caudalímetros de desplazamiento positivo pueden ser de pistón, engranajes ovalados o de flujo helicoidal.

Especificaciones de los caudalímetros de movimiento positivo:

- ✓ Son instrumentos de precisión.
- ✓ Su precisión y rangeabilidad varían según el tipo y el fabricante.
- ✓ Se pueden usar para medir una amplia gama de viscosidades.
- ✓ Se pueden usar para medir fluidos con propiedades lubricantes, como el aceite.
- ✓ Se pueden programar para realizar el mantenimiento junto con otros equipos del sistema.

Figura 4

Caudalímetro de desplazamiento positivo



2.2.2.2.2. Caudalímetro Tipo Coriolis (Másico). Instrumentos de flujo másico estándar, conocidos como caudalímetros másicos térmicos, calculan caudales másicos mediante el cambio de temperatura o valores de flujo volumétrico, junto con propiedades del fluido. Esto se consigue utilizando prudentemente el efecto Coriolis también conocido como medidor de caudal móvil, consta de dos tubos vibratorios en forma de U colocados uno al lado del otro. Se introduce líquido en el tubo y fluye a través de él, provocando que vibre hacia arriba y hacia abajo con él. Para contrarrestar esta vibración forzada, el fluido ejercerá una fuerza de reacción sobre el tubo en la dirección opuesta al flujo, creando así una diferencia de fase en el tiempo. Estos cambios están relacionados con el caudal másico del fluido que fluye a través de la tubería. Este circuito puede determinar la magnitud de este cambio de tiempo y calcular el caudal másico. El sensor mide la desviación como un cambio de fase de vibración entre diferentes puntos de la tubería.

Esta desviación depende únicamente de la masa del fluido, lo que permite que el instrumento Coriolis proporcione una medición precisa del flujo másico independientemente de las propiedades, la composición y la temperatura del fluido.

Figura 5

Caudalímetro tipo Coriolis



2.2.2.3. Registrador de Datos (Novus FieldLogger). Novus Field Logger es un registrador de datos versátil que le permite obtener y almacenar variables digitales y análogos. Actúa como un registrador electrónico, acopiando información en su memoria interna para un posterior análisis o como un módulo de medición remota en tiempo real, que transfiere datos sin almacenamiento. Así mismo supervisar de manera precisa y constante la temperatura, la humedad y otras variables analógicas y digitales en varios ambientes industriales. Con tecnología de punta, altos índices de lectura y una extensa conectividad, proporciona una solución sólida y eficaz para la administración de variables vitales en áreas como las cadenas de

frío, laboratorios, instalaciones HVAC, manufactura y energías renovables. El FieldLogger también satisface las exigencias de conformidad de la FDA CFR 21 Parte 11, asegurando la integridad y seguimiento de la información en sistemas regulados, como las industrias de medicamentos y alimentos.

Figura 6

Registrador de datos FieldLogger



Características Principales del FieldLogger:

- ✓ **8 canales Universales de Entrada Analógica:** Diversos tipos de sensores son admitidos, incluyendo termopares, Pt100, Pt1000, señales de voltaje (V, mV) y corriente (mA). Con velocidades de lectura y registro de hasta 1000 lecturas cada segundo y una resolución de conversión A/D de 24 bits, se asegura un seguimiento exacto y minucioso.
- ✓ **8 interruptores Digitales Personalizables y 2 Salidas Relé:** Los I/Os digitales pueden ser configurados de manera individual como entradas o salidas, mientras que las salidas de relé

(NA, NC, común) facilitan la gestión a distancia de aparatos o alarmas.

- ✓ **Alto Rendimiento de Almacenamiento y Registro:** El FieldLogger tiene memoria para registrar hasta 512k de datos, con posibilidad de expansión mediante tarjeta SD, lo que permite registrar hasta 100 canales a tasas configurables. La descarga de datos puede hacerse mediante software o a través de la interfaz USB-host con un pendrive.
- ✓ **Conectividad Adaptable para Una Integración Total:** El aparato proporciona conexiones Ethernet, USB y RS485. Permite la comunicación Modbus (maestro o esclavo) y posibilita la lectura de hasta 64 registros de otros esclavos Modbus, empleando dichos datos para el registro, alertas o cálculos. Incluye la interfaz Ethernet:
 - Distribución de emails para alertas (SMTP)
 - Servidor web integrado para la consulta en tiempo real de datos y estados (HTTP)
 - Descarga de registros a través de FTP (servidor y cliente)
 - Asistencia para SNMP para administración remota y alarmas a través de traps
 - Mensajería Modbus mediante Ethernet (Modbus TCP)
- ✓ **32 alarmas adaptables:** Cada alarma tiene la capacidad de activar relés, salidas digitales, enviar emails a varios receptores o activar trampas SNMP, facilitando una reacción ágil y eficaz ante sucesos críticos. Además, se pueden establecer alarmas habituales para reactivar los acumuladores de recuento de procesos.
- ✓ **Habilidades sofisticadas de cálculo y supervisión:** FieldLogger dispone de 128 canales virtuales en los que se pueden realizar operaciones matemáticas (adición, sustracción, multiplicación, división, raíz cuadrada, exponenciación), funciones trigonométricas (seno y

coseno) y operaciones lógicas (E, OR, OR exclusivo), proporcionando versatilidad para realizar cálculos y combinar

- ✓ **Fuente de Alimentación Auxiliar y Flexibilidad:** Proporciona un recurso adicional de 24 Vcc para alimentar hasta 8 transmisores de 4-20 mA, con alternativas de alimentación en CA (100-240 Vca) o CC (12-30 Vcc).
- ✓ **Interfaz Entre Hombre y Máquina Desmontable (Opcional):** Pantalla a color TFT QVGA con teclado para una interacción sencilla, vinculada a través de RS485 para el control remoto y la visualización de información.

2.2.2.4. Modem GPRS (Airgate 3G Novus). El Airgate-3G es un router celular 3G para aplicaciones de IoT (Internet of Things) proveyendo accesos remotos a redes locales. Puede comportarse como maestro de una red Modbus RTU y leer hasta 128 registros de esclavos Modbus (canales remotos).

Sus datos pueden ser publicados en la nube NOVUS Cloud permitiendo el acceso a cualquier hora y en cualquier lugar con el fin de proveer un medio de almacenamiento confiable y eficiente.

Características Técnicas:

- ✓ Dos SIM CARD para redundancia de conexión celular continua, soporta 2G/3G
- ✓ Gateway Modbus: Permite el enrutamiento de paquetes entre redes Modbus RTU/ASCII y Modbus TCP
- ✓ Señalización de hasta 128 alarmas por SMS y/o e-mail

- ✓ Reloj de tiempo real incorporado
- ✓ Entradas y salidas (I/O) digitales con conteo de señal
- ✓ Auto reboot vía SMS, por telefonía identificado temporalmente
- ✓ Interfaces seriales totalmente configurables: 1 x RS-232 y 1 x RS-485
- ✓ Interfaz ethernet con dos puertos 10/100Mbps (2 LANs o 1 LAN + 1 WAN)
- ✓ Capacidad de conectarse con la nube NOVUS Cloud para acceso remoto
- ✓ Posee un puerto USB 2.0 host que posibilita la actualización de firmware
- ✓ El registro temporario de datos hasta el restablecimiento de conexión con la nube puede ser almacenado en la memoria interna del equipo, por un pendrive a través de la interfaz USB o también mediante una Micro SD
- ✓ NOVUSLink: Plataforma de gerencia M2M centralizada para monitoreo, configuración y update de firmware remotamente
- ✓ Flexibilidad en los métodos de configuración y monitoreo: Web, CLI, SNMP v1/v2/v3, SMS, NOVUSLink
- ✓ Actualización de firmware vía Web, CLI, SMS, NOVUSLink
- ✓ Posibilidad de apertura de túneles VPN para acceso remoto con total seguridad
- ✓ Indicadores luminosos: RUN, PPP, USR, RSSI, NET, SIM
- ✓ Gabinete metálico para mayor robustez con fijación para riel DIN 35mm
- ✓ Certificaciones y homologaciones: ANATEL, CE y FCC, entre otras
- ✓ Dimensiones: 45 x 125 x105 mm

- ✓ Ambiente de operación: -40 a 85 °C / 5 a 95 % de humedad relativa
- ✓ Alimentación: 9 a 60 Vcc.

Figura 7

Modem GPRS Airgate-3G



2.2.2.5. Gestión de Datos y Seguridad. Encargado de proporcionar datos para implementar protocolos de seguridad y proteger la información, es decisivo establecer controles de acceso, usar encriptación y realizar copias de seguridad periódicas. Además, es fundamental la concientización del personal y la auditoría regular de los sistemas, para tal efecto, los protocolos de seguridad informática residen en conjuntos de normas o reglas que tienen por objetivo evitar que usuarios no autorizados obtengan datos confidenciales y puedan modificarlos o eliminarlos.

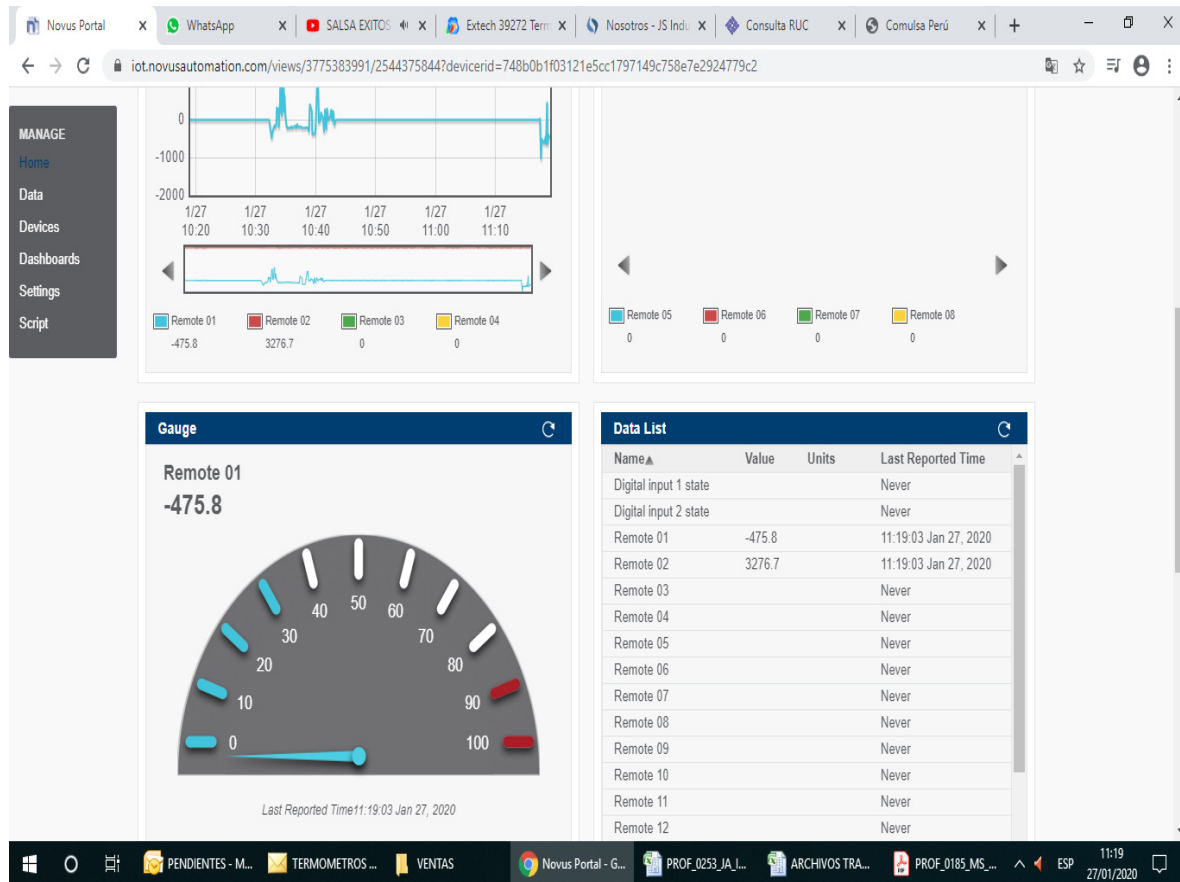
Estos protocolos de seguridad son concluyentes para proteger a las personas, la infraestructura y los activos de una empresa, reduciendo riesgos y promoviendo un ambiente de trabajo seguro y productivo. Implementar protocolos de seguridad no solo cumple con la

legislación laboral, sino que también mejora la reputación de la empresa y fomenta un mayor compromiso de los empleados.

2.2.2.6. Tecnología de Sensores y Automatización. Uso de sensores de flujo y sistemas de monitoreo en tiempo real para registrar el consumo de combustible de manera precisa.

2.2.2.7. Normativas y Regulaciones. Considera de estándar marítimos y normativas ambientales para asegurar el cumplimiento de regulaciones internacionales.

2.2.2.8. Sistema de Monitoreo SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).
Enunciado que se utiliza para la cimentación de un software en el computador que le permite controlar y monitorear los procesos industriales desde la distancia. Esto facilita la retroalimentación de tiempo real con dispositivos de campo (sensores y actuadores) y controla automáticamente el proceso. Proporciona toda la información obtenida durante el proceso de producción (monitoreo, control de calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.) y le permite administrar e intervenir. En la teoría de control, la retroalimentación es el proceso en el que la proporción de una señal de salida del sistema definida se redirige nuevamente a la entrada. Esto es común para controlar el comportamiento dinámico del sistema. Ejemplos de revisiones se encuentran en los sistemas más sofisticados, como técnica, arquitectura, economía, sociología, biología y otras actividades, como en el presente `proyecto “Diseño e implementación de un sistema de registro de consumo de combustible para la embarcación Ampato de la Empresa Ian Taylor”.

Figura 8*Supervisory Control and Data Acquisition*

2.2.2.9. Embarcación. Son naves de transporte marítimo de mercancías especiales para las cargas de gran volumen y peso, como las estructuras prefabricadas de puentes, la maquinaria industrial o las turbinas eólicas, ellas desempeñan un papel fundamental en el transporte de grandes volúmenes de mercancías de un puerto a otro alrededor del mundo.

La embarcación TAYCO AMPATO de la empresa IAN TAYLOR, es un remolcador Azimutal, modelo ASD 2810 y de 60 toneladas de tiro, está diseñado para trabajar en faenas de remolque de bahía y por sus características de tamaño, alta maniobrabilidad y potencia, es ideal para trabajar en espacios confinados.

Figura 9

Embarcación TAYCO AMPATO de la empresa IAN TAYLOR



2.2.2.10. Motor de Combustión Diésel. Es una clase de motor que utiliza gasóleo (diésel), como combustible y se distingue por la combustión del combustible a través de la compresión. Este tipo de motor se encuentra en la sala de máquinas del remolcador, ya que posee dos motores principales de la marca Niigata, responsables de producir la potencia necesaria para que la embarcación funcione adecuadamente. La organización de cada uno de estos motores implica que cada uno tiene la responsabilidad de producir la potencia para cada propulsor, lo que significa que hay un motor por cada propulsor del barco.

Las siguientes son las propiedades de estos motores:

- ✓ Marca Motor Niigata 6L28HX
- ✓ Tipo 6L28HX
- ✓ Potencia Eléctrica 1677 kW (cada uno)

- ✓ Rango de revoluciones 720 rpm
- ✓ Número de cilindros 6 (en línea)
- ✓ Diámetro del cilindro 280 mm
- ✓ Carrera del pistón 370 mm

Figura 10

Motor Diésel Nigata 6L28HX



2.2.2.11. Combustible Diésel. El diésel, también conocido como combustible gasoil o gasóleo, es un hidrocarburo líquido derivado de la parafina, producido a través de diversos procesos y utilizado normalmente como combustible para motores diésel o calefacción, su alta densidad de este combustible proporciona una gran cantidad de energía emitiendo menos dióxido de carbono y se obtiene principalmente de la destilación del petróleo a temperaturas que oscilan entre 200°C y 380°C. El término diésel proviene del ingeniero alemán Rudolf Diésel.

El combustible diésel está compuesto principalmente de hidrocarburos como el hidrocarburo $C_{12}H_{26}$ (dodecano) y el hidrocarburo $C_{16}H_{34}$ (hexadecano), que determinan las propiedades de ignición y lubricación del combustible diésel. Sin embargo, también puede contener compuestos de azufre, que deben controlarse para reducir su impacto ambiental.

Figura 11

Combustible diésel



2.2.2.12. Consumo del Combustible. El consumo de combustible es uno de los costes operativos más variables en las embarcaciones. Por lo tanto, es recomendable mantener los registros de control para evaluar la eficiencia y evitar desperdicios. Afortunadamente, en la actualidad existen nuevas tecnologías que ayudan a determinar cuándo una embarcación necesita más combustible de lo habitual y si es económico o todavía está dentro del rango normal. El monitoreo de la eficiencia del combustible nos proporciona información sobre los costos del combustible, lo que resulta beneficioso para el conductor de la nave y a los responsables de la

empresa.

2.2.3. Definición de Términos

- a. **Sensores:** Es un dispositivo que detecta y mide una magnitud física o química (como temperatura, presión, luz o presencia de una sustancia) y la convierte en una señal eléctrica que puede ser interpretada y procesada por un sistema.
- b. **Medidor de Flujo:** Es un instrumento de medida para la medición de caudal o gasto volumétrico de fluido o para la medición del gasto másico. Estos aparatos suelen colocarse en línea con la tubería que transporta el fluido. También suelen llamarse medidores de caudal o flujómetros.
- c. **Registrador de datos:** Es un dispositivo electrónico que mide y almacena automáticamente datos de sensores a lo largo del tiempo, como temperatura, humedad, voltaje o corriente.
- d. **Interfaz Hombre – Máquina:** Es el interfaz entre el proceso y los operarios; se trata básicamente de un panel de instrumentos del operario. Es la principal herramienta utilizada por operarios y supervisores de línea para coordinar y controlar procesos industriales y de fabricación. El HMI traduce variables de procesos complejos en información útil y procesable.
- e. **Sistema GRPS (Servicio General de Paquetes vía Radio):** Es una tecnología de comunicación de datos por paquetes para redes de móviles 2G, 3G o 4G que permite transmitir información entre dispositivos y redes utilizando protocolos IP.

2.3. Propuesta de Solución

La propuesta de solución del presente informe de autosuficiencia profesional se orientó al diseño e implementación de un sistema automatizado de registro y monitoreo del consumo de combustible en la embarcación Ampato de la empresa IAN TAYLOR, su propósito fue de optimizar el control de uso de diésel, reducir pérdidas económicas y mejorar la eficiencia operativa. Con lo que garantizo el cumplimiento de los objetivos planteados, por lo que se estableció una metodología estructurada.

2.3.1. Metodología de la Solución

En el presente informe de autosuficiencia profesional se desarrolló bajo el enfoque de investigación aplicada, ya que se orienta a la solución de un problema real identificado en la embarcación Ampato de la empresa IAN TAYLOR. El nivel de investigación es descriptivo y tecnológico, debido a que se analizó el sistema moderno de medición de combustible y se diseñó e implemento una solución tecnológica que mejoro el control del consumo de diésel. Asimismo, el diseño metodológico es no experimental, puesto que no se manipularon deliberadamente las variables, sino que se observaron y registraron las condiciones reales de operación de la embarcación.

2.3.1.1. Diagnóstico del Sistema Actual del Diseño e Implementación de un Sistema de Registro de Consumo de Combustible en la Embarcación Ampato. En la primera etapa de análisis del sistema de control del consumo de combustible de la embarcación Ampato, se identificaron una problemática significativa provocada por el movimiento de la embarcación y la variación de la temperatura del combustible lo cual se relacionaron con el error humano en la

medición manual del diésel. Este proceso involucro al uso de varillas de sondaje no certificadas, lo que afectaba la precisión, confiabilidad y trazabilidad de los datos. El diagnóstico reveló limitaciones claves y permitió definir requerimientos técnicos para una solución automatizada.

El operador de máquinas, quien era el encargado de las mediciones, se veía sobre cargado de trabajo por la tarea de registrar los niveles de combustible en formatos impresos, lo que introdujo subjetividad y llevo a lecturas erróneas. Además, la gestión manual de la información carencia de respaldo digital, dificultaron el análisis del consumo real y la detección de anomalías, así mismo exponemos que el sistema moderno nos permitió el monitoreo en tiempo real, y la supervisión remota del consumo de combustible, a diferencia de lo convencional que incremento el riesgo de errores operativos, adulteración de datos y pérdidas económicas, asociadas al uso ineficiente o la comercialización indebida del combustible residual.

Estas deficiencias del sistema conllevaron a un aumento en los costos operativos y una supervisión ineficiente del combustible, lo que incremento los riesgos de errores y pérdidas económicas. Por tanto, se enfatizó la urgencia la respectiva de su implementación del sistema automatizado que garantizo las mediciones precisas, fiables y en tiempo real, por lo que se obtuvo una buena gestión operativa y administrativa del consumo de combustible.

2.3.1.2. Descripción del Entorno Actual. La embarcación Ampato, posee 02 motores diésel para la propulsión, conocidos como babor y estribor (MBr y MEr), 02 generadores eléctricos (GE), para abastecer todo el sistema eléctrico de la embarcación naviera, asimismo cuenta con 08 tanques de combustible (FO TK Diesel), de forma rectangular y se encuentran bajo cubierta. Todos estos accesorios y equipos lo detallamos a continuación:

Tabla 1

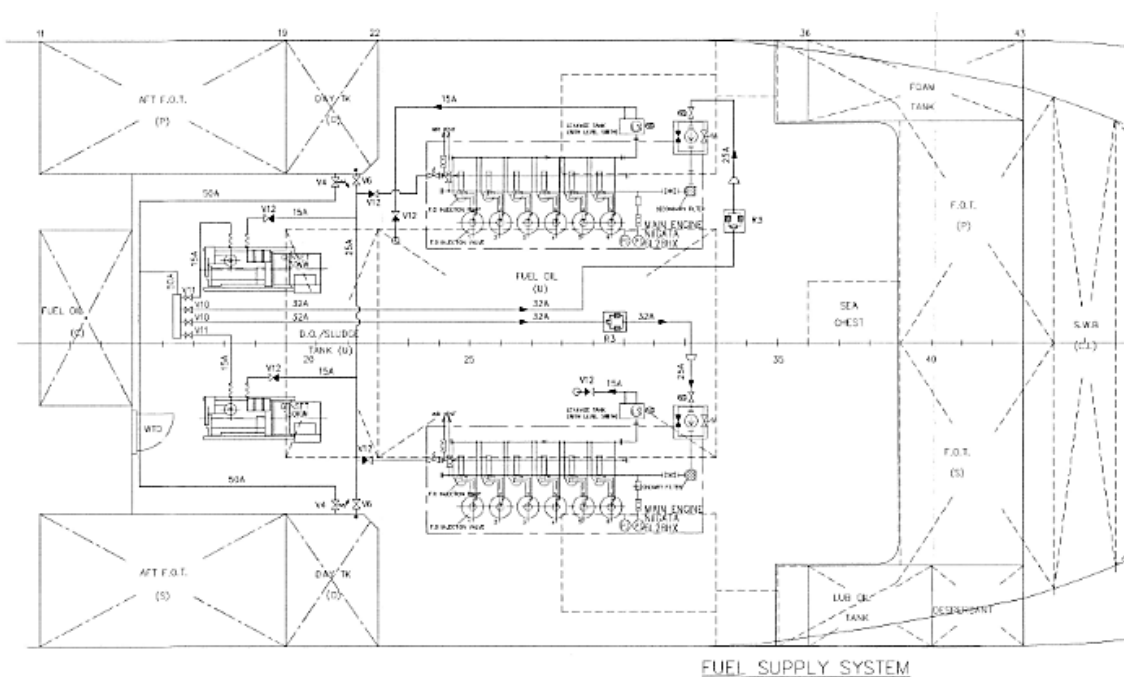
Detalle de los motores y las cantidades de equipos

Embarcación	Motor de propulsión	Generador eléctrico	Cantidad de motores	Cantidad de generadores
Ampato	NIGATA 6L28HX	NIGATA	02	02

Fuente: datos técnicos embarcaciones NIGATA

Figura 12

Vista de Planta Embarcación AMPATO



Fuente: “SHIP’S FUEL SYSTEM

2.3.1.3. Definición de Requerimientos del Sistema. Contando con los resultados del diagnóstico se lograron definir los requerimientos técnicos y operativos del sistema de registros de consumo de combustible, se consideró criterios de precisión, confiabilidad, compatibilidad con el entorno marítimo, facilidad de operación y monitoreo remoto en tiempo real. Asimismo, se establecieron los principales requerimientos para contar con un sistema de medición continua, almacenamiento seguro de datos, generación de reportes y transmisión de información a tiempo efectivo hacia una plataforma de supervisión.

2.3.1.4. Selección de la Tecnología y Equipos. De acuerdo a las necesidades del trabajo de autosuficiencia profesional se ha instituido a la selección de tecnologías y los equipos adecuados que lograron cumplir los requerimientos definidos de medición y control los más correctos en su aplicación naval, se optaron por la utilización de flujómetros de desplazamiento positivo, debido a su alta precisión y confiabilidad para la medición de combustible diésel, independientemente de variaciones de viscosidad y temperatura.

Los flujómetros (salida y retorno), se consideró dos para cada tanque ya que alimenta a cada motor y generador dispuestos en estribor y babor, lo que permite que no sea afectado por las vibraciones, permitiendo la precisión en el cálculo eficaz de la unidad electrónica que procesa las señales del flujo de combustible, estos dispositivos son de la marca Shanghai Cixi Co. Ltda.

Figura 13

Flujómetro CIXI CX-OGFM



Fuente: Shanghai Cixi Instruments.

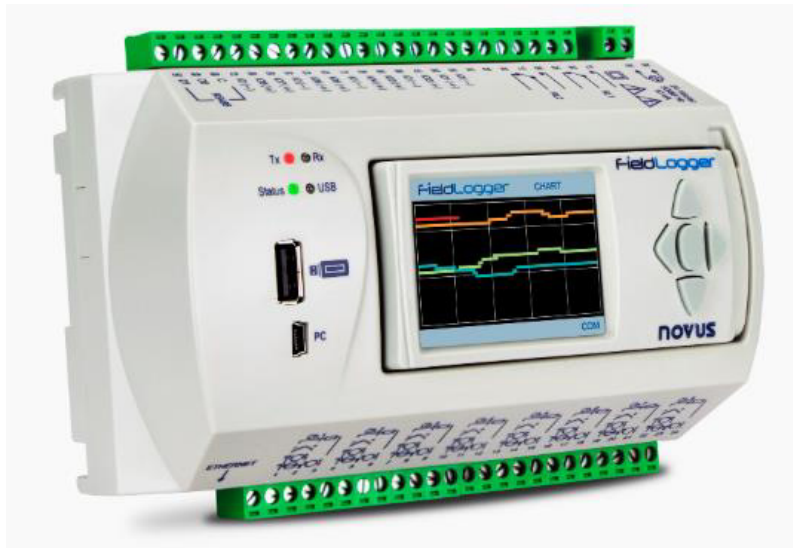
Figura 14

Flujómetro CIXI Instalado en la Embarcación AMPATO



Asimismo, se seleccionó el registrador de datos NOVUS Fieldlogger, como unidad central de adquisición y procesamiento de información y por su capacidad de adquirir señales analógicas y digitales, realizar cálculos internos y almacenar información, su compatibilidad con sistemas de comunicación remota mediante protocolos industriales, con las siguientes características:

- ✓ Registrador de datos multicanal
- ✓ 8 canales analógicos:
- ✓ Termopares, V, mV, Ma, Pt100 y Pt1000
- ✓ Tas de lecturas y registros de los canales de hasta 1000/segundo
- ✓ Resolución de conversión A/D de 24 bits
- ✓ 8 I/O digitales (configurados individualmente como entrada y salida).
- ✓ 2 salidas a relé (NA, NC y común)
- ✓ Comunicaciones: Ethernet, USB o RS485
- ✓ Memoria: 512K expandible vía SD
- ✓ Conectividad: HTTP, FTP, SNMP, etc.

Figura 15*Registrador FieldLogger**Fuente: Novus Automation*

Para el sistema de comunicación se seleccionó un modem GPRS AirGate – 3G de marca Novus, para la transmisión remota de datos, garantizando la conectividad y supervisión continua del sistema que nos permite el monitoreo y el registro de datos a tiempo real, lo cual se conecta al registrador de datos mediante el puerto de comunicación serial RSA485.

Características del AirGate 3G

- ✓ Dos SIM CARD para redundancia de conexión de celular continua, soporta 2G y 3G.
- ✓ Gateway Modbus: permite el enrutamiento de paquetes entre redes Modbus RTU/ASCII y Modbus TCP.
- ✓ Señalización de hasta 128 alarmas por SMS y/o e-mail.
- ✓ Reloj de tiempo real incorporado.

- ✓ Entradas y salidas (I/O) digitales con conteo de señal.
- ✓ Auto reboot vía SMS, por telefonía identificado temporalmente.
- ✓ Interfaces seriales totalmente configurables: 1xRS-232, 1xRS-485.
- ✓ Interfaz ethernet con dos puertos 10/100 Mbps (2 LANs o 1 LAN+WAN).
- ✓ Capacidad de conectarse con la nube NOVUS Cloud para acceso remoto.
- ✓ Posee un puerto USB 2.0 host que posibilita la actualización de firmware.
- ✓ El registro temporario de datos hasta el restablecimiento de conexión con la nube puede ser almacenado en la memoria interna del equipo, por un pendrive a través del interfaz USB o también mediante una Micro SD.
- ✓ NOVUSLink: Plataforma de gerencia M2M centralizada para monitoreo, configuración y update de firmware remotamente.
- ✓ Flexibilidad en los métodos de configuración y monitoreo: Web, CLI, SNMP, v1/v2/v3, SMS, NOVUSLink.
- ✓ Actualización del firmware vía Web, CLI, SMS, NOVUSLink.
- ✓ Posibilidad de apertura de túneles VPN para acceso remoto con total seguridad.
- ✓ Indicadores luminosos: RUN, PPP, USR, RSSI, NET, SIM.

Figura 16*AirGate 3G**Fuente:* Novus Automation

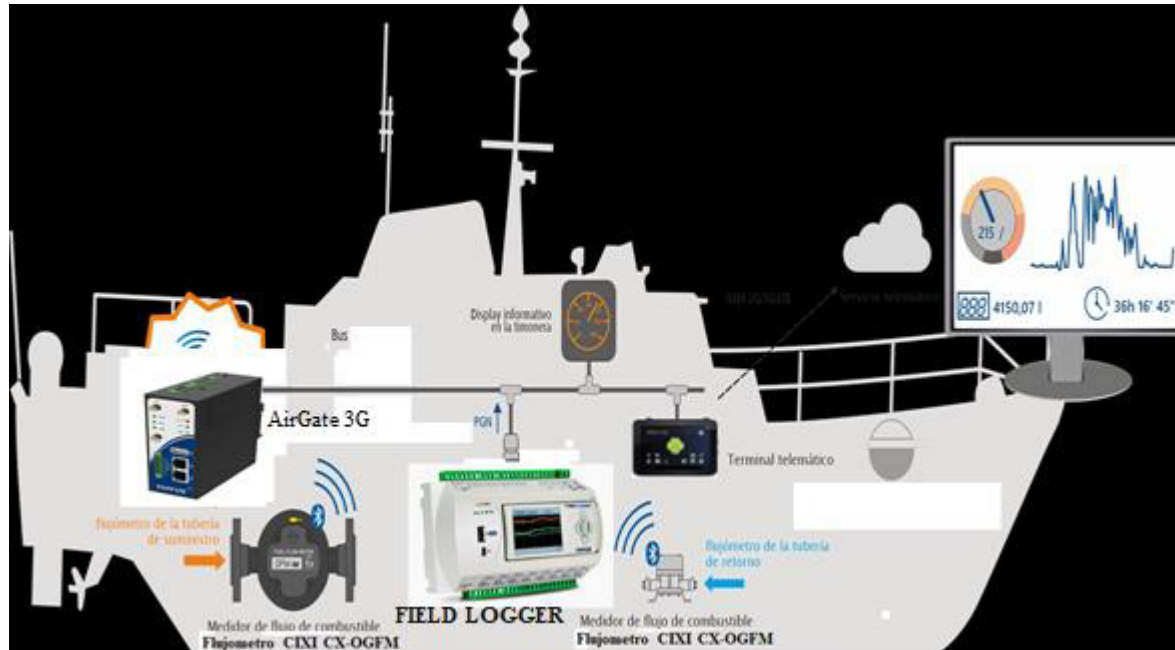
2.3.1.5. Diseño de la Arquitectura del Sistema de Registro y Monitoreo. Con respecto a esta fase se diseñó la arquitectura del sistema de registro y monitoreo de consumo de combustible, se integró equipos de flujómetros en las líneas de suministro de los motores principales, el acondicionaron señales hacia el fieldlogger y la transmisión de datos mediante un modem GPRS Airgate – 3G.

El diseño considero la integración del HARDWARE Y SOFTWARE, la configuración de canales de medición, almacenamiento de datos históricos y la visualización de la información a tiempo real, asegurando la escalabilidad y adaptabilidad del sistema, lo cual fue concebido para permitir el registro continuo del consumo de combustible, la visualización de datos en tiempo real y el acceso remoto a la información a través de una plataforma web. Lo cual garantizo la

tranquilidad y confiabilidad de los datos registrados.

Figura 17

Sistema de Registro y Monitoreo de Consumo de Combustible



2.3.1.6. Implementación del Sistema. Una vez definido su diseño, se procedió a la ejecución del sistema en la embarcación, realizando la respectiva instalación física de los equipos y la configuración del software de adquisición de datos y la puesta en marcha del sistema en condiciones reales de operación de la embarcación Ampato, iniciando con la ubicación los puntos para los flujómetros e instalándolos en las tuberías de combustible, la conexión eléctrica y de comunicación con el fieldlogger, así como la respectiva configuración del software de adquisición y registro de datos. la programación de parámetros de medición y la verificación del correcto funcionamiento del sistema en condiciones reales sin interferir con la operación normal de la embarcación tanto en navegación como en puerto, con prevención de las variables de medición, alarmas y parámetros de comunicación.

2.3.1.7. Instalación del Tablero de Control. Se dispuso el armado de los dos tableros de control, una para para los dispositivos descritos como el registrador FIELD LOGGER con su respectivo HMI y su fuente de alimentación y otro tablero para el control del sistema de comunicación vía GPRS. tal como lo detallamos a continuación:

Tabla 2

Equipos instalados en el tablero de control FieldLogger + HMI

Nº	Descripción	Cantidad
1	FIELD GLOGGER + HMI. Novus	1
2	Fuente de alimentación	1
3	Llave térmica	1
4	Gabinete de poliéster	1

Figura 18

Gabinete de Control FieldLogger + HMI



Tabla 3

Equipos instalados en el tablero de control comunicación GPRS

Nº	Descripción	Cantidad
1	Router 3G	1
2	Fuente de alimentación (voltaje)	1
3	Llave térmica	1
4	Gabinete de poliéster	1

Figura 19

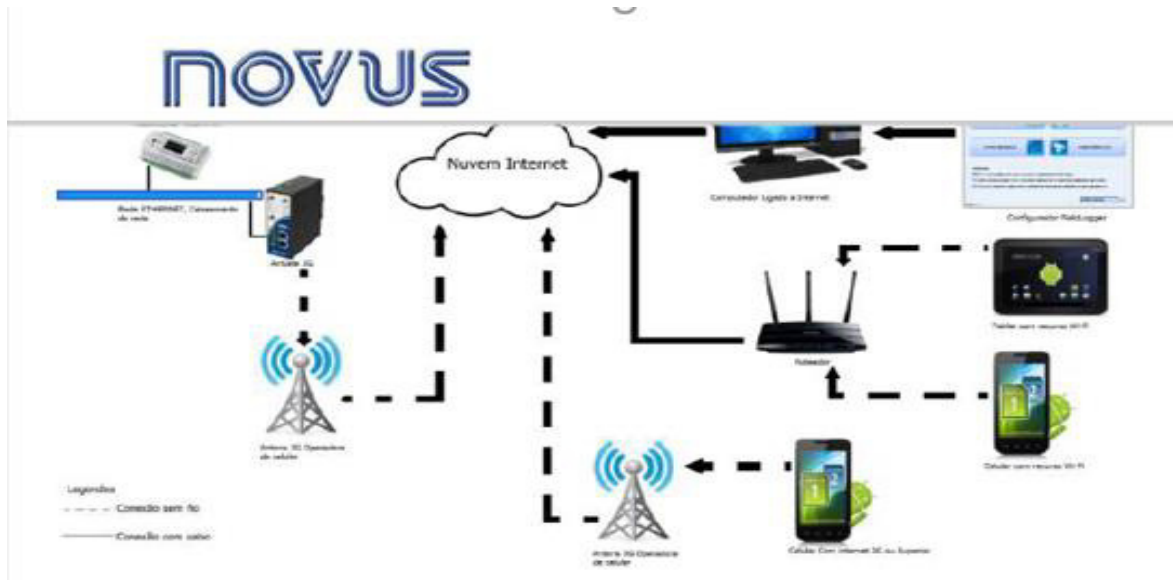
Gabinete de Control de comunicación GPRS



2.3.1.8. Circuito de Comunicación.

Figura 20

Circuito de comunicación vía internet instalado



Fuente: Novus Automation

2.3.1.9. Validación y Verificación del Sistema. Finalmente, se realizó la validación del sistema mediante las diferentes pruebas operativas, puesto en marcha la embarcación en alta mar, comparando los registros obtenidos por el sistema automatizado con los datos reales y los datos históricos de medición manual, obteniendo en términos de precisión, continuidad del registro y reducción de errores, permitiendo verificar el correcto funcionamiento del sistema y su contribución a la mejora del control del consumo de combustible diésel.

2.3.2. Desarrollo de la Solución

En esta coyuntura desarrollada del proyecto se dio una perfecta solución en la problemática existente, por lo que se articuló el diseño, su integración e implementación del sistema automatizado para el registro, monitoreo y control del consumo de combustible diésel en la embarcación Ampato de la empresa IAN TAYLOR. El sistema fue innovado con el objetivo remplazar el método manual de medición por una solución tecnológica confiable, precisa y adaptable a las condiciones de operación naviera, por lo que se garantizó su eficiente solución.

2.3.2.1. Diseño del Sistema de Registro de Consumo de Combustible. El diseño del sistema ha sido estructurado considerando la arquitectura general de adquisición de datos, procesamiento, almacenamiento y transmisión de información. Para ello, se definió la instalación de flujómetros de desplazamiento positivo en las líneas de suministro de combustible de los motores principales y generadores de la embarcación, permitiendo medir el caudal volumétrico de diésel consumido en tiempo real.

Las señales generadas por los flujómetros fueron acondicionadas y enviadas al registrador de datos NOVUS FIELD LOGGER, el cual actúo como el núcleo del sistema de adquisición. Este equipo fue configurado para registrar continuamente las variables de consumo, realizar cálculos internos de volumen acumulado y almacenar los datos en su memoria interna y en dispositivos externos de respaldos.

Estas variables del sistema al integrarse en el registrador de datos FIELD LOGGER, nos indicó el TAG, los tipos de señal de campo y el módulo I/O, y el canal donde se fueron conectado las señales, tal como se muestra a continuación:

Tabla 4

Señales de campo de los medidores de flujo

Variable	TAG	Tipo de señal	Canal
Flujo de ingreso de combustible babor	FT-BABOR	Análogo	1
Flujo de retorno de combustible babor	FT-R-BABOR	Análogo	2
Flujo de ingreso de combustible estribor	FT-ESTRIBOR	Análogo	3
Flujo de retorno de combustible estribor	FT-R-ESTRIBOR	Análogo	4

2.3.2.2. Integración de los Componentes del Sistema. La integración del sistema se realizó conectando los flujómetros al Field Logger mediante entradas analógicas y digitales, asegurando la correcta conversión y escalamiento de las señales de medición se implementaron parámetros de configuración que permiten la identificación individual de cada línea de consumo, diferenciando el consumo de los motores principales, generadores eléctricos y sistemas auxiliares.

Asimismo, se incorporó un módem GPRS Airgate – 3G, el cual permite la transmisión remota de los datos registrados hacia una plataforma web de monitoreo. Esta integración posibilita el acceso a la información de consumo desde ubicaciones externas a la embarcación, facilitando la supervisión remota y el análisis histórico de los datos.

Figura 21

Instrumentos que conforman el sistema de registro y comunicación GPRS



2.3.2.3. Configuración del Software de Monitoreo y Registro. El sistema fue configurado utilizando el software de configuración Field Logger, mediante el cual se definieron los canales de entrada, los intervalos de muestreo, las variables de cálculo y los parámetros de almacenamiento. Se establecieron alarmas configurables para detectar consumos anómalos, variaciones fuera de rango y posibles fallas en el sistema de medición.

Adicionalmente, se configuro la interfaz web integrada del sistema permitiendo la visualización en tiempo real del consumo de combustible, el volumen acumulado y el estado operativo de los equipos, los datos fueron exportados en diferentes formatos para su análisis posterior y la generación de reportes técnicos y administrativos con resultados todos positivos.

2.3.2.3.1. Proceso de Configuración del Fieldlogger. La configuración y programación del FieldLogger se realizó con el software, “fieldloggerconfig”. La configuración del programa se desarrolló de la siguiente manera:

- a) Luego de haber ejecutado el programa, se elige la opción “configuración”.

Figura 22

Ventana de configurador del FieldLogger



- b) Procedieron a la ejecución de una “nueva configuración”; donde realizaron cambios y se conectaron a el fieldlogger, y a la computadora mediante Ethernet también lo ejecutaron mediante un USB donde selecciona la opción “leer configuración”; eligieron la opción del datalogger luego lo instalaron, el cual correspondió al “FieldLogger – Ethernet, USB, x512 logs, 2Xrs485, HMI”, luego le asignaron un nombre al proyecto.

Figura 23

Ventana de configurador del FieldLogger – Configuraciones iniciales

**Figura 24**

Ventana de nueva configuración



- c) Se procedió con la configuración general, donde se indicó el nombre del dispositivo o configuración y se seleccionaron el nivel de acceso, habilitación de la colecta de datos, y el reset diario.

Figura 25

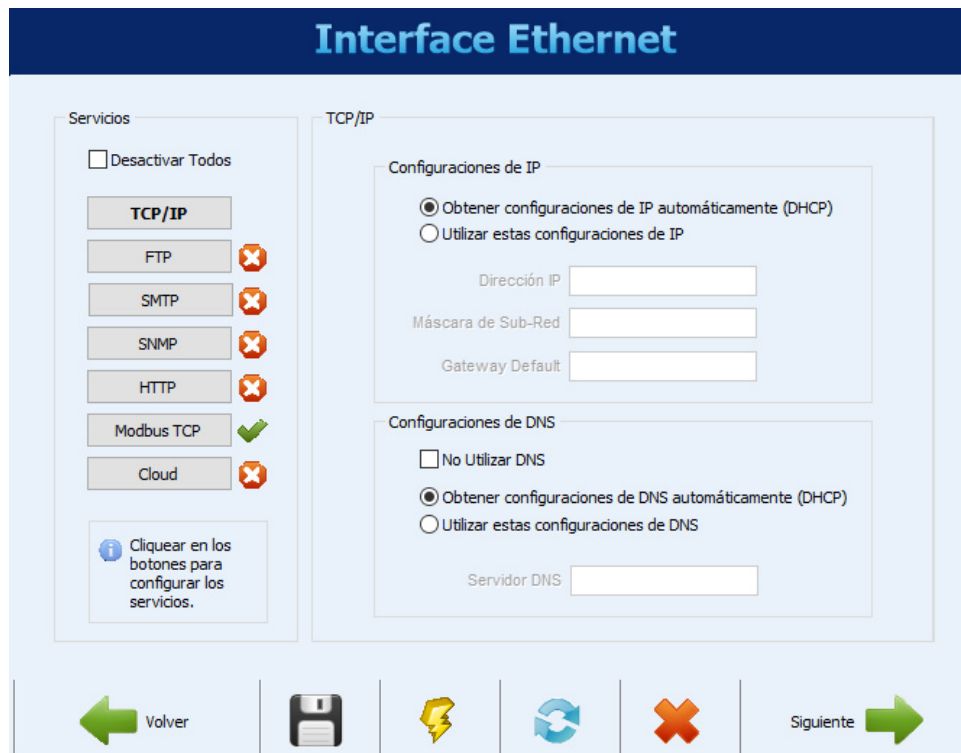
Ventana de configuraciones generales

- d) En la siguiente ventana se configuraron la interface RS485, teniendo en cuenta que el instrumento se encontró conectado por RS485 al AirGate 3G, se configuro como esclavo para que el AirGate 3G donde se pudo leer los datos del FieldLogger, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 26*Ventana de Interfaz RS485*

The screenshot shows a web-based configuration interface titled "Interface RS485". It is divided into two main sections: "Modo" (Mode) and "Parámetros" (Parameters). In the "Modo" section, there are three radio buttons: "Deshabilitado", "Maestro", and "Esclavo", with "Esclavo" being the selected option. The "Parámetros" section contains four configuration fields: "Dirección" (Address) with a text input containing "1", "Bits de Parada" (Stop Bits) with a dropdown menu set to "1", "Baud Rate" with a dropdown menu set to "115200", and "Paridad" (Parity) with a dropdown menu set to "Ninguna". At the bottom of the window, there is a navigation bar with six icons: a green left arrow labeled "Volver", a floppy disk icon, a yellow lightning bolt icon, a blue circular refresh icon, a red X icon, and a green right arrow labeled "Siguiete".

Cabe resaltar que la comunicación con el AirGate 3G se da vía conexión por Ethernet, para lo cual se utilizó la siguiente ventana de configuración:

Figura 27*Ventana de Interfaz Ethernet*


Para la configuración por Ethernet se habilito la opción “Utilizar estas configuraciones IP” y se utilizaron los siguientes datos:

- ✓ Dirección IP: 192.168.1.3
 - ✓ Máscara de Sub-Red: 255.255.255.0
 - ✓ Gateway Default: 192.168.1.1
 - ✓ Puerto de servicio: 502
 - ✓ Dirección: 255
- e) Se procedió a configurar las entradas analógicas para cada medidor de flujo de combustible, asignándoles los siguientes nombres: FT-BABOR, FT-ESTRIBOR, FT-R-BABOR, FT-R-

ESTRIBOR.

Se configuro los valores mínimos, máximos y la unidad de medida de acuerdo a lo indicado en la placa o ficha técnica del medidor de flujo, esto para cada medidor de flujo de combustible.

Figura 28

Ventana de configuración de los canales analógicos

Para las tuberías de salida y retorno de cada tanque diario se dispuso de la siguiente información:

- ✓ Tanque de salida: tubería de 2" (DN 50)
- ✓ Tubería de retorno: 1" (DN 25)

Por lo indicado, cada tipo de tubería se eligió los siguientes flujómetros según la ficha

técnica del fabricante de los flujómetros, considerando que el combustible diésel tiene una viscosidad entre 2 y 5 MPa.s:

Figura 29

Rangos de medición de los medidores de flujo

Technical data				
Type	Connection	Flow rate(L/H)		
		0.6~2map.s	2~8map.s	8~200map.s
DT-O-10	1/2"~3/8"	40~400	40~400	40~400
DT-O-15	Flange 4*Φ14	380~1500	200~1500	150~1500
DT-O-20	Flange 4*Φ14	750~3000	400~3000	300~3000
DT-O-25	Flange 4*Φ14	1500~6000	800~6000	600~6000
DT-O-40	Flange 4*Φ18	3000~15000	2000~15000	1500~15000
DT-O-50	Flange 4*Φ18	4800~24000	3200~24000	2400~24000
DT-O-80	Flange 4*Φ18	12000~60000	8000~60000	6000~60000
DT-O-100	Flange 4*Φ18	20000~100000	13000~100000	10000~100000
DT-O-150	Flange 4*Φ18	24000~120000	15000~120000	12000~120000

Fuente: CX-OGFM-DTO Oval Gear Flow Meter

Según lo indicado en la tabla, cada flujómetro según el diámetro de tubería se asignó los siguiente rangos mínimos y máximos:

✓ Tanque de salida: tubería de 2" (DN 50)

- Máximo: 20,800 l/h
- Mínimo: 0 l/h

✓ Tubería de retorno: 1" (DN 25)

- Máximo: 5,200 l/h
- Mínimo: 0 l/h

- f) No se configuraron las entradas digitales.

Figura 30

Ventana de configuración de los canales digitales

Canales Digitales

Canales

- ☒ Canal 1 **Entrada**
- ☐ Canal 2 **Entrada**
- ☐ Canal 3 **Entrada**
- ☐ Canal 4 **Entrada**
- ☐ Canal 5 **Entrada**
- ☐ Canal 6 **Entrada**
- ☐ Canal 7 **Entrada**
- ☐ Canal 8 **Entrada**
- ☐ Relé 1 **Salida**
- ☐ Relé 2 **Salida**

Parámetros

Modo

- ☒ Entrada
- ☐ Salida

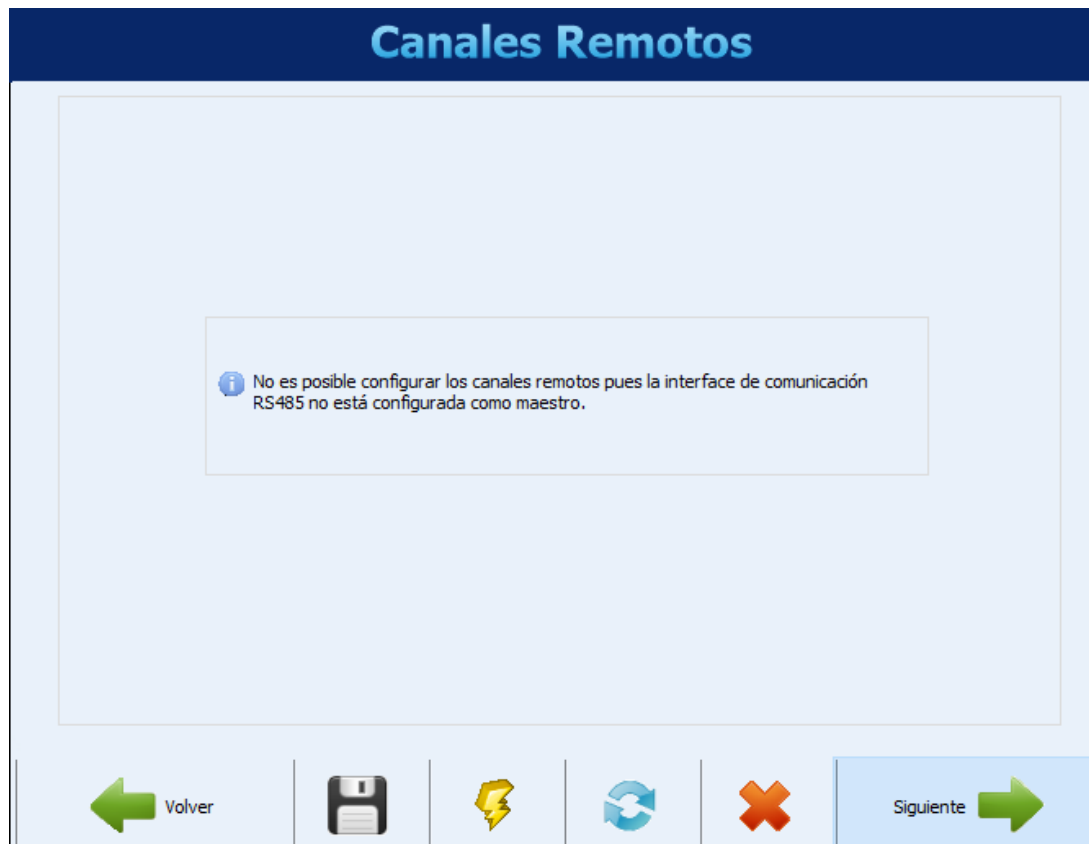
☐ Lectura Habilitada

Volver

- g) Se configuran los canales remotos en el FieldLogger como maestro.

Figura 31

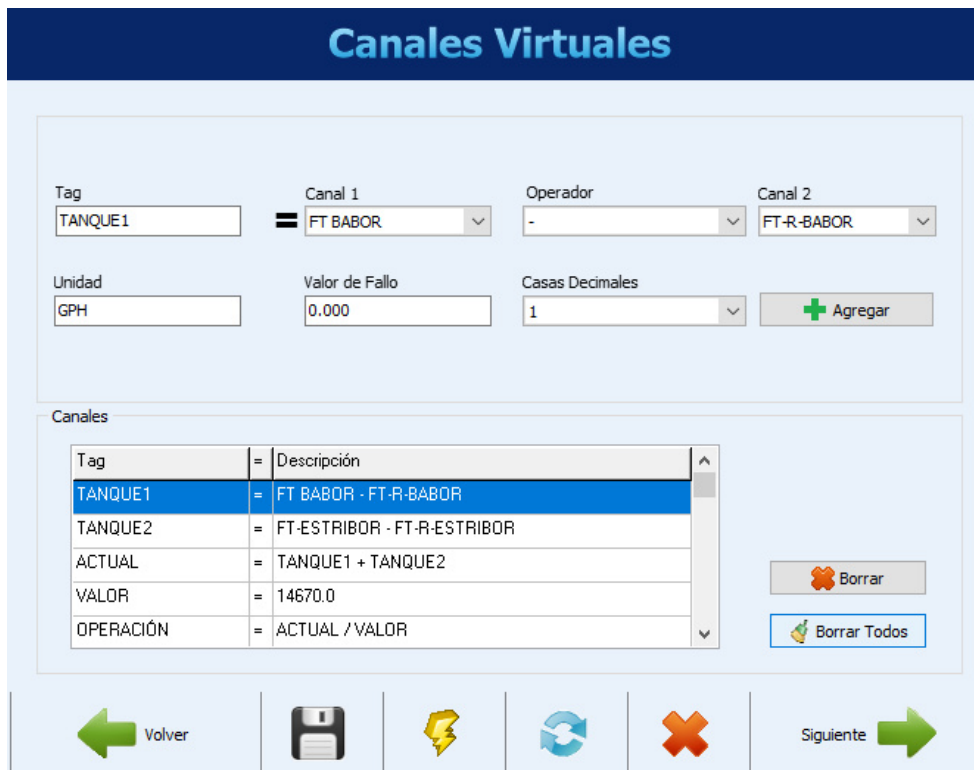
Ventana de configuración de los canales remotos



- h) En la ventana de canales virtuales se configuraron las ecuaciones que sirvieron para conseguir el consumo de combustible para cada tanque diario.

Figura 32

Ventana de configuración de los canales virtuales



Canales Virtuales

Tag: Canal 1: Operador: Canal 2:

Unidad: Valor de Fallo: Casas Decimales:

Canales

Tag	Descripción
TANQUE1	FT BAVOR · FT-R-BABOR
TANQUE2	FT-ESTRIBOR · FT-R-ESTRIBOR
ACTUAL	TANQUE1 + TANQUE2
VALOR	14670.0
OPERACIÓN	ACTUAL / VALOR

Cada tanque diario estuvo configurado de la siguiente manera:

$Consumo_{Tanque-Babor/Estribor}$

$$= (FT - BAVOR/ESTRIBOR) - (FT - R - BAVOR/ESTRIBOR)$$

Donde:

$Consumo_{Tanque-Babor/Estribor}$: Consumo de combustible del tanque diario de Babor/Estribor en Gal/h.

$FT - BAVOR/ESTRIBOR$: Consumo de combustible de salida del tanque diario en tubería de 2" en Gal/h.

$FT - R - BAVOR/ESTRIBOR$: Consumo de combustible de retorno al tanque diario en tubería

de 1" en Gal/h.

Las ecuaciones para el cálculo de consumo de combustible para cada tanque diario de acuerdo a los canales virtuales del software "FieldLoggerConfig" será de la siguiente manera:

- Se definió el factor de conversión del combustible, litros a galones, y el factor de combustión del tiempo, horas a segundos.

CV1: Constante 1

CV2: Constante 2

Donde:

✓ *Constante 1: Factor de conversión de litros a galones (3.78541).*

✓ *Constante 2: Factor de conversión de horas a segundos (3600).*

- Se definieron las salidas y retornos de combustible en gal/h, debido a que la señal del medidor de los medidores de flujo de combustible viene configurada en l/h desde fábrica, los siguientes canales virtuales definen la salida de combustible y el retorno de combustible para cada tanque diario, indicando para cada valor un nuevo canal virtual.

$$CV3 = \frac{FT-BABOR}{Constante\ 1}; \text{ en gal/h}$$

$$CV4 = \frac{FT-R-BABOR}{Constante\ 1}; \text{ en gal/h}$$

$$CV5 = \frac{FT-ESTRIBOR}{Constante\ 1}; \text{ en gal/h}$$

$$CV6 = \frac{FT-R-ESTRIBOR}{Constante\ 1}; \text{ en gal/h}$$

- Se definieron el consumo de combustible para cada tanque diario con la siguiente operación, agregando un nuevo canal virtual para cada tanque diario:

$$CV7 = CV3 - CV4$$

$$CV8 = CV5 - CV6$$

Donde:

- ✓ $CV7$: Consumo de combustible de salida menos el consumo de combustible en el retorno del tanque de Babor.
- ✓ $CV8$: Consumo de combustible de salida menos el consumo de combustible en el retorno del tanque de Estribor.
- Se aplicaron el factor de conversión de horas a segundos a los flujos de combustible de las operaciones $CV7$ y $CV8$ utilizando el $CV2$ y se define como un nuevo canal virtual para cada operación.

$$CV9 = CV7/CV2; \text{ en gal/seg en máxima (20 mA)}$$

$$CV10 = CV8/CV2; \text{ en gal/seg en máxima (20 mA)}$$

- Se definió el consumo de combustible para cada tanque diario en galones utilizando el operador “acumulación” y se configura por segundo para obtener el consumo final.

$$CV11 = CV9: \text{acumulación; en galones}$$

$$CV12 = CV10: \text{acumulación; en galones}$$

Donde:

- ✓ $CV11$: Consumo de combustible del tanque de Babor en galones

✓ CV12: Consumo de combustible del tanque de Estribor en galones

- i) En la ventana de alarmas se configuraron todas las que se consideran necesarios de acuerdo a las condiciones de registro de las variables y estas pueden activar relés de accionamiento, inicio o termino de registros o dar preset a los contadores o acumuladores.

Figura 33

Ventana de configuración de alarmas

- j) En la ventana de registro se seleccionaron los siguientes parámetros:

- Modo de inicio de registro
- Modo de término

- Selección de canales
- Memoria de registros
- Intervalo de registros

Figura 34

Ventana de configuración de registros

- k) Luego de terminado las configuraciones se activó la configuración del FieldLogger mediante cable USB, si es de necesidad también se activa por Ethernet conectado al instrumento.

Figura 35

Ventana de envío de configuraciones al FieldLogger



2.3.2.3.2. Proceso de Configuración del Airgate 3G. Antes de ingresar a la configuración del AirGate 3G, se colocó el chip que permitió tener acceso de manera remota a los datos que se requiere transmitir desde el FieldLogger, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 36

Hardware del AirGate 3G



Para configurar el AirGate 3G se siguieron los siguientes pasos:

- a) Se conectaron el AirGate 3G vía Ethernet a la computadora para proceder con la configuración, ingresando la dirección IP 192.168.0.1 y digitando el usuario y contraseña proporcionados por el fabricante, admin para ambos.

Figura 37

Ventana de ingreso al AirGate 3G

User authentication required. Login please.

Username:

Password:

Language:

▼

Please enter your login username and password.

Login

- b) Se procedió con el ajuste de la fecha y hora, así como la zona horaria donde se encuentra la instalación realizada.

Figura 38

Ventana de actualización de fecha y hora

Clock

Real Time Clock Settings

Real Time Clock: 2019-05-31 16:48:56
PC Time: 2019-05-31 13:48:04

Timezone Setting

Timezone: UTC-03:00 Greenland, Brazil East, Guyana
Expert Setting:

* Daylight Saving Time in TZ environment variable format.
* And the Time Zone option will be ignored in this case.

NTP Settings

☒ Enable NTP Client
Primary NTP Server: pool.ntp.org
Secondary NTP Server:
Update Interval (h): 1
☐ Enable NTP Server

- c) Se configuraron la conexión a internet por medio del chip instalado en el instrumento, seleccionando los siguientes parámetros.

Figura 39

Ventana de configuración de acceso a internet

NOVUS Save Reboot

Status

- System
- Network
- Route
- VPN
- Services
- Channels
- Event/Log

Configuration

- Link Management**
- Cellular WAN
- Ethernet
- Serial
- DI/DO

Link Management

Link Management Settings

Primary Interface: Cellular

Backup Interface: Eth0

ICMP Detection Primary Server: 8.8.8.8

ICMP Detection Secondary Server: 8.8.4.4

ICMP Detection Interval (s): 30

ICMP Detection Timeout (s): 3

ICMP Detection Retries: 3

☒ Reset The Interface

**It is recommended to use an ICMP detection server to keep router always online.*

**The ICMP detection increases the reliability and also cost data traffic.*

**DNS example: Google DNS Server 8.8.8.8 and 8.8.4.4*

Acceso principal

Acceso secundario

d) Luego se procedió con la configuración de la comunicación celular de la siguiente manera.

Figura 40

Ventana de configuración de chip celular

Status

- System
- Network
- Route
- VPN
- Services
- Channels
- Event/Log

Configuration

- Link Management
- Cellular WAN**
- Ethernet
- Serial
- DI/DO
- Remote Channels
- Modbus over TCP
- NOVUS Cloud
- CTP

Basic Advanced ISP Profile

Cellular Settings

SIM1

Status: Ready

Network Provider Type: Auto

APN:

Username:

Password:

Dialup No.:

PIN Type: None

PPPoE Bridge Setting

☐ Enable PPPoE Bridge

Connection Mode

Connection Mode: Always Online

Redial Interval (s): 30

Max Retries: 3

Dual SIM Policy

Normalmente toma los datos automáticamente de la red

Siempre conectado o por demanda

NOVUS

- e) Se configuro la conexión Ethernet que nos brindó la conexión a internet a los equipos conectados a este (p.e. FieldLogger).

Figura 41

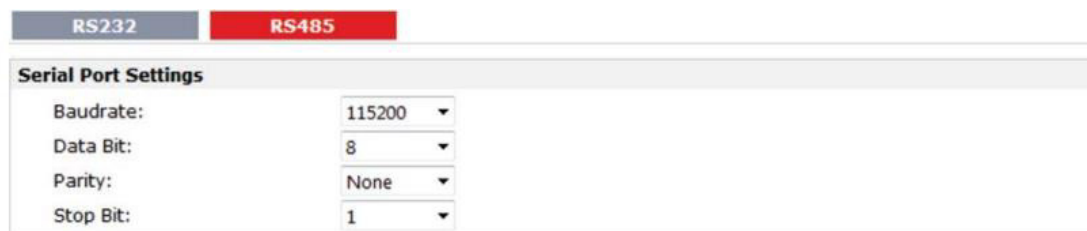
Ventana de configuración de la conexión a internet



- f) Se configuro la red serial RS485 donde se estableció la comunicación con el registrador FieldLogger y se seleccionaron la misma velocidad de transferencia configurada en el registrador (Baudrate = 115200) y se estableció el protocolo como Modbus Master para recibir los datos de los canales del registrador de datos.

Figura 42

Ventana de configuración de la red serial RS485 – Maestro Modbus



Protocol Settings	
Protocol:	Modbus Master
Reading Interval(s)	30
Attempts	3
Max Response Time(ms)	500
Time Between Commands(ms)	50
Logging Type	NULL

- g) Se configuro los canales remotos requeridos por el AirGate 3G, de los comandos Modbus, siendo ellos los que se definieron el documento “FieldLogger Modbus Communication Manual”, que fue descargado desde la página web de Novus Automation. En el caso de los canales virtuales donde se encontraron los consumos de combustible de cada tanque diario fueron los siguientes, de acuerdo a la dirección de estas.

Figura 43

Comandos de Comunicación Modbus del FieldLogger

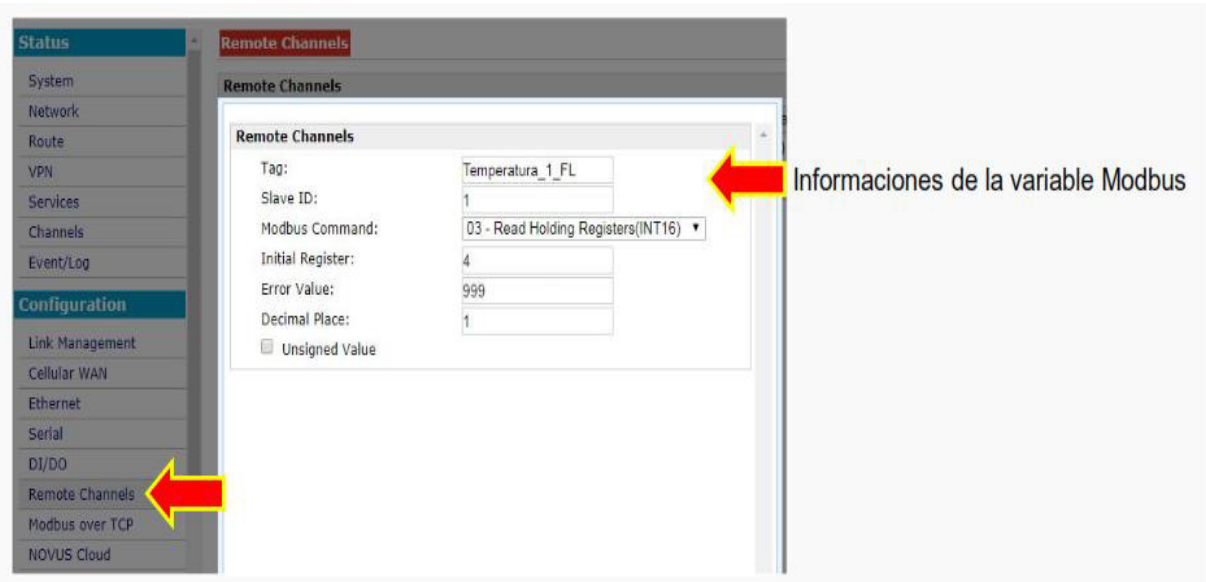
93	Remote channel 62 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Remote_62_Int
94	Remote channel 63 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Remote_63_Int
95	Remote channel 64 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Remote_64_Int
96	Virtual channel 1 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Virtual_001_Int
97	Virtual channel 2 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Virtual_002_Int
98	Virtual channel 3 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Virtual_003_Int
99	Virtual channel 4 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Virtual_004_Int
100	Virtual channel 5 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Virtual_005_Int
101	Virtual channel 6 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Virtual_006_Int
102	Virtual channel 7 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Virtual_007_Int
103	Virtual channel 8 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Virtual_008_Int
104	Virtual channel 9 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Virtual_009_Int
105	Virtual channel 10 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Virtual_010_Int
106	Virtual channel 11 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Virtual_011_Int
107	Virtual channel 12 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Virtual_012_Int
108	Virtual channel 13 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Virtual_013_Int
109	Virtual channel 14 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Virtual_014_Int
110	Virtual channel 15 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Virtual_015_Int
111	Virtual channel 16 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Virtual_016_Int
112	Virtual channel 17 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Virtual_017_Int
113	Virtual channel 18 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Virtual_018_Int
114	Virtual channel 19 value (signed 16-bit integer)	-32768	32767	R	Virtual_019_Int

Fuente: FieldLogger Communication Manual

Conociendo la dirección de cada canal virtual se procedió a configurar estos canales en el AirGate 3G de la siguiente manera.

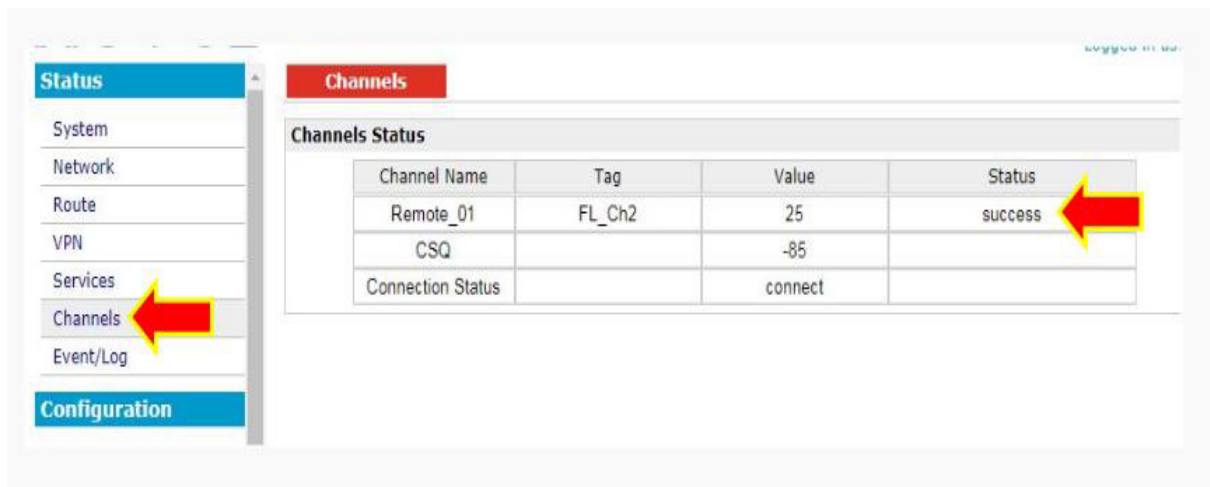
Figura 44

Ventana de configuración de los canales remotos

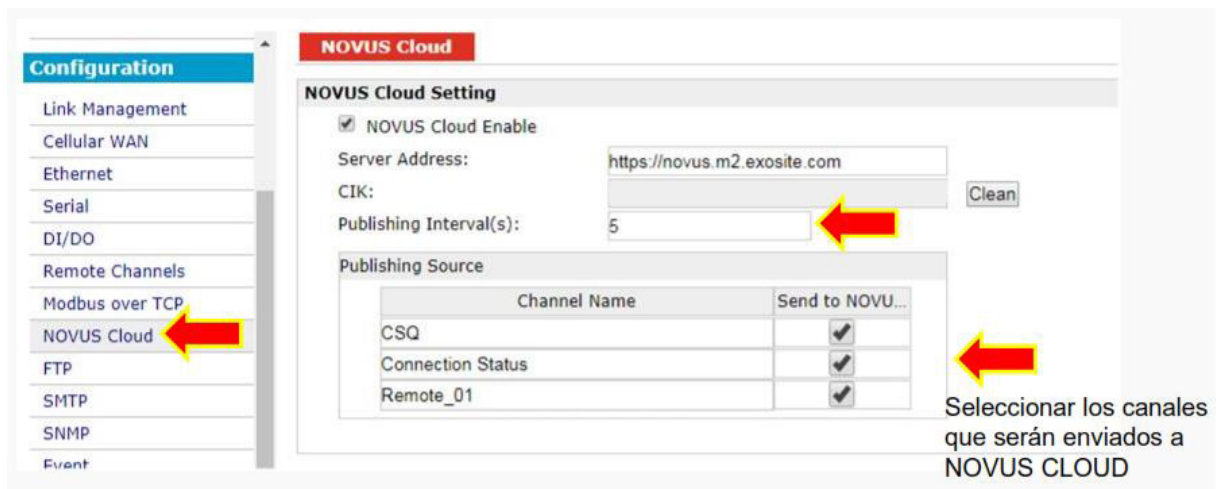


Indicando el TAG del canal virtual, la dirección del instrumento esclavo (FieldLogger, dirección 1), el comando Modbus (03 – Read Holding Registers (INT16)) y el registro inicial que indicaría la dirección de cada canal virtual (canales 11 y 12, dirección 106 y 107 respectivamente).

- h) Se verifico el estado de las lecturas de los canales virtuales que ingresaron a la ventana “Status – Channels”, como se indica en la siguiente figura.

Figura 45*Ventana de estados de los canales remotos*

- i) Se seleccionó la habilitación del envío de datos a la plataforma Novus Cloud y seleccionaron las variables requeridos y enviados a la plataforma (canales remotos 1 y 2).

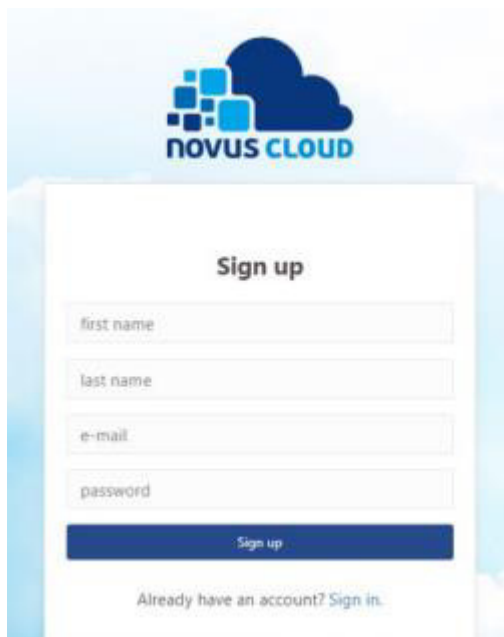
Figura 46*Ventana de configuración de envío de datos a Novus Cloud*

2.3.2.3.3. Configuración del Novus Cloud. Para poder realizar la configuración del Novus Cloud y visualizar de manera remota los canales del router AirGate 3G se realizan los siguientes pasos:

- a) Se accedió al portal de Novus Cloud a través de la dirección <https://iot2.novusautomation.com>. Logrando acceder a su cuenta donde se creó una cuenta con el correo del cliente e introdujo una contraseña de acceso.

Figura 47

Plataforma de inscripción a Novus Cloud

The image shows a web browser window displaying the Novus Cloud sign-up page. At the top, there is a logo consisting of a blue cloud shape with several small blue squares to its left, and the text 'NOVUS CLOUD' in blue capital letters below it. Below the logo, the heading 'Sign up' is centered. Underneath the heading, there are four input fields stacked vertically, labeled 'first name', 'last name', 'e-mail', and 'password'. Below these fields is a solid blue button with the text 'Sign up' in white. At the bottom of the form area, there is a link that says 'Already have an account? Sign in.' in a smaller, lighter blue font.

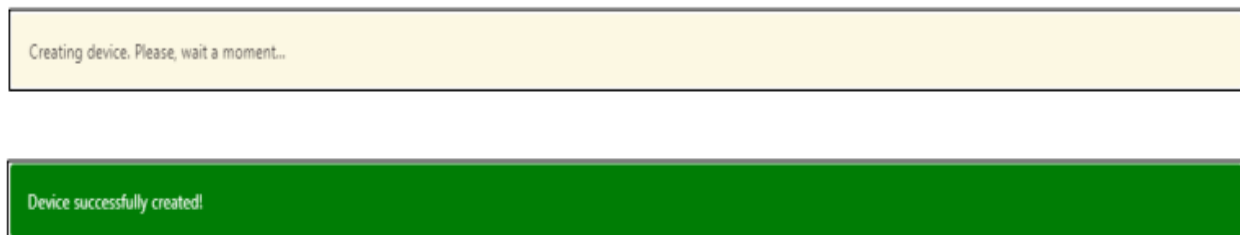
- b) Se procedió con el registro del dispositivo (AirGate 3G). donde se llenaron los campos del registro del dispositivo necesario para su registro ingresando el número de serie del dispositivo. Se puso el nombre del dispositivo, modelo, serie y lugar donde se encuentra el dispositivo (opcional).

Figura 48*Ventana de creación de nuevo dispositivo*

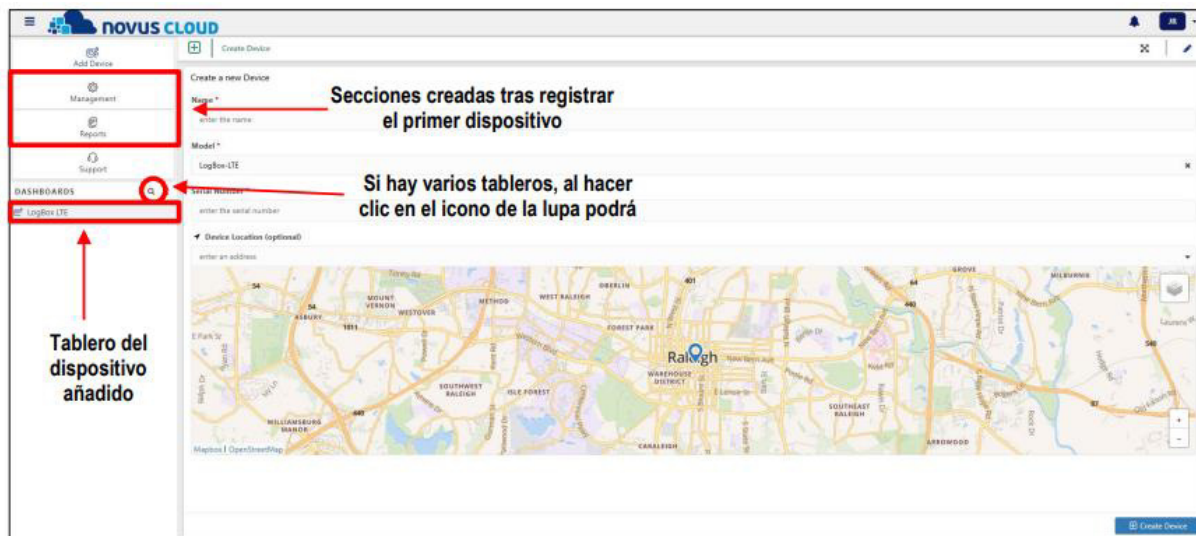
The screenshot shows the 'Create a new Device' page in the Novus Cloud web interface. The browser address bar shows 'iot2.novusautomation.com/add_device'. The left sidebar contains navigation links: 'Add Device', 'Management', 'Reports', 'Support', and 'DASHBOARDS'. The main form area is titled 'Create a new Device' and contains the following fields:

- Name ***: A text input field containing 'AIRGATE 3G'.
- Model ***: A dropdown menu with 'AirGate-3G' selected.
- Serial Number ***: A text input field with the placeholder 'enter the serial number'.
- Device Location (optional)**: A section with a map of Raleigh, NC, and a text input field with the placeholder 'enter an address'.

- c) Luego se procedió a crear el dispositivo y la plataforma Novus Cloud iniciando el proceso de creación del dispositivo donde nos mostró los siguientes mensajes, respectivamente.

Figura 49*Mensaje de creación de nuevo dispositivo*

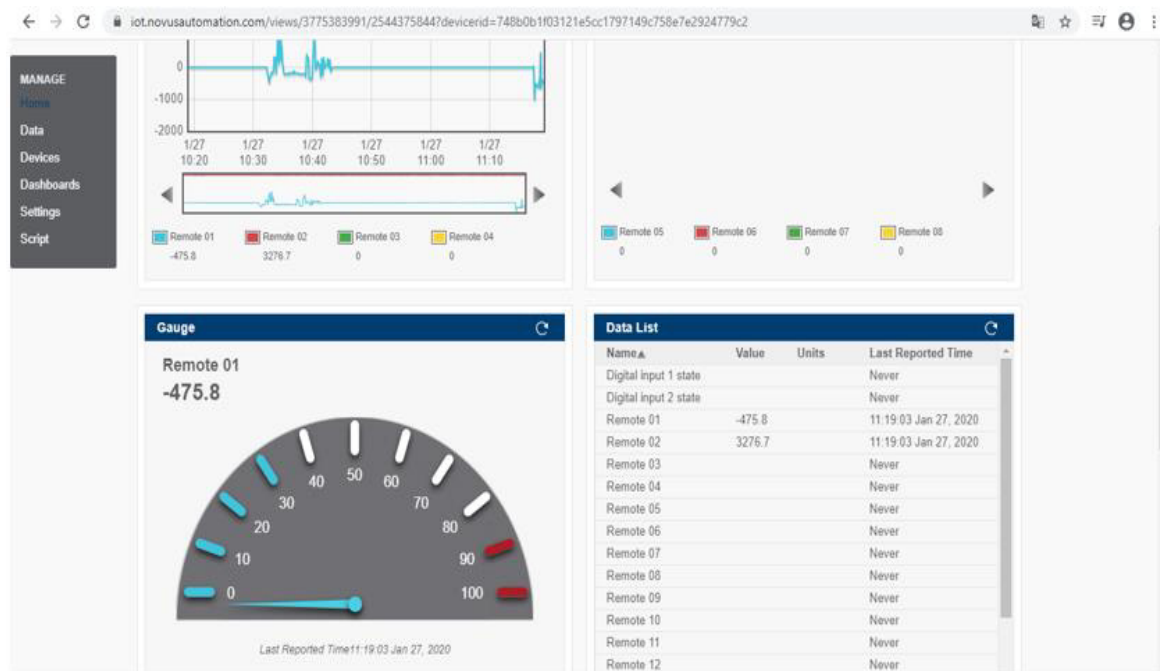
Si se completó con éxito el registro del dispositivo, se visualizó el dispositivo en la parte izquierda de la plataforma.

Figura 50*Plataforma de Novus Cloud*

- d) Luego de que el dispositivo fue reconocido por la plataforma se procedió a crear los Dashboards y Widgets que nos permitió visualizar las variables enviadas por el AirGate 3G y se procedió la ejecución de los reportes de estas variables. Los pasos para la creación de los Widgets se pudieron visualizar en el manual de la plataforma Novus Cloud.

Figura 51

Dashboard y Widgets creados para los canales remotos



2.3.2.4. Implementación del Sistema en la Embarcación. El procedió a la implementación del sistema ejecutado en la embarcación, estando la nave en estado operativo, respetando las normas de seguridad industrial y marítima. Los flujómetros fueron instalados en las tuberías del combustible asegurando una correcta alineación y sellado, con la finalidad de evitar fugas y garantizar mediciones precisas.

El FieldLogger y el módem, GPRS fueron montados en un gabinete de poliéster con protección adecuada contra vibraciones, humedad y variaciones de temperatura, propias del ambiente marino. Se realizaron las conexiones eléctricas y de comunicación necesarias verificando la estabilidad del suministro de energía y la continuidad de la transmisión de datos.

2.3.2.5. Pruebas Operativas y Ajustes del Sistema. Las diversas pruebas operativas y ajustes del sistema de efectuaron en condiciones reales, tanto durante la navegación como en operaciones de puerto. Estas pruebas permitieron verificar la correcta adquisición de datos, la estabilidad de la comunicación GPRS y la precisión de los registros de consumo.

En este espacio de prueba se realizaron ajustes en los parámetros de muestreo, escalamiento de señales y configuración de alarmas, optimizando el desempeño del sistema y asegurando la confiabilidad de la información registrada.

2.3.2.6. Funcionamiento del Sistema Propuesto. El sistema propuesto nos permitió visualizar el registro automático y continuo de combustible, descartando toda posibilidad de ejecutar las mediciones manuales mediante varillas de sondaje, ya que la percepción de los datos obtenidos por nuestro sistema innovado nos permitió almacenar de forma segura y transmitidos en forma real a la plataforma de monitoreo, donde se visualizó, se analizó y se comparó con registros históricos.

Con esta gran innovación, la empresa mostro su gran satisfacción la implementación de esta herramienta tecnológica que le facilito el control del consumo de diésel, redujo la posibilidad de errores humanos y la adulteración de datos, ya que contribuyo en la optimización de los costos operativos de la embarcación Ampato.

2.3.3. Factibilidad Técnica–Operativa

En el presente proyecto se determinó la viabilidad real de la implementación, funcionamiento y sostenibilidad del sistema de registro y monitoreo del consumo de combustible en la embarcación Ampato de la empresa IAN TAYLOR, considerando las condiciones propias del entorno marino, los recursos disponibles y la capacidad operativa del personal.

2.3.3.1. Factibilidad Técnica. Con referencia a la factibilidad técnica, la propuesta se consideró altamente viable, teniendo en cuenta que utilizo equipos de medición, de adquisición de datos y comunicación de alta gama tecnología, disponibles en el mercado, cuentan con soporte técnico especializado, y son utilizados con mucha frecuencia en aplicaciones industriales y navales.

Los flujómetros de desplazamiento positivo utilizados son de alta precisión, confiabilidad y estabilidad frente a las variaciones de temperatura, vibraciones y cambios de viscosidad del combustible, características fundamentales para su operación en embarcaciones, su instalación en líneas de suministro de combustible no alteró el funcionamiento normal de los motores ni compromete la seguridad del sistema.

El registrador de datos NOVUS FieldLogger cumple con los requerimientos técnicos de adquisición y almacenamiento de información, permitiendo la integración de múltiples señales, la ejecución de cálculos internos y la gestión de alarmas. Su capacidad de comunicación mediante protocolos industriales y su compatibilidad con sistemas GPRS aseguran la correcta transmisión de datos hacia plataformas de monitoreo remoto.

Asimismo, el uso del módem GPRS Airgate – 3G garantizo la conectividad remota del sistema, incluso en zonas de operación marítima. Gracias a su capacidad de redundancia de conexión y almacenamiento temporal de datos ante interrupciones de la señal. La arquitectura del sistema permitió que utilicen en futuras ampliaciones, como la incorporación de nuevos sensores o la integración con plataformas SCADA.

2.3.3.2. Factibilidad Operativa. El sistema instalado en esta embarcación fue enteramente factible, ya que se adaptaron en los procedimientos actuales de operación, no generaron interrupciones, ni requirieron modificaciones estructurales significativas, se obtuvo resultados eficientes por la presencia de la automatización en el registro de consumo de combustible, lo cual redujo la carga operativa del personal de máquinas, elimino la necesidad de realizar mediciones manuales periódicas mediante varillas de sondaje. por lo que redujo el tiempo dedicado a tareas administrativas, la probabilidad de errores humanos y optimizo la confiabilidad de los registros.

El sistema fue diseñado para ser intuitivo y de fácil uso, permitiendo que el personal técnico manipule y supervise el sistema tras una capacitación básica. La visualización de datos en tiempo real y la generación de reportes automáticos facilitaron la toma de decisiones por parte de los responsables de la embarcación y de la empresa.

Asimismo, el sistema no interfirió con la operación normal de la embarcación, su funcionamiento fue de manera continua y autónoma, incluso durante las maniobras de navegación y atraque. Su implementación contribuyo con la mejora los controles internos, la transparencia en el uso del combustible y la planificación del mantenimiento preventivo.

2.3.3.3. Sostenibilidad y Mantenimiento del Sistema. El sistema propuesto presento una alta sostenibilidad operativa, debido a que los equipos utilizados no requiso de mantenimientos mínimos ya que contaban con respaldo técnico y disponibilidad de repuestos. los mantenimientos preventivos fueron mínimos, ya que se limitaron principalmente en la verificación periódica de los flujómetros, conexiones eléctricas y comunicación de datos. La arquitectura modular del sistema facilito la detección de fallas y la sustitución de componentes sin afectar la operación general de la embarcación. Asimismo, el almacenamiento histórico de

datos nos permitió ejecutar análisis de tendencias y programo lo mantenimientos requeridos basados en el consumo real de combustible.

2.3.4. Cuadro de Inversión

El presente proyecto se sustentó económicamente con una propuesta de costos de los recursos necesarios utilizados en la implementación del sistema de registros y monitoreo del consumo de combustible en la embarcación Ampato. Asimismo, se debe indicar que, la inversión fue estructurado considerando los siguientes rubros:

- ✓ Equipos de medición y control
- ✓ Equipos de comunicación y monitoreo
- ✓ Materiales de instalación
- ✓ Software y configuración
- ✓ Mano de obra

2.3.4.1. Costos Indirectos. Los costos consignados correspondieron a valores referenciales de mercado, necesarios por lo que se evaluó la viabilidad económica del proyecto.

2.3.4.2. Cuadro de Inversión del Sistema Propuesto.

Tabla 5

Inversión para el diseño e implementación del sistema de registro de consumo de combustible

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
1	Flujómetro de desplazamiento positivo para diésel 1"	2	1 290	2 580
2	Flujómetro de desplazamiento positivo para diésel 2"	2	1 760	3 520
3	Registrador de datos NOVUS FieldLogger	1	1 200	1 200
4	Modem GPRS Airgate-3G	1	775	775
5	Servicio de Instalación de monitoreo remoto de consumo de combustible (incluye materiales de instalación, instalación de equipos, pruebas y puesta en marcha)	1	1 600	1 600
Inversión total estimada				9 675

2.3.4.3. Estudios del Cuadro de Inversión. El presente cuadro de inversiones nos detalló los costos asociados al diseño e implementación del sistema de registro y monitoreo del consumo de combustible en la embarcación Ampato. La mayor proporción de la inversión correspondió a los equipos de medición y adquisición de datos, los cuales constituyeron el núcleo del sistema y garantizan la precisión y confiabilidad de la información registrada, no obstante que la inversión total ascendió a USD 9 675, lo cual fue un monto considerado razonable y proporcional en relación con los beneficios operativos y económicos esperados, tales como: la reducción de pérdidas de combustible, la disminución de errores humanos y la optimización del control de consumo diésel. Asimismo, el sistema propuesto presenta un

carácter modular y escalable, lo que permitió su aplicación en otras embarcaciones sin requerir inversiones significativas.

2.4. Análisis de Resultados

2.4.1. Análisis Costo – Beneficio

El análisis costo-beneficio tuvo como finalidad evaluar la rentabilidad económica del diseño e implementación del sistema de registro de consumo de combustible en la embarcación Ampato de la empresa IAN TAYLOR, comparando la inversión inicial requerida con los beneficios económicos derivados de la reducción de pérdidas de combustible, optimización operativa y mejora en el control del consumo de diésel.

2.4.2. Costos Asociados al Proyecto

Los costos del proyecto correspondieron principalmente a la inversión inicial, detallada en el cuadro de inversión, lo cual asciende a:

Inversión total estimada: USD 9 675

Adicionalmente, los costos de operación y mantenimiento del sistema son mínimos, limitándose a inspecciones periódicas, verificación de sensores y mantenimiento preventivo, los cuales se consideraron marginales en comparación de los beneficios económicos generados

2.4.3. Identificación de Beneficios Económicos

2.4.3.1. Reducción de Pérdidas de Combustible. Antes de la implementación del sistema en la embarcación Ampato, el control manual del consumo de combustible generaba desviaciones significativas entre el consumo real y el registrado, producto de errores humanos,

mediciones imprecisas y posibles prácticas irregulares. Visto estos datos obtenidos de acuerdo con los registros históricos y la experiencia operativa, se estimaron perdida promedio de combustible del 8% mensual respecto al consumo real de la embarcación. Teniendo en cuenta, el consumo promedio de 10,000 litros de diésel mensuales y un costo aproximado de USD 1.20 por litro, se obtiene:

Perdida mensual estimada:

$$10,000 \text{ L} \times 8\% = 800 \text{ litros}$$

$$800 \text{ L} \times \text{USD } 1.20 = 960 \text{ USD/ mes}$$

Pérdida anual estimada:

$$\text{USD } 960 \times 12 = 11,520 \text{ USD / año}$$

Ahora con la implementación del sistema automatizado, se generó una reducción de estas pérdidas al menos de 70%, gracias a la medición precisa y al monitoreo continuo del consumo.

Ahorro anual por reducción de pérdidas:

$$\text{USD } 11,520 \times 70\% = \text{USD } 8,064 / \text{año}.$$

2.4.3.2. Reducción de Costos Operativos (Horas Hombres). El sistema automatizado elimino la necesidad de realizar mediciones manuales periódicas y el llenado de registros físicos, lo que redujo el tiempo dedicado por el personal de máquinas a estas tareas. Se logró reducir un ahorro aproximado de 5 horas mensuales de trabajo del operador, considerando un costo promedio de USD 25 por hora:

Ahorro mensual:

$$5 \text{ horas} \times \text{USD } 25 = \text{USD } 125$$

Ahorro anual:

USD 125 x 12 = 1500 USD / año.

2.4.3.3. Beneficios Indirectos. Se obtuvieron estos beneficios económicos teniendo en cuenta los resultados, el sistema generó beneficios indirectos no cuantificables económicamente en el corto plazo, tales como:

- ✓ Mayor transparencia y trazabilidad del consumo de combustible
- ✓ Mejora en la toma de decisiones operativas y administrativas
- ✓ Reducción del riesgo de comercialización indebida del combustible
- ✓ Optimización del mantenimiento preventivo de los motores
- ✓ Cumplimiento de normativas y buenas prácticas operativas

III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA

3.1. Beneficio Económico Anual Total

Teniendo en cuenta el realce del proyecto, y sumando los beneficios económicos directos:

- ✓ Ahorro por reducción de pérdidas de combustible: USD 8,064
- ✓ Ahorro por reducción de horas hombre: USD 1,500
- ✓ Beneficio económico anual total: USD 9,564 / año.

3.2. Periodo de Recuperación de la Inversión (Payback)

El periodo de recuperación de la inversión se calculó dividiendo la inversión inicial entre el beneficio anual generado:

$$\text{Payback} = \frac{9,675}{9,564} = 1.01 \text{ años} ; \text{equivalente a 13.2 meses aproximadamente.}$$

3.3. Análisis del Costo – Beneficio

El resultado del análisis nos indicó que la inversión realizada en el sistema de registro de consumo de combustible se recuperó en el periodo de un año, lo que nos evidencio una alta rentabilidad del proyecto. La reducción de pérdidas de combustible representa el principal beneficio económico, seguido del ahorro en costos operativos asociados redujo en el tiempo de horas hombre. Por lo que el proyecto se fortaleció, no solo es técnica y operativamente rentable, sino que, contribuyo a la optimización de los recursos y la mejora de la eficiencia operativa de la embarcación Ampato.

IV. CONCLUSIONES

- ❖ Como resultado del proyecto se logró diseñar e implementar un sistema automatizado de registro y monitoreo del consumo de combustible en la embarcación Ampato de la empresa IAN TAYLOR, lo cual reemplazo al método manual de medición mediante varillas de sondaje, el cual presentaba deficiencias significativas en precisión y confiabilidad.
- ❖ El sistema implementado, basado en el uso de flujómetros de desplazamiento positivo, un registrador de datos NOVUS FieldLogger y un sistema de comunicación GPRS, estos instrumentos y equipos nos permitió obtener mediciones precisas, continuas y en tiempo real del consumo de combustible diésel, este sistema se adaptó adecuadamente a las condiciones operativas de la embarcación.
- ❖ Se automatizo el proceso de medición, se redujo de manera considerable los errores asociados al factor humano, las variaciones provocadas por el movimiento de la embarcación y las fluctuaciones de temperatura del combustible, se mejoró la confiabilidad de los registros y la trazabilidad de la información.
- ❖ El análisis de los resultados nos demostró la reducción significativa de las pérdidas de combustible, lo que se tradujo en una optimización de los costos operativos y una mejora del control interno de uso del diésel en la embarcación.
- ❖ El análisis costo – beneficio demostró que la inversión realizada fue económicamente rentable, con un periodo de recuperación inferior a un año, lo cual se validó la aptitud financiera del proyecto y su conveniencia para la empresa.
- ❖ El sistema propuesto contribuyo en el perfeccionamiento de la toma de decisiones operativas y administrativas, debido a que proporciono toda la información confiable y oportuna sobre

el consumo de combustible, lo que permitió ser gestión más eficiente de los recursos energéticos.

- ❖ Finalmente, se concluyó que el proyecto cumplió con los objetivos planteados y constituyo una solución técnica, operativa y económicamente viable, por lo que fue replicada en otras flotas navieras de la empresa IAN TAYLOR.

V. RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda extender la implementación del sistema de registro de consumo de combustible en todas sus embarcaciones de la empresa IAN TAYLOR, con el fin de estandarizar el control del consumo de diésel y maximizar los beneficios económicos y operativos obtenidos.
- ❖ Asimismo, se recomendó realizar mantenimientos preventivos periódicos a los flujómetros, sensores y equipos de adquisición de datos, cumpliendo con su objetivo de garantizar la precisión y confiabilidad del sistema a largo plazo.
- ❖ Se sugirió la implementación de programas de capacitación continua para el personal de máquinas y supervisión, orientados al correcto uso del sistema, interpretación de datos y aprovechamiento de los reportes generados.
- ❖ También se recomendó integrar el sistema de monitoreo con plataformas SCADA o sistemas de gestión de flotas, lo que permitió una eficiente supervisión centralizada del consumo de combustible y un análisis comparativo entre las diferentes embarcaciones.
- ❖ Para futuras mejoras, se sugirió la incorporación sensores adicionales, como medición de RPM, horas de operación y nivel de combustible en los tanques, con el fin de correlacionar el consumo de diésel con las condiciones operativas de la embarcación.
- ❖ Finalmente, se recomendó realizar auditorías periódicas del consumo de combustible, utilizando constantemente los datos históricos almacenados por el sistema, como herramienta de control y mejora continua de los procesos operativos.

VI. REFERENCIAS

- American Petroleum Institute. (s.f.). *Manual of Petroleum Measurement*. API.
- American Petroleum Institute. (s.f.). *Manual of Petroleum Measurement Standards*. API.
- Bentley, J. P. (2005). *Principles of Measurement Systems* (4a ed.). Pearson Prentice Hall.
- Çengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2006). *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications* (4a ed.). McGraw-Hill Higher Education.
- Chunga Pacheco, L. Y., Quino Quino, J. E., & Quino Quino, E. O. (2019). *Diseño de un sistema de control de consumo de diésel de embarcaciones en la empresa Savia Perú SA*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio UNP. <https://repositorio.unp.edu.pe/items/000a2630-fc9e-4933-8604-2383136e950f>
- International Maritime Organization. (s.f.). *IMO Data Collection System (DCS)*. International Maritime Organization. <https://www.imo.org>
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 50001:2018 Energy management systems — Requirements with guidance for use*. ISO.
- Liptak, B. G. (2003). *Instrument Engineers' Handbook, Volume One: Process Measurement and Analysis* (4a ed.). CRC Press.
- Moran, M. J., Shapiro, H. N., Boettner, D. D., & Bailey, M. B. (2018). *Fundamentals of Engineering Thermodynamics* (9th ed.). Wiley.
- National Marine Electronics Association. (2014). *NMEA 0400 Installation Standard version 4.00 (Draft)*. NMEA.
- Niigata Power Systems. (s.f.). *Manual de operación y especificaciones del motor Niigata 6L28HX*. Niigata.
- NOVUS Automation. (s.f.). *FieldLogger: Manual de instrucciones V1.6x G*. NOVUS Automation.

https://www.novusautomation.com/downloads/Arquivos/manual_fieldlogger_v16x_g_espa%C3%B1ol.pdf

NOVUS Automation. (s.f.). *NOVUS AirGate-3G Dual SIM Industrial Cellular VPN Router: User Manual V1.0x D.* NOVUS Automation.

https://www.novus.com.br/downloads/Arquivos/v10x_d_manual_airgate-3g_english.pdf

NOVUS Automation. (s.f.). *NOVUS Cloud: Manual de Instrucciones V1.0x E.* NOVUS Automation.

<https://www.novusautomation.com/es/producto/downloads2/getFile.asp?ID=2074e69090&Extensao=PDF>

Pájaro Velázquez, E. (2019). *Unificación de criterios en procedimientos de cálculo de emisiones y consumo energético en el transporte marítimo. Propuesta de un modelo específico por pasaje y tonelada transportada.* [Tesis doctoral, Universidad de Cadiz]. Repositorio UCA.
<https://rodin.uca.es/xmlui/handle/10498/22763>

Pinedo Sanchez, A. J. (2022). *Diseño e implementación del sistema de monitoreo digital del nivel de combustible, estado de la motirización, velocidad, y posición geográfica en una embarcación fluvial de la empresa Transtur S.A.* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional URP.
<https://repositorio.urp.edu.pe/entities/publication/54413267-4a99-4519-afc6-d54c3f41da41>

Saavedra Rubio, P. I. (2017). *Diseño de sistema de control del uso de combustibles para empresas navieras prestadoras de servicio a la industria acuicola.* [Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile]. Repositorio UACH.
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2017/bpms112d/doc/bpms112d.pdf>

Shanghai Cixi Instrument Co., Ltd. (s.f.). *Oval Gear Flowmeter - User Manual*. Shanghai Cixi Instrument Co., Ltd. Shanghai Cixi Instrument.

<https://www.gnstruments.com/english/html/83-1/1616.htm>