



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL
ESCUELA DE POSGRADOS "ESPOG"

MAESTRÍA EN
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021

PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGÍSTER

Título del proyecto:
Sistema de monitoreo de la presión en las líneas de carga de crudo del Terminal Marítimo Balao
Línea de Investigación:
Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable
Campo amplio de conocimiento:
Ingeniería, industria y construcción
Autor/a:
Vargas Ortiz Victor Alfonso
Tutor/a:
Mg. Wilmer Albarracín

Quito – Ecuador

2023

DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, Vargas Ortiz Victor Alfonso con C.I: 0503495988 autor del proyecto de titulación denominado: Monitoreo de la presión en las líneas de carga de crudo del terminal marítimo Balao. Previo a la obtención del título de Magister en Electrónica y Automatización.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor@ del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M., 06 de septiembre de 2023



VICTOR ALFONSO
VARGAS ORTIZ

Firma

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, Wilmer Fabián Albarracín Guarocho con C.I: 1713341152 en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: Sistema de monitoreo de la presión en las líneas de carga de crudo del Terminal Marítimo Balao Elaborado por: Victor Alfonso Vargas Ortiz, de C.I: 0503495988, estudiante de la Maestría: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 06 de septiembre de 2023



Firma

TABLA DE CONTENIDOS

PORTADA	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	3
TABLA DE CONTENIDOS	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
INFORMACIÓN GENERAL	1
Contextualización del tema	1
Problema de investigación	3
Objetivo general	5
Objetivos específicos	5
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos	5
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	8
2.1 Contextualización general del estado del arte	8
CAPÍTULO II: PROPUESTA	11
2.1 Fundamentos teóricos aplicados	11
2.1.1 Operación de carga	12
2.1.2 Alineación de válvulas manifold playa que integre los nuevos transmisores	14
2.1.3 Sistema de control distribuido DCS DeltaV	17
2.1.4 Estaciones de trabajo del sistema Delta V	19
2.1.5 Esquema de sistema de control	20
2.1.6 OPC Top Server	22
2.1.7 OPC Data Manager de Matrikon	23
2.1.8 Comunicación Foundations Fieldbus	24
2.1.9 Módulo Rosemount 3420	26
2.1.10 Transmisor de presión	27
2.2 Desarrollo de la propuesta	28
2.2.1 Estructura general	28
2.2.2. Explicación del aporte	29
2.2.3 Implementación en las líneas de carga	31
2.2.4 Programación Sistema DeltaV	37
2.6 Análisis de resultados. Presentación y discusión.	49
CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES	53
ANEXOS	56
ANEXO 1	56

ANEXO 2
ANEXO 3

57
58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características técnicas de los elementos utilizados	29
Tabla 2: Registro de los transmisores OPC TOP SERVER	36
Tabla 3: Configuración y direccionamiento	37
Tabla 4: Asignación de variables HMI	41
Tabla 5: Datos del validador	44
Tabla 6: Criterios de valuación	44
Tabla 7: Datos de validador 1	45
Tabla 8: Escala de evaluación. Elaborada por: Ing. Carlos Renato Caza Veloz	45
Tabla 9: Datos de validador 2	45
Tabla 10: Escala de evaluación. Elaborada por: Ing. Marco Tacuri	46
Tabla 11: Matriz de articulación	47
Tabla 12: Set de alarmas	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura y simbología del Terminal (Elaboración propia)	11
Figura 2 Diagrama de conexión de las válvulas Playa Línea X y Playa Línea Y	14
Figura 3 Implantación de transmisores de presión	15
Figura 4 Diagrama de conexiones de las estaciones de trabajo Delta V	19
Figura 5 DCS del Terminal Marítimo Balao	20
Figura 6 OPC Top Server	23
Figura 7 OPC Data Manager de Matrikon	24
Figura 8 Conexión comunicación Field Foundations	26
Figura 9 Comunicación módulo 3420	27
Figura 10: Esquema general del proyecto	28
Figura 11 Líneas de carga "X" y "Y"	31
Figura 12: Toma muestra transmisor de presión	32
Figura 13: Comunicación Fields Foundations FIM 3420	33
Figura 14: Envío de datos mediante Radio Frecuencia	33
Figura 15: Montaje de los transmisores de presión	34
Figura 16: Web Browser FIM 3420	34
Figura 17: Mapa Modbus FEM 3420	35
Figura 18: Creación de registros OPC TOP SERVER	36
Figura 19: Configuración y direccionamiento INPUT OPC Top Server – OUT DELTA V	37
Figura 20: Transmisores de presión en el árbol MAN-11002	38
Figura 21: Asignación de la variable sistema DELTA V	39
Figura 22: Variable para el almacenamiento de data para realizar históricos	39
Figura 23: Pantalla HMI creación de visualización de las variables de los transmisores	40
Figura 24: Monitoreo de presión en las líneas de carga	41
Figura 25: Tendencia de un Operativo línea X	50
Figura 26: Sistema de Gestión Maximo	51

INFORMACIÓN GENERAL

Contextualización del tema

En la actualidad a nivel mundial la tecnología ha ido evolucionando día a día en diferentes áreas, una de ellas es la industria petrolera, con tecnologías de medición, control y monitoreo de variables de forma remota con una mayor precisión, exactitud, eficiencia y generando la seguridad en los procesos de producción, transporte y exportación de petróleo, obteniendo una mayor eficiencia operativa, para una toma de decisiones más detallada mejorando la seguridad para el proceso continuo, adicional, frente este panorama de la industria petrolera se debe considerar factores como la disponibilidad de recursos, la demanda energética global, las regulaciones ambientales y económicas. Tomando como una transición más sostenible la búsqueda de fuentes de energía alternativas que continúan impulsando la innovación tecnológica en este sector.

Ecuador es un país productor y exportador de crudo. La exportación de crudo es una parte importante de la economía ecuatoriana, que representa más del 40% de sus exportaciones, que se asocia el 9% del producto interno bruto (BIP) en el año 2019. Con los incrementos en las bolsas de venta en el mercado internacional de petróleo se ha convertido en el eje principal de la economía de los ecuatorianos. La industria petrolera es la columna vertebral, ya que es la fuente principal de divisas y aporta al financiamiento del presupuesto general del estado, lo que se convierte un factor de alta prioridad para el desarrollo del país (Banco Central del Ecuador, 2022).

Anualmente el estado ecuatoriano exporta aproximadamente 116.66 millones Bls, mismo que se genera un ingreso económico de USD 10.013,12 millones de dólares anuales cifra que se generó en el año 2022. Eso hace que la cadena de producción de petróleo sea el principal ingreso económico más indispensable a nivel nacional, lo que permite contribuir para el desarrollo de obras, empleos y pago de deudas externas del país (Banco Central del Ecuador, 2022).

Por tal razón en EP PETROECUADOR, su prioridad es aumentar los niveles de producción de petróleo, viéndose la necesidad de mejorar sus procesos, infraestructuras, adquisición de tecnología de punta y generar nuevos estudios técnicos de nuevos yacimientos de los campos de extracción para ser bombeado mediante el Sistema General de Oleoductos Transecuatorianos de la empresa estatal EP PETROECUADOR, ya que se encarga de transportar 250.000 barriles diarios de petróleo, desde el colector de válvulas de los tanques de almacenamiento de 250.000 barriles de la estación de bombeo o línea de distribución de Lago

Agrio, Sucumbíos y finaliza en las líneas de carga de distribución “X” e “Y” hacia los buques/tanques del Terminal Marítimo de Balao en el Océano Pacífico (PETROECUADOR, 2015).

El Terminal Marítima de Balao recibe petróleo crudo del SOTE “Sistema de Oleoducto Transecuatoriano” en diez (10) tanques de almacenamiento, cada uno con una capacidad de 322.000 barriles, construidos en un cerro a aproximadamente 3 km de la playa y a una altura de 183 m sobre el nivel del mar, permitiendo la carga por gravedad de buques/tanques en cada boya submarina; La boya “X” está conectada a las instalaciones terrestres a través de una tubería submarina de 42 pulgadas de largo y de diámetro con un volumen de almacenamiento con una máxima capacidad de 60. 000 barriles por hora, mientras que la boya “Y” está conectada a la playa a través de una tubería Submarino con un diámetro de 36 pulgadas y una capacidad de carga máxima de 40.000 barriles por hora.

La presión en las líneas de carga de crudo en el entorno del Terminal Marítimo adquiere una significativa relevancia debido a su influencia directa en la operación segura y eficiente de las actividades de transferencia de hidrocarburos. En este contexto, las líneas de carga de crudo son el vínculo vital entre los sistemas de almacenamiento y los buques cisterna, y la presión se convierte en un parámetro crítico que demanda un monitoreo y control preciso (Penagos, 2018).

El crudo, al ser transferido desde el Terminal Marítimo hacia los buques, requiere de una presión adecuada para garantizar un flujo constante y uniforme. Sin embargo, mantener esta presión dentro de los rangos óptimos se convierte en un desafío debido a las variaciones en la velocidad de flujo, los volúmenes de transferencia y las condiciones ambientales cambiantes. La fluctuación incontrolada de la presión podría resultar en problemas operativos, como fugas, derrames y dificultades en la carga.

Para abordar esta complejidad, es esencial implementar sistemas de monitoreo y regulación de presión robustos. Los transmisores de presión, dispositivos avanzados que miden con precisión la presión en tiempo real, desempeñan un papel fundamental (Baron, 2021). Estos dispositivos permiten supervisar constantemente la presión en las líneas de carga y ajustarla de manera automática para mantenerla dentro de los parámetros de seguridad y operación óptima.

La importancia de mantener la presión adecuada en las líneas de carga también se relaciona con la seguridad del personal, la integridad de los equipos y la conservación de los recursos. Una presión inadecuada podría aumentar el riesgo de fugas y derrames, poniendo en peligro tanto a los trabajadores como al medio ambiente. Además, la presión incontrolada podría someter los

sistemas de tuberías y equipos a estrés innecesario, lo que podría resultar en fallas prematuras y costosas.

Problema de investigación

El Terminal Marítimo Balao es la terminación del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano SOTE, que se encarga en las operaciones de entrega de crudo a la Refinería Esmeraldas y de exportar el crudo en embarcaciones - buques, mediante su infraestructura que dispone de 10 tanques de almacenamiento, con una capacidad de 322000 barriles cada uno para la recepción de crudo que es bombeado desde Lago Agrio, teniendo una capacidad total de almacenamiento de 3 millones 200 mil barriles de crudo.

Para el despacho de crudo, el Terminal dispone de dos tuberías principales de carga de 36" y 42" de diámetro de material de acero al carbón que tiene una longitud desde los tanques de almacenamiento hasta el PLEM submarino de 12 km, medio que se utiliza para transportar el crudo desde los tanques de almacenamiento hasta los buques-tanques que lo realiza por gravedad.

Para un operativo de exportación de crudo, el Terminal cuenta con una instrumentación integral en diferentes puntos como son: tanques de almacenamiento, tuberías de carga, sumideros, entre otros. Las mismas que se centralizan en un sistema SCADA (Supervisor y Control and Data Acquisition) que permite el monitoreo y control de válvulas monitorizadas, instrumentos de medición de presión, parámetro determinadamente que debe cumplir condiciones operativas para ejecutar las maniobras de operación desde el manifold de playa hacia el buque-tanque, que en la actualidad no dispone de un instrumento de medición de presión en las dos líneas de carga "X" e "Y" submarinas desde manifold playa hacia PLEM submarino que se encuentran los buques-tanque.

Con la implementación de los instrumentos de medición de presión en las líneas de cargas "X" e "Y", permitirá el monitoreo constante en tiempo real de la exportación de crudo, lo que facilita la detección de cualquier anomalía en el operativo como una sobrepresión en las líneas de descarga, fugas y derrames de crudo por deterioro de integridad de las tuberías. El sistema de medición de presión tomará datos en tiempo real de manera precisa, permitiendo tener control de la transferencia de crudo de manera segura, íntegra y tomar medidas preventivas para evitar accidentes y minimizar impactos ambientales.

La problemática de la presión en las líneas de carga de crudo en el Terminal Marítimo se presenta como un desafío crucial que requiere una atención minuciosa. La transferencia

eficiente y segura de hidrocarburos depende en gran medida de mantener la presión adecuada en estas líneas, pero diversas cuestiones pueden surgir y afectar negativamente esta operación crítica.

Uno de los problemas potenciales es la fluctuación incontrolada de la presión en las líneas de carga. Las variaciones en el volumen de crudo transferido, la velocidad de flujo y otros factores pueden conducir a cambios bruscos en la presión, lo que podría generar problemas operativos, como derrames o fugas en los equipos y conexiones. Esta inestabilidad puede poner en riesgo tanto la seguridad del personal como la integridad del medio ambiente.

Además, la presión inadecuada puede afectar la eficiencia de la transferencia de crudo. Una presión insuficiente podría ralentizar el proceso de carga, prolongando el tiempo de operación y afectando la productividad. Por otro lado, una presión excesiva podría someter los equipos y las líneas a tensiones innecesarias, aumentando el riesgo de fallas prematuras y costosas interrupciones.

La falta de un monitoreo y control adecuado de la presión también puede resultar en un rendimiento ineficiente de los sistemas de seguridad y alivio de presión. En situaciones de aumento abrupto de la presión, los dispositivos de alivio podrían no activarse correctamente, lo que podría tener consecuencias graves en términos de seguridad y protección.

La interoperabilidad y comunicación entre los diferentes sistemas también pueden ser problemáticas. La transferencia de crudo en el Terminal Marítimo involucra múltiples dispositivos y equipos, y asegurar que todos ellos trabajen en conjunto para mantener una presión constante puede ser un desafío técnico.

En resumen, la problemática de la presión en las líneas de carga de crudo en el Terminal Marítimo Balao plantea desafíos complejos que abarcan desde la seguridad operativa hasta la eficiencia y la integridad de los sistemas. La fluctuación incontrolada de la presión, los riesgos potenciales de fugas y derrames, y la necesidad de una coordinación perfecta entre dispositivos son cuestiones que deben abordarse de manera integral y precisa para garantizar una transferencia de crudo segura, eficiente y sostenible en este entorno crítico.

Objetivo general

Desarrollar el sistema de monitoreo de la presión en las líneas de carga de crudo del terminal marítimo Balao

Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos para acoplar el sistema de monitoreo para la medición de presión en las líneas de carga “X” y “Y” con el sistema de control por PLC e Interfaz HMI existente.
- Diseñar el sistema de monitoreo mediante protocolo de comunicación ethernet TCP/IP y transmisor de presión Rosemount.
- Realizar la programación del PLC y visualización del HMI de las variables de presión mediante la interfaz DELTA - V.
- Validar resultados mediante pruebas de funcionamiento

Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos

El presente proyecto de investigación se ejecuta por los avances tecnológicos en ámbito de la industria petrolera para la exportación de crudo a nivel mundial, con la modernización de los elementos de medición permite una medición más precisa con una exactitud del 0.01% para monitoreo y control de las diversas operaciones que se ejecuta en el Terminal Marítimo Balao.

La realización de este proyecto tiene un gran impacto en la sociedad, ya que, mediante la implementación de monitoreo de presión en las líneas de carga, se logra un control más preciso de la operatividad de transporte de crudo en tiempo real de los parámetros de presión al inicio y cierre de la operación. Esto es especialmente importante ya que, al inicio de un operativo se debe identificar que la línea se encuentre empaquetada desde manifold playa hacia plem submarino para contabilizar el crudo a transportar e identificar si existe una anomalía en su desarrollo.

El aporte del presente proyecto en las facilidades del terminal tiene el objetivo de demostrar la factibilidad de implementar un sistema de monitoreo de control de presión mediante el sistema centralizado DCS – Delta V, que permitirá visualizar los valores de la variable física del proceso de transporte de crudo, además un aporte al personal técnico operador de campo le permitirá ejecutar sus labores de maneras más eficiente en la toma de datos y en menos tiempo.

Al implementar el sistema de monitoreo de presión en las líneas de carga para la transportación de crudo hacia los buque-tanque, se podría mitigar pérdidas significantes tanto

económicas e impacto ambiental, el terminal mensualmente exporta aproximadamente alrededor de exportación de 3'240.000 barriles de crudo Oriente, con un diferencial de USD – 4,95 por barril, si se genera un derrame las pérdidas económicas que se generaría es de millones, considerando el valor actual del crudo USD 81.55 dólares americanos.

La implementación de un sistema de monitoreo de presión en las líneas de carga de crudo del Terminal Marítimo Balao conlleva una vinculación directa con la eficiencia operativa, la seguridad y la sostenibilidad de las operaciones. Este avance tecnológico establece un puente crucial entre la gestión precisa de la presión y la excelencia en la operación de transferencia de hidrocarburos, brindando beneficios sustanciales a múltiples niveles.

En primer lugar, la implementación de un sistema de monitoreo de presión mejora la seguridad de las operaciones. La capacidad de monitorear en tiempo real la presión en las líneas de carga permite una detección temprana de cualquier anomalía, como variaciones abruptas o valores fuera de los rangos seguros. Esto facilita una respuesta rápida ante situaciones de riesgo potencial, minimizando la probabilidad de derrames, fugas o fallas en los equipos, y protegiendo tanto a los trabajadores como al entorno.

Además, la vinculación con la eficiencia operativa es evidente. El sistema de monitoreo de presión permite ajustar y mantener la presión óptima en las líneas de carga de manera continua. Esto garantiza un flujo uniforme de crudo y evita interrupciones o retrasos en el proceso de transferencia. La eficiencia resultante no solo reduce los tiempos de carga, sino que también optimiza los recursos y aumenta la productividad global del terminal.

La implementación de este sistema también tiene un impacto significativo en la gestión de activos y mantenimiento. Al monitorear constantemente la presión en las líneas de carga, es posible detectar patrones de desgaste o comportamientos anómalos en los equipos relacionados. Esto facilita la planificación proactiva de actividades de mantenimiento y reduce el riesgo de fallas imprevistas, lo que a su vez contribuye a la disponibilidad y confiabilidad a largo plazo de la infraestructura.

Además de los beneficios operativos, la implementación del sistema de monitoreo de presión demuestra un compromiso con las mejores prácticas ambientales y la sostenibilidad. Al minimizar los riesgos de fugas y derrames de crudo, el terminal demuestra su responsabilidad en la protección del ecosistema marino y la prevención de contaminación.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 Contextualización general del estado del arte

La implementación de un sistema de monitoreo de la presión en las líneas de carga de crudo emerge como una estrategia esencial para garantizar la seguridad, eficiencia y confiabilidad de las operaciones de transferencia de hidrocarburos (Sanz & Bastidas, 2020). En este contexto, las líneas de carga de crudo actúan como el nexo crítico entre las instalaciones de almacenamiento y los buques cisterna, y la presión en estas líneas desempeña un papel fundamental en el éxito operativo y la integridad de la cadena de suministro.

El proceso de transferencia de crudo implica la manipulación de fluidos a alta presión, lo que genera una serie de desafíos y riesgos. Las variaciones incontroladas de la presión en las líneas de carga pueden resultar en fugas, derrames y daños a la infraestructura, con consecuencias tanto económicas como ambientales (Sanchez, 2020). En este sentido, la implementación de un sistema de monitoreo de presión se convierte en una herramienta esencial para mitigar estos riesgos y mantener la operación segura y eficiente.

Este sistema de monitoreo de presión involucra la instalación de transmisores de presión en puntos estratégicos a lo largo de las líneas de carga de crudo. Estos dispositivos avanzados miden y transmiten en tiempo real la presión en las líneas, lo que permite a los operadores tener una visión precisa y actualizada de las condiciones operativas. Esto, a su vez, posibilita la toma de decisiones informadas y la adopción de medidas preventivas ante variaciones inesperadas de la presión.

El monitoreo constante de la presión en las líneas de carga también contribuye a la optimización de la operación. Al mantener la presión dentro de los rangos óptimos, se asegura un flujo continuo y uniforme de crudo, reduciendo los tiempos de carga y mejorando la eficiencia general del proceso. Además, este sistema permite la identificación temprana de cualquier desviación en la presión, lo que facilita una respuesta rápida ante posibles problemas y evita interrupciones no planificadas.

Dentro del repositorio de la Universidad Tecnológica ISRAEL se ha desarrollado un trabajo de titulación en el área de la automatización, con el título “Automatización del compresor de suministro de aire de instrumentos en la planta de generación wartsila” (Pazmiño & Cortijo, 2023), lo cual tiene como objetivo automatizar un compresor de aire de la planta de generación Wartsila, que radica que el HMI de la controladora se encuentra averiada y no poseen un back

up de respaldo de la programación del PLC. Dando como resultados la automatización y visualización de los parámetros de operación del compresor de aire en el HMI.

Otro trabajo realizado en el área de automatización es “Automatización del sistema de corte de laminado para la empresa NOVACERO” (Albarracín & Oñate, 2022) que desarrollaron la automatización del sistema de corte con cuchillas para diferentes productos que era un sistema mecánico (volante – freno – embrague), al mejorar el sistema con la automatización del sistema de cizalla start – stop se logró mejorar los tiempos de fuera de servicio de la unidad. Además, se realiza la implementación de un sistema de visualización HMI para el monitoreo de la operación de la máquina al proceso de laminado, con la implementación ayudó a operadores estén en un nivel de confort reduciendo el ruido considerablemente.

También se puede mencionar el trabajo desarrollado “CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURAS DE COMBUSTIÓN INTERNA DEL MOTOR DE UN GENERADOR EN UNA TERMOELÉCTRICA DE SANTA ELENA” (Muñoz & Cortijo, 2022), se realiza una automatización en la lectura de temperatura de los gases de combustión de los cilindros de los motores Hyundai, los operadores registraban la toma de datos de la temperatura de forma manual, el objetivo de la implementación es tomar los datos mediante los sensores de termocuplas que tramitará la información hacia un tablero HMI PROFACE, para monitoreo y generar históricos para el análisis del comportamiento de los cilindros del motor.

2.2 Proceso investigativo metodológico

El tipo de investigación que se aplica en un sistema de monitoreo de la presión en las líneas de carga de crudo del Terminal Marítimo Balao es la investigación aplicada. La investigación aplicada se centra en la resolución del problema específico y mejora de proceso existente. En el caso del sistema de monitoreo de la presión, la investigación se centra en desarrollar un sistema que sea eficiente, confiable y seguro. Los investigadores deben tener un conocimiento profundo de los procesos involucrados en la carga de crudo, así como las tecnologías disponibles para el monitoreo de la presión. También deben tener experiencia en el desarrollo del sistema de control y elaboración del HMI.

Los métodos teóricos aplicados y prácticos de un sistema de monitoreo a la presión en las líneas de carga de crudo del Terminal Marítimo Balao incluye:

Método teórico aplicados

Análisis matemático de las líneas de carga: El comportamiento de las líneas de carga pueden ser analizadas y modelado matemáticamente para predecir la presión en función de los

parámetros operativos con el caudal, la temperatura y la viscosidad de crudo. Simulando numérica pueden usarse para evaluar el rendimiento del sistema de monitoreo en diferentes condiciones operativas. Análisis de datos: Los datos del sistema de monitoreo pueden ser analizados para identificar tendencias y patrones que pueden ayudar a prevenir fallas en el proceso de exportación.

Métodos prácticos

Uso de transmisores de presión: Los sensores y transmisión de presión se utilizan para medir la presión en las líneas de carga desde los tanques de almacenamiento hacia los buques/tanques. Implementación de un sistema de control: El sistema receptorá los datos de los transmisores de presión para el tratamiento de información y visualización en el sistema HMI, que se encuentran colocados en los puntos estratégicos de la línea de carga para el análisis del comportamiento del sistema.

- Uso de sistema de análisis de datos: Los sistemas de datos de análisis pueden usarse para recopilar y analizar datos de presión de diferentes fuentes esto puede ayudar a identificar tendencias y patrones que pueden ser utilizados para prevenir fallas dentro de un operativo.
- Diseño del sistema: Se diseña el sistema de monitoreo de la presión en las líneas de carga, teniendo en cuenta los parámetros de operatividad del Terminal Marítimo Balao, el diseño del sistema debe incluir los siguientes elementos: transmisores de presión, sistema de control centralizado DCS, sistema de alarma y sistema de análisis de datos tendencias.
- Implementación del sistema: La implementación del sistema de monitoreo de la presión y pruebas que garantizaran su funcionamiento correcto, se deberá evaluar el sistema de monitoreo de la presión determinado su eficiencia y eficaz al momento de su visualización en la sala de control en tiempo real la presión de cada una las líneas de carga y el almacenamiento de datos para evaluar el comportamiento con las tendencias.

CAPÍTULO II: PROPUESTA

2.1 Fundamentos teóricos aplicados

El Terminal Marítimo Balao dentro de su infraestructura cuenta con diez tanques de almacenamiento con una capacidad de 322000 bbl para cada uno para la recepción producto de crudo que bombea desde Lago Agrio

Los tanques de almacenamiento tienen una configuración de múltiples válvulas conexas: para el llenado válvula de 24" (producción) y dos líneas de para la carga individuales "X" y "Y" de 42" implementadas en cada una de ellas.

Las válvulas son de tipo compuerta y cada una de ellas tiene un TAG de identificación para el control remoto desde el sistema SCADA de sala de control como es la MOV – 112401 que se encuentra en la línea de producción y dos válvulas MOV – 114201Y / MOV – 114201X conecta a las líneas de carga "X" e "Y" para la exportación de producto.

Para identificar los activos de cada equipo e instrumentación, el Terminal utiliza dos tipos de TAG, el primero se basa en la ubicación del propio equipo y el segundo se basa en la norma ISO 14224, que se enfoca en adquisiciones en las industrias petrolera - petroquímica y GDP.

La nomenclatura utilizada para identificar las válvulas asignadas a cada tanque de almacenamiento se detalla a continuación:

TAGs Terminal Marítimo Balao

MOV – 11 XX AA Z

MOV: válvula motorizada.

11: Terminal Marítimo de Balao, Estación del Oleoducto No. 11.

XX: diámetro de la válvula.

AA: Localización.

Z: línea de Carga.

TAGs de instrumentos o equipos.

VAGA – 11XX YYY

VAGA: válvula de Compuerta.

11: Terminal Marítimo de Balao, Estación del Oleoducto No. 11.

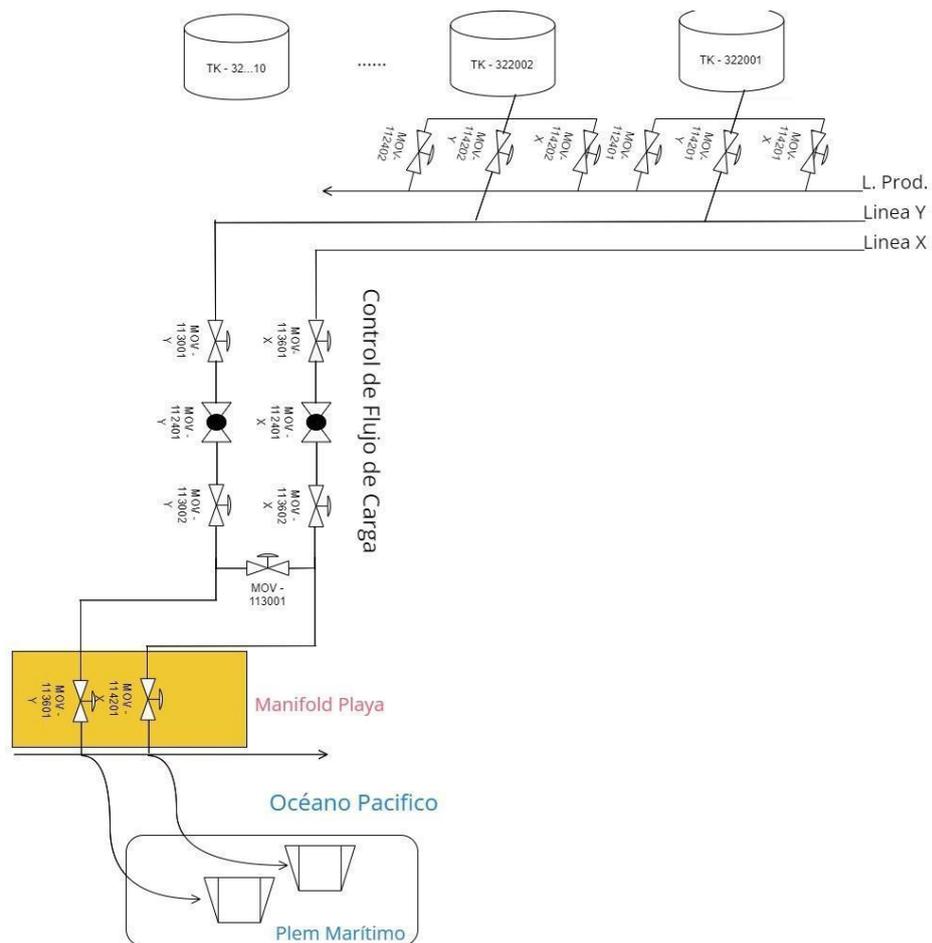
XX: diámetro de la válvula.

YYY: número consecutivo.

En la Figura 1 se visualiza la estructura y simbología del Terminal desde los tanques de almacenamiento hasta el plem marítimo.

Figura 1

Estructura y simbología del Terminal (Elaboración propia)



Nota: Elaboración propia

2.1.1 Operación de carga

La operación de carga en el sistema de monitoreo de la presión en las líneas de crudo del Terminal Marítimo Balao es un proceso fundamental en la industria petrolera que implica una serie de acciones meticulosamente coordinadas para garantizar la transferencia segura y eficiente de crudo desde la instalación de producción hasta las embarcaciones cisterna

(Alpallana, 2022). Esta operación representa un eslabón crucial en la cadena logística del petróleo, donde la precisión y la seguridad son prioritarias.

En esencia, la operación de carga se refiere al proceso de llenar las embarcaciones cisterna con crudo, asegurando que se mantengan los niveles de presión óptimos en las líneas de carga durante todo el proceso. El Terminal Marítimo Balao, como una infraestructura clave en la exportación de crudo, requiere un sistema de monitoreo de presión sofisticado y altamente confiable para llevar a cabo esta operación con éxito (Jiménez, 2017).

El proceso inicia con la preparación rigurosa de las líneas de carga y las embarcaciones cisterna para la transferencia de crudo. Se realizan inspecciones y fiscalizaciones por parte de los entes reguladores de manera exhaustiva para detectar cualquier posible falla en las líneas, conexiones o equipos (Sevillano, 2021). Posteriormente, se alinean las válvulas para lograr un flujo constante y controlado de crudo mediante sensores de flujo, presión, vibración, temperatura y densidad, minimizando los riesgos de fluctuaciones en la presión que podrían resultar en derrames o incidentes.

El sistema de monitoreo de presión desempeña un papel esencial durante toda la operación. Sensores y dispositivos de alta precisión se ubican estratégicamente a lo largo de las líneas de carga en la zona de manifold playa de la válvula aguas arriba y debajo de las embarcaciones cisterna para capturar en tiempo real los datos relacionados con la presión (Valdivieso & Eduardo, 2021). Estos datos son transmitidos a una sala de control donde los operadores supervisan continuamente la situación y toman decisiones informadas para mantener la presión dentro de los límites seguros predefinidos.

La operación de carga en el sistema de monitoreo de la presión en las líneas de carga es un proceso integral que requiere planificación, coordinación y ejecución precisa (Viñan Andino, 2021). La interacción entre tecnología avanzada, personal capacitado y protocolos de seguridad robustos asegura que el crudo sea transferido de manera eficiente y segura, contribuyendo al flujo constante del suministro de petróleo y a la integridad medioambiental de la región.

A continuación, se describen los pasos principales antes de exportar el crudo a los Buques/Tanques operación de carga:

- Preparación: Antes de iniciar la operación de carga, se realiza una inspección visual de las líneas de carga y se verifica que todos los equipos estén en buen estado y operativos. La cantidad y calidad de crudo del tanque a exportar debe ser previamente determinada mediante fiscalizado, esto conlleva:

- Medida de cinta de aforo en función a las normas establecidas ASTM D – 1085 (American Society for Testing Measurement).
 - Temperatura, ASTM D – 1086-64.
 - Muestra de crudo y derivado ASTM D – 4057.
- En función a la Regulación del Ministerio de Energía, toda fiscalización para que sea legal u oficial, debe estar presente un representante del mismo en toda la etapa de liberación del tanque.
 - Conexión: Una vez que se ha verificado que todo está en orden, se procede a conectar las mangueras de carga del buque tanque a las líneas de carga en tierra. Es importante asegurarse de que las conexiones estén bien ajustadas y que no haya fugas.
 - Inicio de la carga: Una vez que las conexiones están aseguradas, se inicia la transferencia de crudo desde el buque tanque hacia los tanques de almacenamiento en tierra. Durante este proceso, se monitorea constantemente la presión en las líneas de carga para asegurarse de que esté dentro de los límites de seguridad.
 - Finalización de la carga: Una vez que se ha transferido la cantidad de crudo requerida, se detiene la carga y se desconectan las mangueras de carga. Se realiza una inspección final para asegurarse de que no haya fugas y que todo esté en orden.

Es importante destacar que la operación de carga debe ser realizada por personal capacitado y con experiencia en este tipo de operaciones. Además, se deben seguir estrictamente los procedimientos de seguridad establecidos para evitar accidentes y minimizar los riesgos asociados con la transferencia de crudo.

2.1.2 Alineación de válvulas manifold playa que integre los nuevos transmisores

La alineación de válvulas en el manifold de la playa, con la integración de los nuevos transmisores, representa un avance significativo en la eficiencia y seguridad de las operaciones en la industria petrolera (Valdivieso & Eduardo, 2021). Este proceso es esencial en la optimización de la transferencia de hidrocarburos, ya que garantiza que las válvulas estén posicionadas de manera adecuada para lograr un flujo controlado y seguro de fluidos a lo largo de las diversas etapas del proceso.

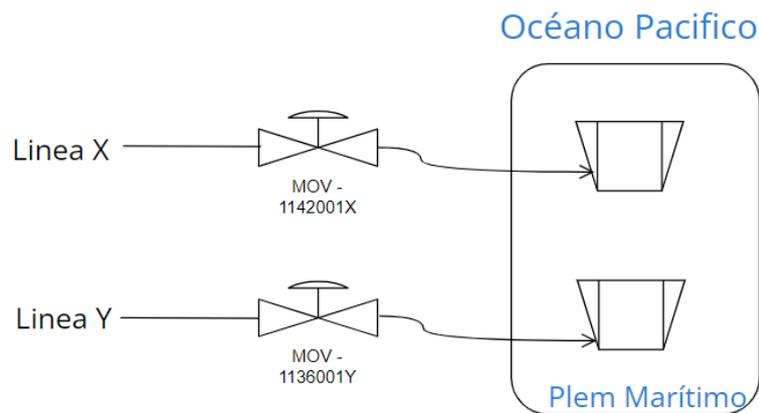
El manifold de la playa, como punto de conexión entre las instalaciones de almacenamiento y los sistemas de transporte, despliega un rol crítico en la transferencia de hidrocarburos. La alineación precisa de las válvulas en este punto es fundamental para regular el flujo de crudo y otros productos relacionados, asegurando que se mantengan niveles óptimos de presión y

caudal en todas las etapas del proceso evitando que exista sobre presiones (Viñan Andino, 2021).

Dentro de la infraestructura en manífol playa como se visualiza en la Figura 2, cuenta con dos válvulas compuertas que tiene designada sus TAG MOV - 1142001 “Playa Línea X” de 42” y MOV – 1136001 “Playa Línea Y” de 36”, para la salida hacia el plem marítimo a la boya “X” y boya “Y” respectivamente, que cuenta cada una de ella de sistema de motorizado (actuador eléctricos) para la apertura y cierre local y remotamente de sala de control, las válvula permanece normalmente cerrada, se apertura cuando se encuentre alineado todo el sistema para la entrega de producto hacia el buque/tanque.

Figura 2

Diagrama de conexión de las válvulas Playa Línea X y Playa Línea Y



Nota: Elaboración propia.

El proceso de alineación de válvulas con la incorporación de nuevos transmisores sigue una metodología sistemática. En primera instancia, se realiza un análisis exhaustivo de los sistemas preexistentes y de los transmisores recién integrados (Viñan Andino, 2021). Esta evaluación abarca la calibración y la precisa sincronización de los transmisores con los sistemas centrales de control.

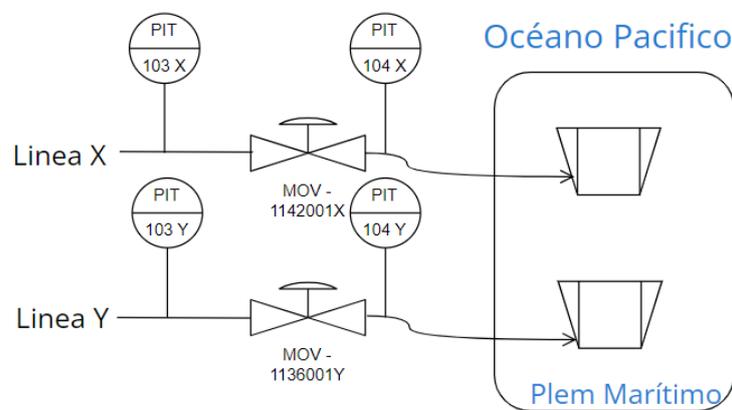
Una vez que se determinan los parámetros y se verifica la funcionalidad de los transmisores, se procede a la alineación de las válvulas en el conjunto de válvulas de la instalación. Dicha acción se lleva a cabo bajo la supervisión de profesionales altamente entrenados, quienes utilizan los datos en tiempo real suministrados por los transmisores para ajustar las válvulas de acuerdo con los requerimientos específicos de la operación. La capacidad de respuesta en

tiempo real posibilita un control preciso del flujo de hidrocarburos, disminuyendo los riesgos de interrupciones o incidentes no deseados.

La alineación de válvulas en el conjunto de válvulas de la instalación, con la incorporación de los nuevos transmisores, marca un hito significativo en la industria petrolera. La sinergia entre el conocimiento humano y la tecnología avanzada posibilita una administración más exacta y segura de la transferencia de hidrocarburos (Arroba Silva, 2020). Como resultado, se logra un aumento en la eficacia operativa, la optimización de los recursos y, lo que es aún más esencial, un enfoque sólido en la seguridad de las operaciones en todo momento (Figura 3).

Figura 3

Implantación de transmisores de presión



Nota: Elaboración propia

2.1.3 Sistema de control distribuido DCS DeltaV

El Sistema de Control Distribuido (DCS) DeltaV es una solución tecnológica líder en la automatización y control de procesos industriales, diseñada para optimizar la eficiencia, seguridad y confiabilidad en una amplia gama de sectores, desde la industria química y petroquímica hasta la producción de alimentos y bebidas. Representando una convergencia de ingeniería avanzada y capacidad de control, el DCS DeltaV ha demostrado ser una herramienta esencial en el entorno industrial moderno (Valdivieso & Eduardo, 2021).

En esencia, el DCS DeltaV opera como una red inteligente de sistemas interconectados que gestionan y supervisan de manera descentralizada diversas funciones en una planta industrial (Macho, 2018). A diferencia de los sistemas de control convencionales, que pueden ser

centralizados y limitados en su alcance, el DCS DeltaV distribuye la inteligencia de control a través de módulos y nodos interconectados. Esto permite un mayor grado de flexibilidad y escalabilidad, lo que resulta en una adaptación más eficaz a los cambios en los procesos y en la capacidad de ampliar la infraestructura a medida que la planta crece (Valdivieso & Eduardo, 2021).

Una de las características distintivas del DCS DeltaV es su enfoque en la interoperabilidad. Los diversos módulos y componentes de hardware están diseñados para trabajar en conjunto de manera armoniosa, permitiendo la integración de una variedad de dispositivos y equipos, desde sensores y actuadores hasta sistemas de análisis y gestión de datos. Esto proporciona a los operadores una vista completa y coherente de todo el proceso, lo que les permite tomar decisiones informadas y anticiparse a posibles desafíos (Valdivieso & Eduardo, 2021).

El DCS en su arquitectura del Terminal se determina por las categorías para la supervisión, monitoreo y control:

Categoría:

- Control de válvulas
- Medición, monitoreo y control de los niveles de tanques
- Monitoreo de niveles de tanque sumidero
- Medición, monitoreo y control de variables densidad, presión, vibración, temperatura y flujo.

DELTA V consta de un sistema que integra el controlador (conectado al sistema) y su interfaz de operador (basada en PC), que combina las aplicaciones instaladas en los servidores PC.

Aplicaciones se pueden dividir en las siguientes categorías:

- Aplicaciones y visualizaciones de operación
- Aplicación de ingeniería
- Control avanzado PID
- Historial

Cada una de estas categorías incluye las siguientes aplicaciones:

En las aplicaciones de operador tiene:

- Operate Run: En el modo operativo, está es en realidad interfaz del operador. En el modo de configuración, es la misma herramienta que te permite el progreso y edición de pantallas.
- Login: Permite visualizar el operador actual y asignar la conexión y desconexión del

sistema (entrada y salida).

- History Process: Le permite ver gráficas de tendencias y tablas de una variable específica.
- Diagnóstico: Le permite realizar diagnósticos del sistema.
- Interface Batch Operator: Sistema operativo para procesos de batch.
- MPC Operate: Consola de control mediante módulo MPC, control predictivo.

Herramientas de ingeniería se refiere, existen:

- Configuration Assistant: Permite realizar la configuración guiada del sistema.
- Explorador: Permite la navegación a través de la aplicación y definición de componentes como categorías, nodos, módulos y alarmas.
- Operator: Se utiliza esta herramienta para desarrollar pantallas y asignaciones.
- Control Studio: Se utiliza para diseñar y modificar plantillas y módulos que definen la estrategia de control.
- User Manager: Establecer niveles de acceso para usuarios y grupos
- Database: Administrar la base de datos. crear, ejecutar, guardado de la base de datos.
- FlexLock: Creación de estación doble.
- Management System Alarm: Gestión de niveles de alarmas
- Auto Update: Responsable de descargar actualizaciones desde la estación WS.

ProfessionalPlus:

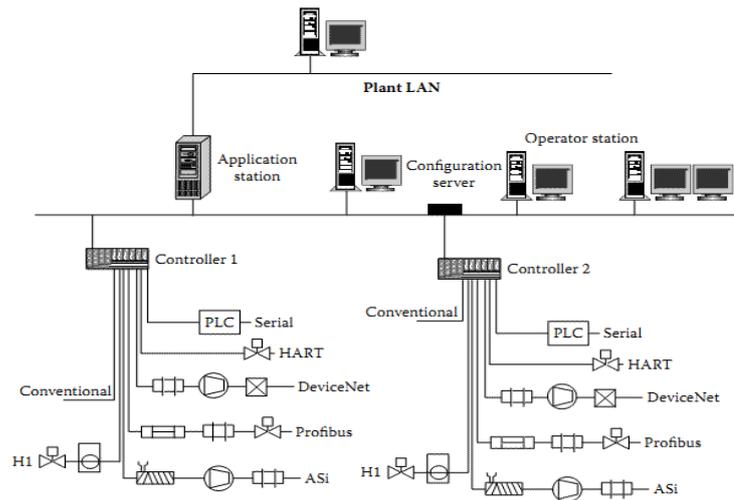
- Continou Historian: Proporciona herramientas para gestionar los datos generados por Continou Historian

2.1.4 Estaciones de trabajo del sistema Delta V

- Application Station
- Controller MD DeltaV
- ProfessionalPlus.
- Operator (HMI)

Figura 4

Diagrama de conexiones de las estaciones de trabajo Delta V



Nota: Gráfica extraída de la fuente (toolbox, 2023)

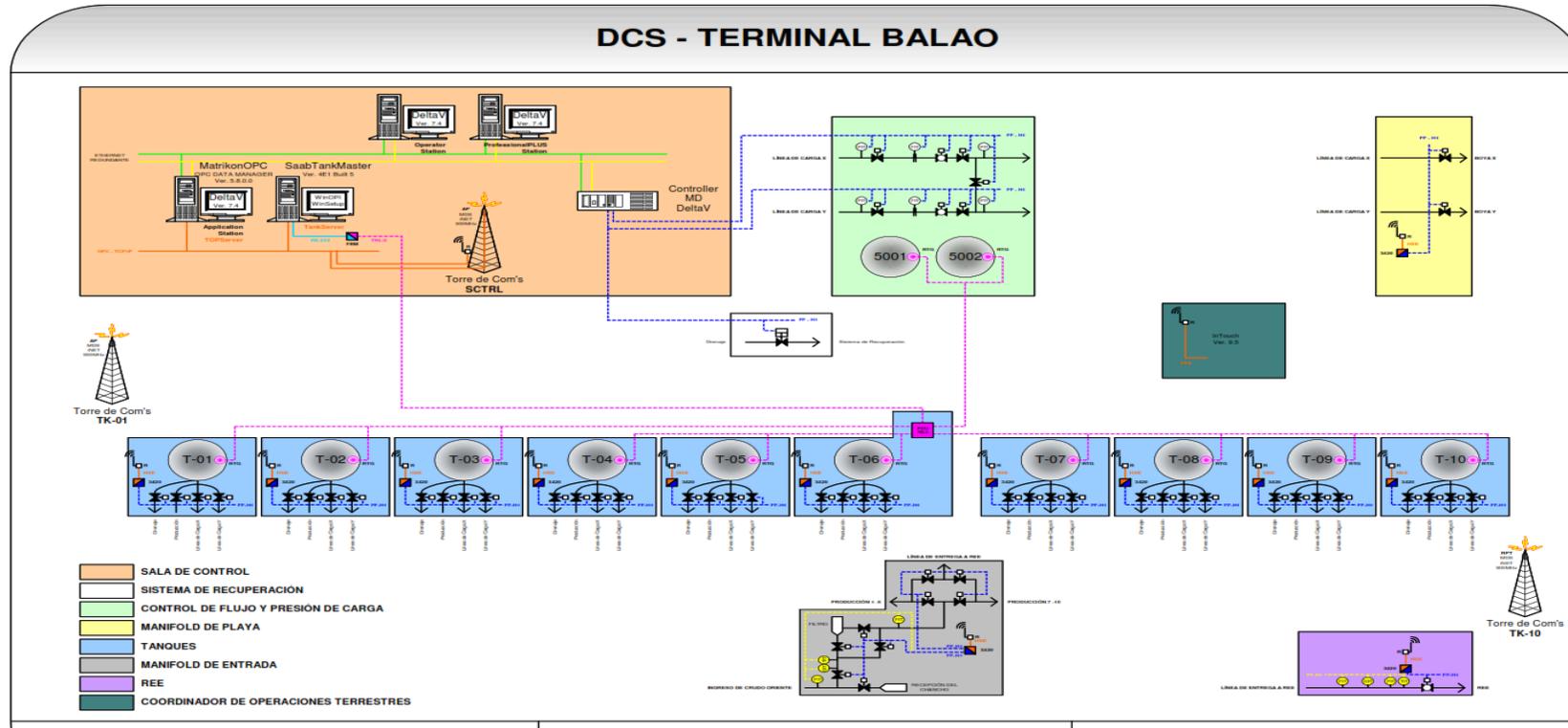
2.1.5 Esquema de sistema de control

El esquema de sistema de control es un componente esencial en la ingeniería de automatización y procesos industriales, ya que representa la representación visual y estructurada de cómo interactúan y se conectan los elementos que componen un sistema de control (Guanga, 2021). Este esquema proporciona una visión completa y clara de las relaciones entre los componentes, los lazos de retroalimentación y las interacciones que permiten el funcionamiento efectivo de los procesos industriales.

El esquema de sistema de control puede ser entendido como un plano arquitectónico que guía la implementación y operación de sistemas automatizados. Este plano detalla la disposición de los sensores, actuadores, controladores y otros dispositivos, así como las rutas de comunicación y los flujos de datos que facilitan el intercambio de información en tiempo real. Además, el esquema de sistema de control también refleja la lógica de control y las estrategias de automatización que determinan cómo se toman las decisiones y se ejecutan las acciones dentro del proceso (Sanz & Bastidas, 2020).

Figura 5

DCS del Terminal Marítimo Balao



Nota: Elaboración propia

El esquema de sistema de control es un elemento fundamental en la ingeniería de automatización industrial (Penagos, 2018). Sirve como un plano integral que captura la arquitectura, la lógica y la interacción de los componentes que conforman un sistema de control, contribuyendo a la eficiencia, la seguridad y el rendimiento óptimo de los procesos industriales.

El esquema de sistema de control es una herramienta importante en el Terminal Marítimo Balao para controlar los procesos industriales y aumentar su seguridad, rentabilidad y fiabilidad. A continuación, se describen los aspectos principales del esquema de sistema de control:

- Elementos del sistema de control: Un sistema de control en lazo abierto se divide en dos partes: el controlador y el proceso controlado. Por otro lado, un sistema de control en lazo cerrado se constituye por un sistema de control realimentado. En ambos casos, se utilizan elementos de control para garantizar que el proceso se lleve a cabo de manera eficiente y segura.
- Diagramas de control: Los diagramas de control o gráficos de control son una herramienta importante para controlar el desarrollo de los procesos de producción e identificar posibles inestabilidades y circunstancias anómalas. Con este tipo de análisis, se pretende controlar los procesos para asegurarse de que funcionan correctamente. Si la gran mayoría de los puntos mostrados en la gráfica están dentro de los límites, se considera que el proceso está controlado.
- Sistema de control distribuido (DCS) DeltaV: El DCS DeltaV es un sistema de control distribuido que consta de elementos de control distribuidos de forma geográfica en la planta o área de control.

Este tipo de sistema de control industrial está conectado por una red de comunicación de alta velocidad. Mientras que cada controlador funciona de forma autónoma, existe un control de supervisión central a cargo de un operario. El DCS DeltaV es fácil de usar y cuenta con un paquete de productos y servicios de vanguardia que aumenta el desempeño de la planta con control inteligente que es fácil de operar y mantener.

2.1.6 OPC Top Server

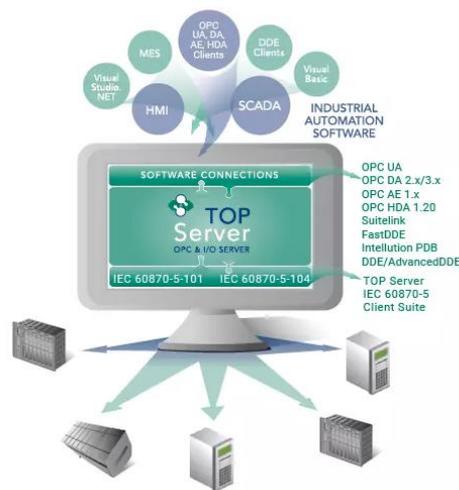
Los sistemas industriales modernos dependen en gran medida de soluciones tecnológicas avanzadas para garantizar la operación eficiente y segura de los procesos (Rojas Quispe, 2020). Dos de las soluciones más destacadas en el campo de la automatización y el control son OPC (OLE for Process Control) Top Server y Data Manager de Matrikon.

El OPC Top Server es una plataforma que permite la comunicación efectiva y la interoperabilidad entre diferentes dispositivos y sistemas en el entorno industrial. Basado en el

estándar OPC, este servidor actúa como un puente entre diversos protocolos de comunicación y aplicaciones de software (Viñan Andino, 2021). Su función principal es recopilar, organizar y distribuir datos en tiempo real entre diferentes dispositivos, como sensores, controladores y sistemas de supervisión. Esto garantiza que los datos sean accesibles y utilizables en toda la organización, lo que mejora la toma de decisiones y la eficiencia operativa.

Figura 6

OPC Top Server



Nota: Gráfica extraída de la fuente (toolbox, 2023)

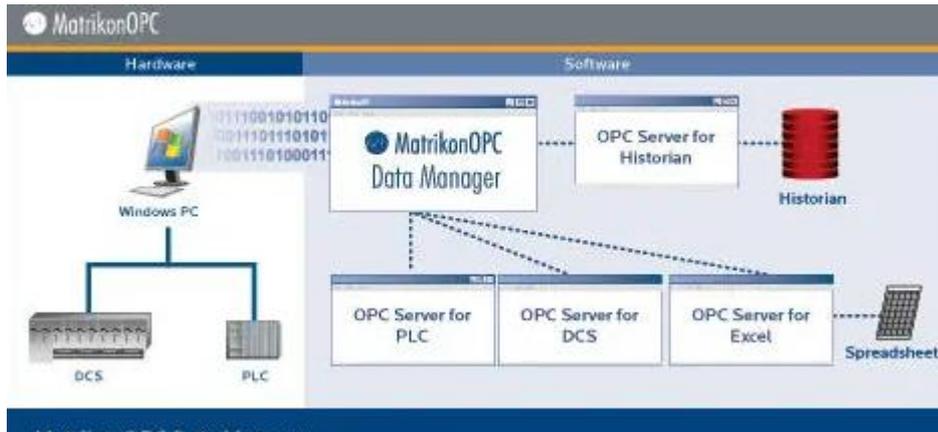
2.1.7 OPC Data Manager de Matrikon

Data Manager de Matrikon es una empresa líder en soluciones de software industrial que se especializa en la optimización de procesos y la integración de sistemas (Penagos, 2018). Su enfoque se centra en proporcionar herramientas avanzadas para el monitoreo, control y análisis de datos en una variedad de industrias. Matrikon ofrece una amplia gama de productos y servicios, desde sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) hasta soluciones de análisis de datos y gestión de activos. La empresa se ha ganado una reputación por su capacidad para brindar soluciones personalizadas y de alto rendimiento que abordan desafíos específicos en diversos sectores industriales (Valdivieso & Eduardo, 2021).

Dentro de la arquitectura de DCS DeltaV en la estación de aplicación se encuentra instalado el servidor OPC “Top Server” que tiene una puerta de enlace con el servidor OPC DeltaV, que utiliza un cliente con OPC Data Manager de Matrikon, sistema bidireccional para en el envío y recepción de datos.

Figura 7

OPC Data Manager de Matrikon



Nota: Gráfica extraída de la fuente (Industry, 2023)

2.1.8 Comunicación Foundations Fieldbus

La comunicación Fieldbus Foundations es una piedra angular en la automatización industrial que ha revolucionado la forma en que los dispositivos y sistemas se conectan y colaboran en un entorno de producción. Esta tecnología avanzada proporciona un enfoque integral y eficiente para transmitir datos y comandos entre sensores, actuadores y controladores en diversos sectores industriales (Sanchez , 2020).

En esencia, la comunicación Fieldbus Foundation se basa en la implementación de protocolos de comunicación digital que permiten la transmisión bidireccional de información en tiempo real (Valdivieso & Eduardo, 2021). A diferencia de los sistemas de comunicación tradicionales, donde los dispositivos se conectan individualmente a través de cables punto a punto, el Fieldbus Foundation emplea una topología de red que permite la interconexión de múltiples dispositivos en un solo cable, lo que simplifica y optimiza la infraestructura de cableado.

Además, la comunicación Fieldbus Foundation promueve la estandarización en la industria al proporcionar un marco común para la comunicación entre dispositivos de diferentes fabricantes (Penagos, 2018). Esto simplifica la integración de nuevos componentes en sistemas existentes y reduce la complejidad en la selección y configuración de equipos.

La comunicación Fieldbus Foundation ha redefinido la automatización industrial al introducir un enfoque altamente eficiente y escalable para la transmisión de datos y comandos. Su capacidad para optimizar la infraestructura de cableado, facilitar la descentralización del control y promover la interoperabilidad entre dispositivos de diferentes fabricantes, la convierte en una

solución poderosa en la optimización de procesos industriales en diversos sectores (Sevillano, 2021).

Foundation Fieldbus es una arquitectura abierta con un sistema de comunicaciones bidireccional, serial y totalmente digital en dos tipos.

H1: (31.25 Kbps) conexión bidireccional con instrumentos y equipos de como sensores, actuadores y módulos de entrada y salidas. Dentro del mercado es similar al de Profibus PA: mientras que el PA es más utilizado en Europa, el H1 tiene su origen y su mayor distribución en América y Asia.

HSE: (100Mbps/1Gbp/s) permite la integración de controladores de alta velocidad, redes H1, servidores de datos y estaciones de trabajo.

A continuación, se describe las principales características:

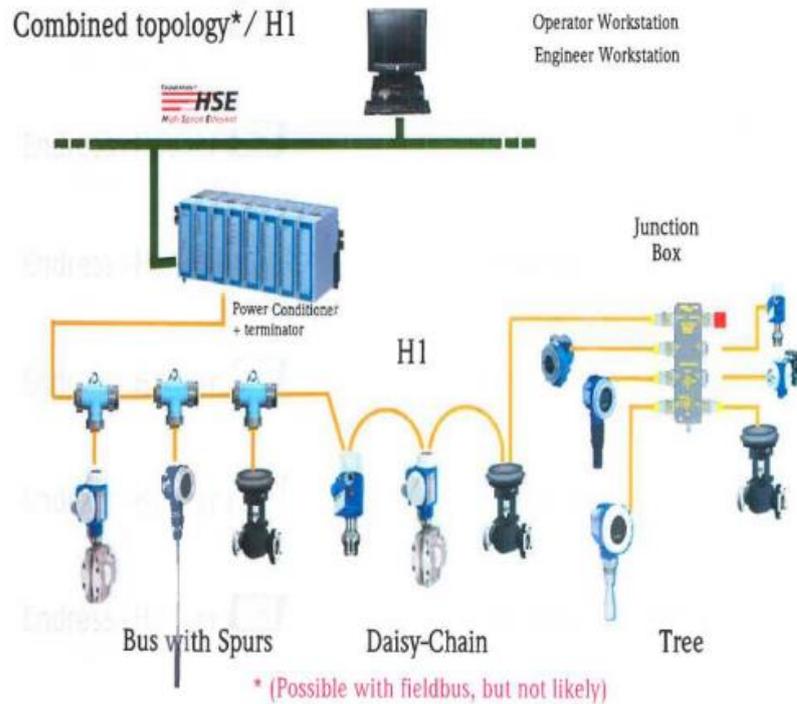
- Uso previsto en áreas intrínsecamente seguras (IS).
- Dispositivos de campo alimentados por bus
- Topología de bus o en árbol.
- Permite la comunicación con múltiples dispositivos maestros.
- Comportamiento determinista.
- Modelo de bloque estandarizado que proporciona una interfaz consistente para los dispositivos.

El protocolo H1 se basa en el estándar IEC 61158-2:

- La información se envía en código Manchester a una velocidad de 31,25 Kb/s. La tensión mínima permitida en el bus para el correcto funcionamiento de los dispositivos que alimenta es de 9 V. La fuente de alimentación se conecta al bus paralelo como cualquier otro dispositivo. Para no perturbar las señales de datos transmitidas, naturalmente debe contener un filtro que bloquee la frecuencia 31.25 Kbit/s y sus armónicos.
- Se permiten diferentes tipos de cables, la longitud máxima del segmento depende de la calidad del cable, excluyendo repetidores y considerando el mejor cable, la longitud máxima de cada segmento H1 es de hasta 1900 m y se permiten un máximo de 4 repetidores.

Figura 8

Conexión comunicación Field Foundations



Nota: Gráfica extraída de la fuente (Castillo, 2018)

2.1.9 Módulo Rosemount 3420

El módulo FIM 3420 de Emerson es una interfaz de campo que se utiliza para comunicarse con dispositivos de campo a través del protocolo Fieldbus (Cepeda Tafur, 2019). Este módulo tiene varias aplicaciones en la industria y se utiliza para controlar y monitorear dispositivos y procesos en tiempo real.

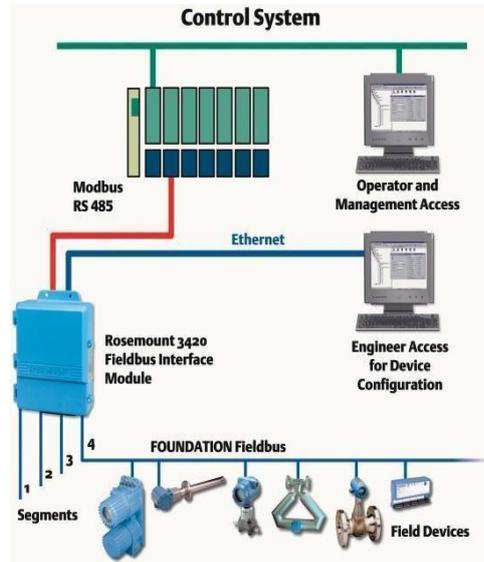
Las principales características del módulo FIM 3420:

- Comunicación confiable: El módulo FIM 3420 utiliza tecnología de comunicación Fieldbus estándar para garantizar una comunicación fiable y segura entre los dispositivos de campo y los sistemas de control.
- Integración de dispositivos: Permite la conexión e integración de una amplia variedad de dispositivos de campo, como sensores, actuadores, controladores, etc., en una red Fieldbus.
- Instalación remota: El módulo FIM 3420 permite la configuración remota de dispositivos de campo, facilitando la operación y el mantenimiento del sistema.
- Supervisar y diagnosticar: Proporciona monitoreo y diagnóstico avanzados, lo que permite la detección temprana de problemas y el mantenimiento predictivo de los

equipos de campo.

Figura 9

Comunicación módulo 3420



Nota: Gráfica extraída de la fuente (Cepeda Tafur, 2019).

2.1.10 Transmisor de presión

El transmisor de presión es un componente clave en la instrumentación industrial que desempeña un papel fundamental en la medición y monitoreo preciso de la presión en diversos procesos (Sevillano, 2021). Este dispositivo tecnológico, diseñado con precisión, permite convertir la presión mecánica ejercida por un fluido o gas en una señal eléctrica, proporcionando datos cruciales para el control y la supervisión efectiva de operaciones en una variedad de industrias.

En su funcionamiento, el transmisor de presión utiliza una membrana o sensor sensible a la presión que se deforma en respuesta a las variaciones en la presión del fluido circundante. Esta deformación se convierte en una señal eléctrica proporcional, que luego es acondicionada y amplificada para ser transmitida a sistemas de control y visualización. La precisión de esta conversión es esencial, ya que los datos obtenidos se utilizan para tomar decisiones críticas en el proceso industrial (Lima Velasco, 2021).

La versatilidad del transmisor de presión lo hace adecuado para una amplia gama de aplicaciones. Desde la industria química y petroquímica hasta la industria de alimentos y bebidas, este dispositivo es esencial para medir y controlar la presión en tanques, tuberías,

sistemas hidráulicos y neumáticos, entre otros. También se emplea en aplicaciones de seguridad, donde la medición precisa de la presión puede indicar situaciones anómalas o peligrosas.

2.2 Desarrollo de la propuesta

2.2.1 Estructura general

Se presenta el organizador gráfico donde se visualizan las etapas de la estructura general de la propuesta.

Figura 10

Esquema general del proyecto



Nota: Elaboración propia.

2.2.2. Explicación del aporte

Una de las contribuciones significativas que puede derivar de la implementación de un Sistema de Monitoreo de la Presión en las líneas de carga de crudo del Terminal Marítimo Balao es la considerable mejora en la seguridad operativa y la reducción de riesgos. En un contexto en el cual el manejo del crudo involucra desafíos técnicos y ambientales notables, contar con un sistema de monitoreo de presión eficaz se vuelve un componente esencial para garantizar operaciones seguras y fiables (Sevillano, 2021).

Este sistema de monitoreo posibilitará una supervisión continua y en tiempo real de las condiciones de presión en las líneas de carga de crudo, facilitando la detección temprana de cualquier irregularidad, variación o aumento inesperado en la presión. Esto resultaría

fundamental para prevenir situaciones críticas potenciales, como escapes o rupturas en las líneas de carga, que podrían acarrear consecuencias devastadoras para el medio ambiente, la seguridad del personal y la infraestructura (Sevillano, 2021).

El sistema de control de presión en las líneas de carga “X” y “Y” en la parte de succión y descarga del Terminal Marítimo Balao es una mejora y solución de automatización industrial que utiliza un sistema de DCS centralizado con tecnología avanzada para obtener un alto nivel de precisión, exactitud y confiabilidad de la medición. En este sistema DCS, conformado por un controlador M de la serie MD PLUS, equipo principal para el control y procesamiento de los datos adquiridos de los transmisores y visualización en el HMI

Este PLC o controlador es capaz de comunicarse con otros dispositivos mediante el OPC DELTA V - OPC Top Server y OPC Data Manager de Matrikon, que se comunica con los diferentes dispositivos de campo mediante el módulo rosemount 3420 que tiene un protocolo de comunicación TCP-IP que se entrelazan mediante Radio Frecuencia, para adquirir y controlar señales de campo de los dispositivos, así mismo el módulo 3420 cuenta con una comunicación foundations fieldbus de dos segmentos H1 con una capacidad de 16 de dispositivos cada uno, que tiene un a comunicación bidireccional que puede recibir y transmitir señales digitales por el mismo cable de alimentación.

Los transmisores de presión utilizado en este sistema de monitoreo, es el modelo Rosemount 3051TG3F2B21AE5M5Q4, instrumento de medición de presión estática con un protocolo de comunicación foundations fieldbus que se interconecta con el módulo 3420 para transmitir la información vía TCP/IP Ethernet hacia el controlador para el procesamiento, generación de historial y visualización en el HMI.

Tabla 1

Características técnicas de los elementos utilizados

Instrumentos y Equipos	Características Técnicas
<p>CONTROLADOR M DE LA SERIE MD PLUS</p> 	<p>Entrada: 24 VDC \pm20% a 6.1 A</p> <p>Potencia de salida -40° a 60°: +12 VDC a 8.0 A</p> <p>Irrupción (arranque suave): 20 A pico máximo por 5 ms sobre los 24 VDC de entrada (incluyendo 12 VDC de salida).</p> <p>Red de control primario: Conector RJ-45 de 8 pines</p> <p>Red de control redundante: Conector RJ-45 de 8 p</p> <p>Protección de entrada: Internamente con fusibles (no reemplazables).</p> <p>Protección de Sobrevoltaje: 110% hasta 120% salida</p> <p>Disipación de calor: 5.2 W</p> <p>Relé de alarma: 2 relés NO; el estado del relés están cerrados cuando las salidas de 3.3 y 5 VDC.</p> <p>Voltaje de Alarma: a los 30 VDC a 2.0A y 250 VAC a 2.0A</p> <p>Área/ubicación peligrosa: Clase 1, División 2, Grupos A, B, C, D, T4</p> <p>Montaje: En cualquier slot del carrier</p>
<p>ROSEMOUNT 3420</p> 	<p>Fabricante: Emerson</p> <p>Tipo: Rosemount 3420 - módulo de Interface Fieldbus</p> <p>Alimentación: 24 Vdc, 600 mA</p> <p>Temp. Trabajo: -40 to 60°</p> <p>Rango de Humedad Operación: 0-95% humedad relativa (no condensación)</p> <p>Comunicación Ethernet: Modbus TCP/IP y Webserver</p> <p>OUT: RS-485 u ETHERNET</p> <p>IMPUP Fieldbus: dos segmentos H1 Fieldbus, alimentación codificador + terminal de segmento.</p>

<p>ROSEMOUNT 3051T</p> 	<p>Fabricante: Emerson</p> <p>Módulo: Rosemount 3051TG3F2B21AE5M5Q4</p> <p>Tipo: Presión Manométrica</p> <p>Presión: -14.7 – 800 PSI</p> <p>Temperatura de Proceso: 0 – 40 °C</p> <p>Pantalla: LCD</p> <p>Comunicación de campo: Foundation Fieldbus</p> <p>Clase Grupo I, División 1.</p>
--	---

Nota: Elaboración propia.

2.2.3 Implementación en las líneas de carga

En la Figura 11, se visualiza las líneas de carga “X” y “Y” que son utilizadas para la exportación de petróleo crudo desde los 10 tanques de almacenamiento con una capacidad de 322000 bbl hacia el Plem Marítimo que se encuentra ubicados los buques/tanques. En estas líneas de carga se implementará un sistema de monitoreo de presión automático para asegurar la exportación de producto y que no existan rupturas de las líneas.

Figura 11

Líneas de carga "X" y "Y"



Nota: Elaboración propia.

En las líneas de carga contiene un punto de toma muestras, la misma que se realizó una derivación para incorporar un transmisor de presión antes de la válvula que medirá la presión del producto de los tanques y después que medirá si se encuentra con producto desde manifold playa hacia el Plem Marítimo del proceso de exportación de petróleo crudo Figura 12.

Figura 12

Toma muestra transmisor de presión



Nota: Elaboración propia.

El módulo 3420 cuenta con una comunicación foundations fieldbus que es full-duplex que alimenta y a la vez transmite los datos por el mismo par cableado Figura 13. Además, cuenta con un protocolo TCP/IP Ethernet que se conecta al sistema de radiofrecuencia que envía la información hacia la sala de control donde se concentra la información Figura 14.

Figura 13

Comunicación Fields Foundations FIM 3420



Nota: Elaboración propia.

Figura 14

Envío de datos mediante Radio Frecuencia



Nota: Elaboración propia.

en la Figura 15, se visualiza el montaje de los cuatro transmisores de presión integrados en las líneas de carga “X” y “Y” con su tendido figurativo a cada toma muestra y con su alimentación de comunicación field foundations para la transmisión de los datos

Figura 15

Montaje de los transmisores de presión



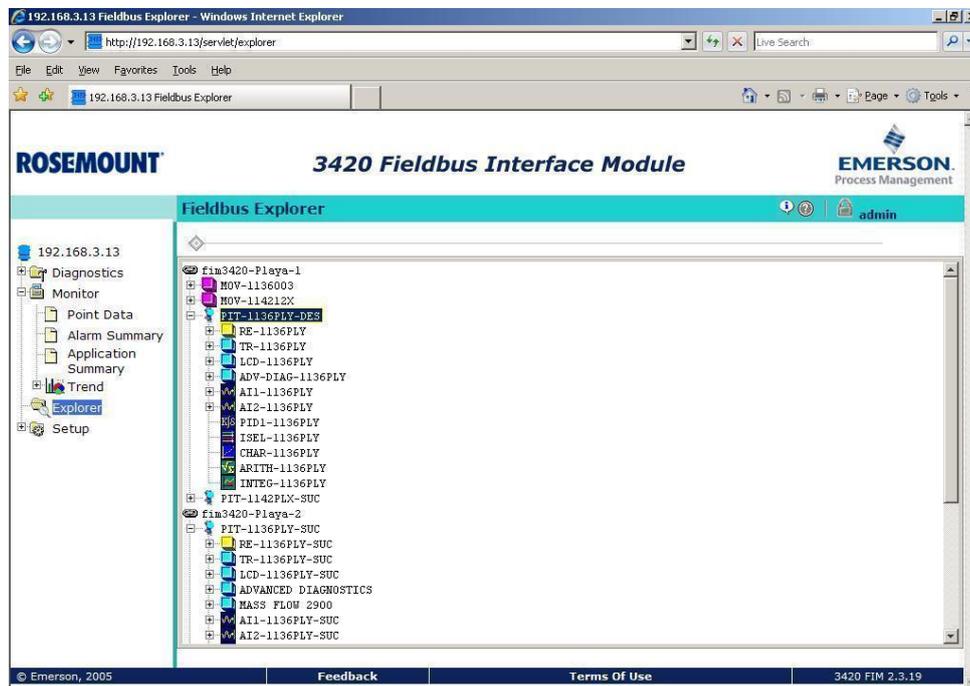
Nota: Elaboración propia.

Para la configuración de cada uno de los transmisores en la El FIM 3420 es mediante el web browser que tiene asignada una IP: 192.168.3.13. El mismo que permite la configuración remota de los dispositivos conectados a la interfaz, visualización de la comunicación y estado de los

segmentos H1, así como las alarmas de los bloques funcionales, como se muestra en la Figura 16.

Figura 16

Web Browser FIM 3420

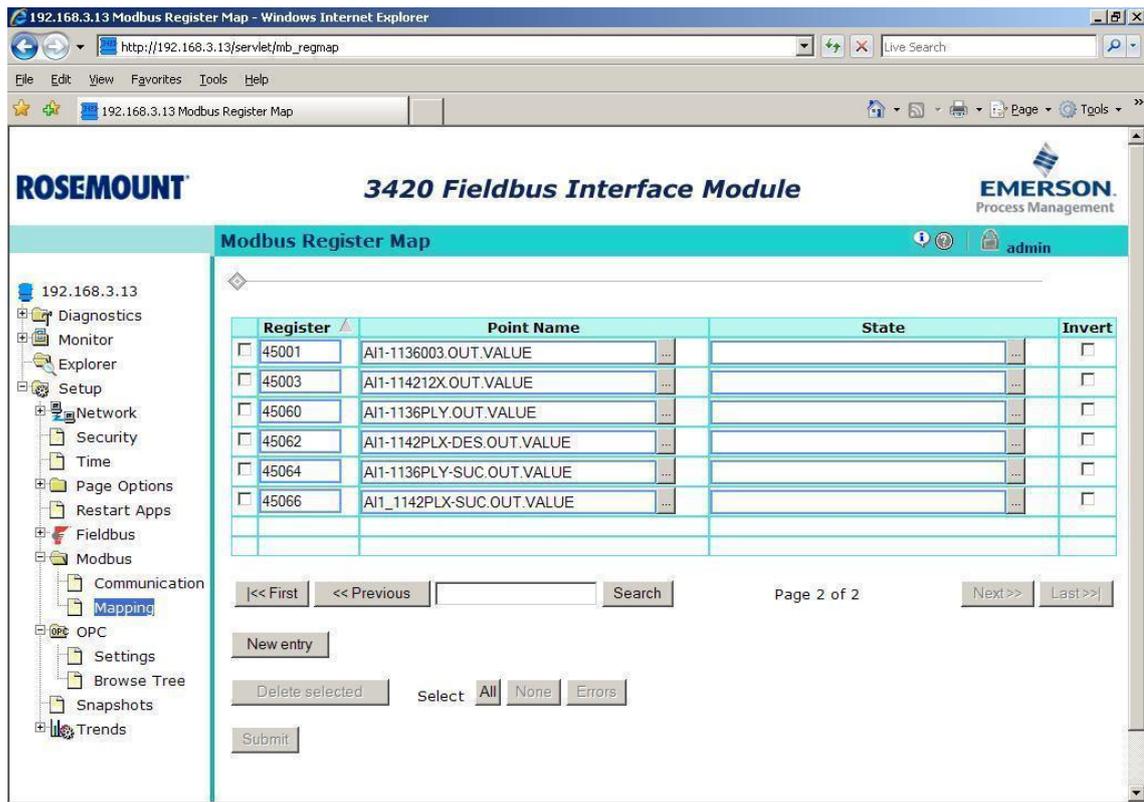


Nota: Elaboración propia.

Para enviar la información de la FIM 3420 se requiere configurar el Mapa Modbus de cada uno de los transmisores como se visualiza en la Figura 17, para llevar al procesamiento de información al controlado mediante OPC Server y OPC Data Manager de Matrikon.

Figura 17

Mapa Modbus FEM 3420

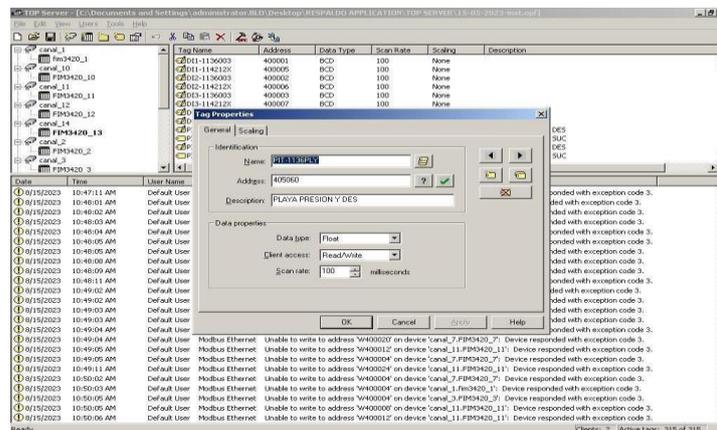


Nota: Elaboración propia.

Cada transmisor dispone de su registro en el mapa modbus de explorer del FIM 3420, la misma que se debe crear las mismas direcciones en el OPC Top Server Figura 18, en la Tabla 2, se detalla el mapa modbus con su registro en el OPC.

Figura 18

Creación de registros OPC TOP SERVER



Nota: Elaboración propia.

Tabla 2

Registro de los transmisores OPC TOP SERVER

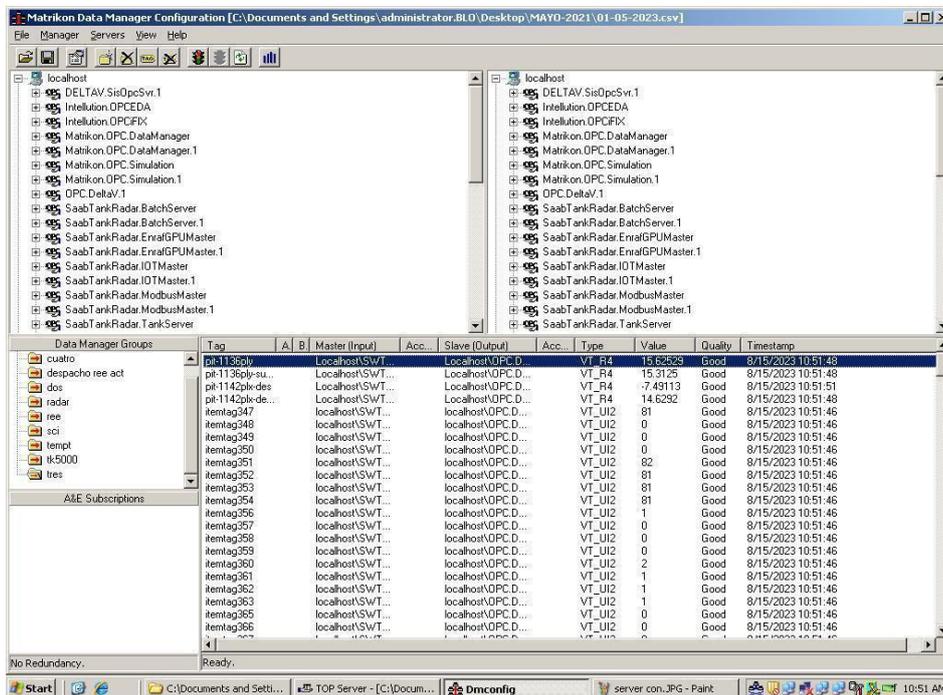
TAG	MAPPING
PIT-1136 PLY	405060
PIT-1136PLY-SUC	405064
PIT-1142PLX	405062
PIT-1142PLX-DES	405066

Nota: Elaboración propia.

Para el tratamiento de información mediante el PLC se requiere la utilización del OPC Data Manager, que permite el envío y recepción hacia el DeltaV como se muestra en la Figura 19, que se intercomunica con el OPC Top Server, en la Tabla 3, se detalla la dirección de cada uno.

Figura 19

Configuración y direccionamiento INPUT OPC Top Server – OUT DELTA V



Nota: Elaboración propia.

Tabla 3

Configuración y direccionamiento

TAG	INPUT	OUT
PIT-1136 PLY	Localhost\SWToolbox.TOPServer\canal_1 4.FIM3420_13.PIT-1136PLY	Localhost\OPC.DeltaV.1\PIT- 1136PLY/PIT-1136001.CV
PIT-1136PLY- SUC	Localhost\SWToolbox.TOPServer\cana l_14.FIM3420_13.PIT-1136PLY-SUC	Localhost\OPC.DeltaV.1\PIT- 1136PLY-SUC/PIT-1136001-SUC.CV
PIT-1142PLX	Localhost\SWToolbox.TOPServer\cana l_14.FIM3420_13.PIT-1142PLX	Localhost\OPC.DeltaV.1\PIT- 1142PLY/PIT-1142001.CV
PIT-1142PLX- SUC	Localhost\SWToolbox.TOPServer\cana l_14.FIM3420_13.PIT-1142PLX-SUC	Localhost\OPC.DeltaV.1\PIT- 1142PLX-SUC/PIT-1142001-SUC.CV

Nota: Elaboración propia.

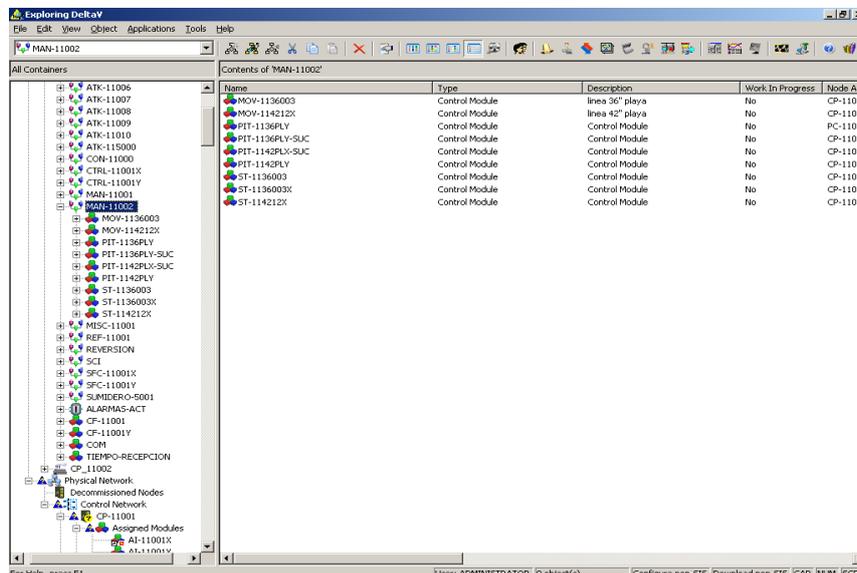
2.2.4 Programación Sistema DeltaV

Dentro del DCS DELTAV tiene su aplicativo Explorer, que permite especificar las áreas, módulos, nodos, notificaciones y alarmas, donde define las características del sistema, supervisión, configuración del sistema y disposición de hardware. Permite añadir estaciones de trabajo y controladores.

En la Figura 20, se visualiza la creación de cada proyecto generado por cada uno de los transmisores de presión en el árbol MAN-11002 existente.

Figura 20

Transmisores de presión en el árbol MAN-11002

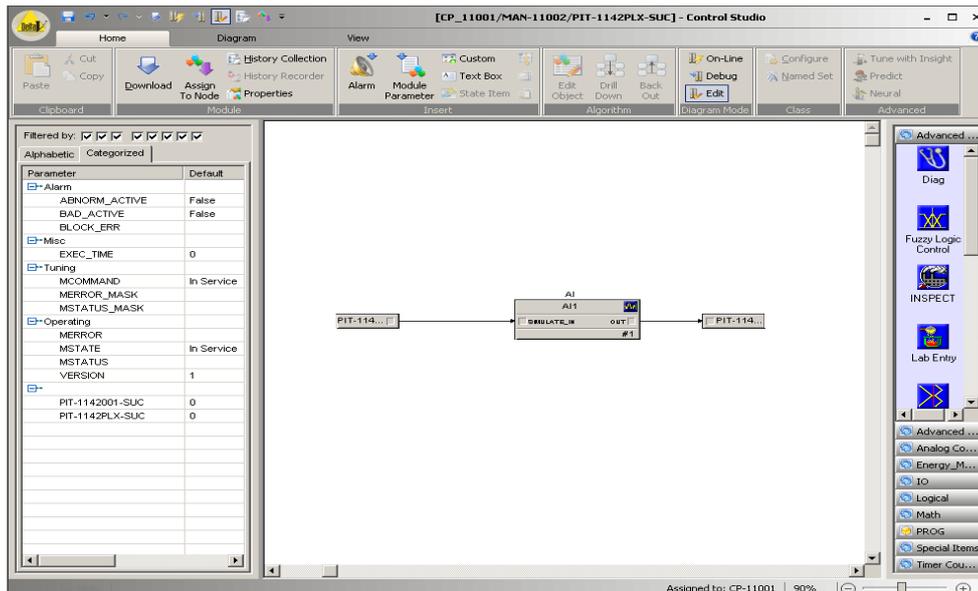


Nota: Elaboración propia.

El aplicativo Control Studio permite diseñar, editar módulos y plantillas que definen la estrategia de control requerida para cada proyecto. En este caso se creó de cada transmisor su programación mediante un bloque de adquisición de datos del OPC Data Manager de Matrikon y se asignó una nueva variable para la visualización en el HMI y generar el Histórico como se visualiza en la Figura 21.

Figura 21

Asignación de la variable sistema DELTA V

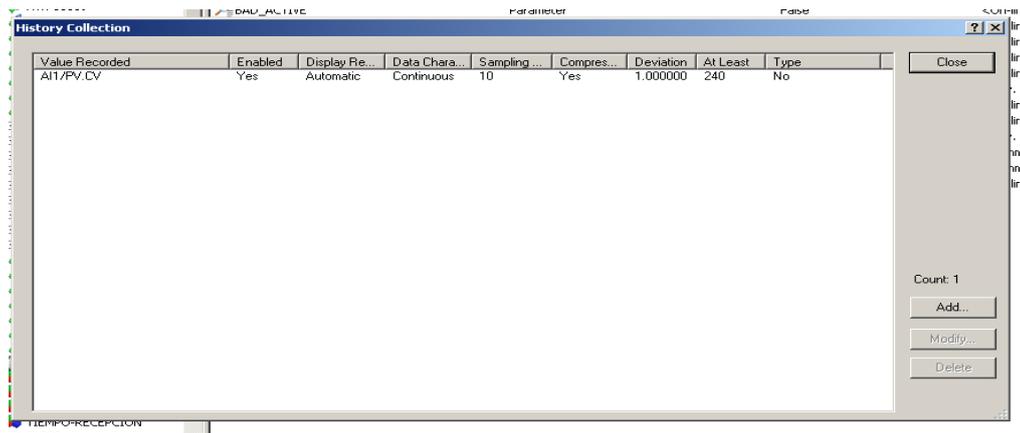


Nota: Elaboración propia.

La aplicación Historial del Sistema DeltaV brinda la capacidad de recopilar y analizar datos históricos, que pueden ser valiosos para el control de procesos y la toma de decisiones. La variable generada en aplicación Control Studio, se apunta a la variable para el almacenamiento de cada uno de los transmisores para la recolección de datos, como se muestra en la Figura 22.

Figura 22

Variable para el almacenamiento de data para realizar históricos



Nota: Elaboración propia.

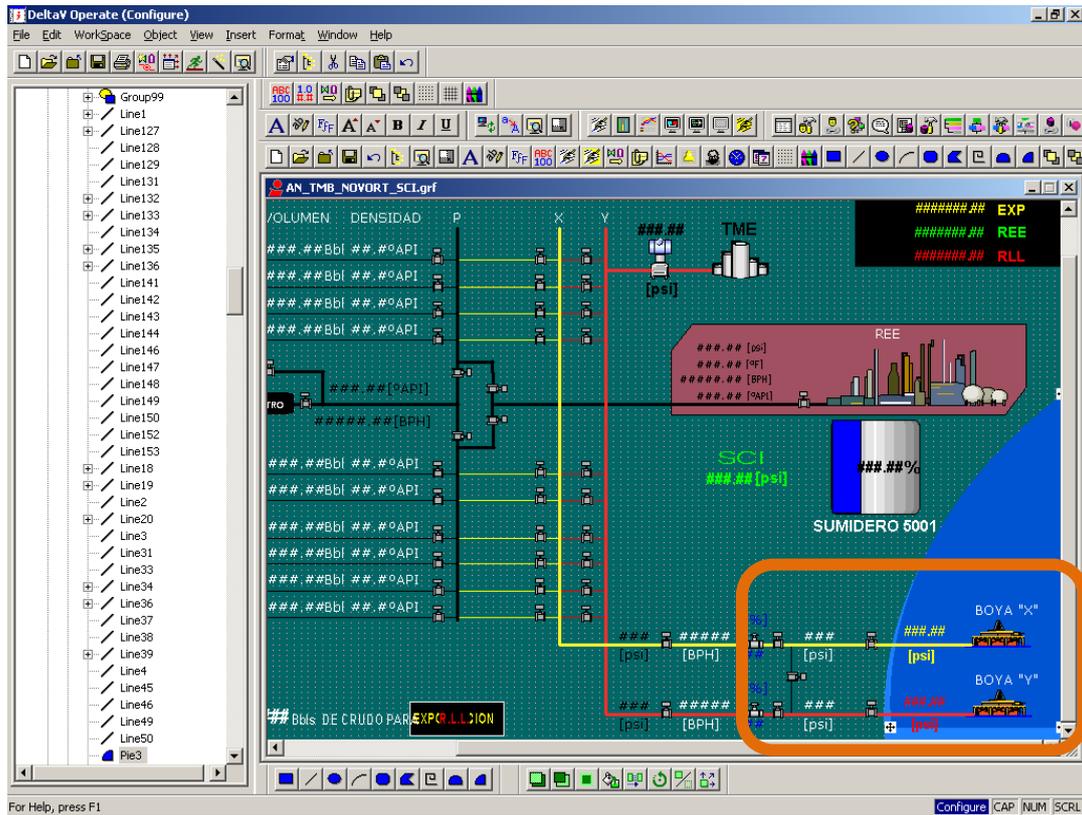
2.2.5 HMI DELTAV OPERATE

Esta aplicación crea diagramas de procesos en tiempo real. El uso de gráficos de alta resolución permite una descripción más detallada del seguimiento y flexibilidad en la presentación de la información. Esto permite al operador una operación fácil y de alta confiabilidad.

En el sistema DCS actual de Balao Marine Terminal, existen múltiples pantallas del proceso operativo de las válvulas de apertura y cierre de la estación en función de la carga requerida, lo que permite a los operadores monitorear todas las variables físicas en el tiempo, tanto reales como históricas, para el análisis del comportamiento de los parámetros de las condiciones de operación. Comportamiento, donde se visualizará en la pantalla de las válvulas de las líneas de carga "X" e "Y", para añadir los nuevos transmisores en cada línea correspondiente, como se muestra en la Figura 23 y Tabla 4, con detalle de los TAG listados cada Variable asignada en Control Studio.

Figura 23

Pantalla HMI creación de visualización de las variables de los transmisores



Nota: Elaboración propia.

Tabla 4

Asignación de variables HMI

TAG	CONTROL STUDIO
PIT-1136 PLY	DVSYS.PIT-1136PLY/AI1/PV.F_CV
PIT-1136PLY-SUC	DVSYS.PIC-11002Y/DESCARGA-Y.F_CV
PIT-1142PLX	DVSYS.PIT-1142PLX/AI1/PV.F_CV
PIT-1142PLX-DES	DVSYS.PIC-11002X/PID1/PV.F_CV

Nota: Elaboración propia.

Luego finalizar la etapa de diseño de la interfaz (HMI) para el proyecto de monitoreo de presión en las líneas de carga “X” y “Y”, se integra la interfaz en la pantalla HMI general, la cual visualiza el proceso de carga desde los tanques de almacenamiento hacia el PLeM Marítimo que está conformado por las Monoboyas respectivamente “X” y “Y”. El sistema de monitoreo se visualizó utilizando el criterio de programación para garantizar una interacción fluida y segura

entre el sistema SCADA y el operador para ejecutar las maniobras claras y precisas. Esta integración nos permitió obtener una visión completa y consolidada del proceso de exportación de crudo petróleo, facilitando el monitoreo y el control de todas las variables involucradas en el proceso, como se muestra en la Figura 24.

Figura 24

Monitoreo de presión en las líneas de carga



Nota: Elaboración propia.

2.3 Estrategias y/o técnicas

En el presente proyecto se ejecutaron las técnicas que se detallan a continuación:

I. Análisis de la operación del sistema del Terminal Marítimo Balao.

Dentro las facilidades del Terminal se deben de ejecutar un análisis operativo, donde se ubicará los puntos toma de presión para determinar los parámetros necesarios para el monitoreo de las presiones en las líneas de carga, inspeccionar las facilidades y realizar un cronograma de los trabajos a ejecutarse para el montaje del sistema de monitoreo.

II. Selección de instrumentos, equipos y accesorios

Una vez verificado los planos PI&D de las líneas de carga "X" y "Y" y la disponibilidad de los transmisores de presión con una comunicación field foundations, disponibilidad de puerto en módulo 3420, conexión de los servidores OPC y en materiales tubería tubing 3/8 con conectores rectos y codos, conectores reductores de ½ NPTM a 3/8 OD, y cable 16 x3 en la bodega del Terminal.

III. Montaje y comisionado del sistema de monitoreo

Montaje de la instrumentación de los transmisores de presión en cada una de las líneas respectivamente, tendido figurativo de tubing 3/8, cableado desde el FEM 3420 a cada uno de

los transmisores, configuración de nodos de cada transmisor con el calibrador de procesos y visualización de cada instrumento en Web Browser FIM 3420.

IV. Re-Programación del PLC y HMI

En esta etapa la programación se realiza en el sistema DCS DELTA V. Para procesar la información se realizaron las configuraciones de cada Nodo y Tags de cada instrumento en el servidor OPC Top Server y Data Manager de Matrikon, para la configuración y modificación de la pantalla existente para la visualización en el sistema HMI.

V. Pruebas de funcionamiento

Se energiza cada uno de los transmisores por el FEM 3420, verificado la comunicación fields foundations en sala de control, para garantizar su funcionalidad el sistema de monitoreo se procede a realizar diferentes pruebas operativas:

- Verificación de la visualización de los nuevos instrumentos en la Web Browser FIM 3420 con su configuración y mapa modbus.
- Visualización de las variables de presión en cada servidor OPC Top Server y Data Manager de Matrikon.
- Visualización de los datos en sistema DCS en el aplicativo Control Studio y Operate RUN – HMI.
 - ✓ Presión de Succión línea X (2.9 PSI)
 - ✓ Presión de Descarga línea X (-7.49 PSI)
 - ✓ Presión de Succión línea Y (3.7 PSI)
 - ✓ Presión de Descarga línea Y (15.7 PSI)

Se realiza simulación de alarmas mediante el calibrador de proceso:

- ✓ Baja y Alta Presión de Succión línea X
- ✓ Baja y Alta Presión de Descarga línea X
- ✓ Baja y Alta Presión de Succión línea Y
- ✓ Baja y Alta Presión de Descarga línea Y

La simulación de baja y alta presión de cada uno de los instrumentos dio resultados satisfactorios con una alarma sonora en la sala de control y registro de la eventualidad con hora y fecha para el análisis del comportamiento del operativo a generar una tendencia.

2.4 Validación de la propuesta

Tabla 5

Datos del validador

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Ing. Carlos Renato Caza Veloz	+ 30 años	Ingeniero de petróleos	Supervisor de Operaciones
Ing. Tacuri Coronel Marco Patricio	+ 10 años	Ingeniero Mecánico	Técnico Líder de Operaciones

Nota: Elaboración propia.

Tabla 6

Criterios de valuación

Criterios	Descripción
Impacto	Representa el alcance que tendrá el modelo de gestión y su representatividad en la generación de valor público.
Aplicabilidad	La capacidad de implementación del modelo considerando que los contenidos de la propuesta sean aplicables
Conceptualización	Los componentes de la propuesta tienen como base conceptos y teorías propias de la gestión por resultados de manera sistémica y articulada.
Actualidad	Los contenidos de la propuesta consideran los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos que se producen en la nueva gestión pública.
Calidad Técnica	Miden los atributos cualitativos del contenido de la propuesta.
Factibilidad	Nivel de utilización del modelo propuesto por parte de la Entidad.
Pertinencia	Los contenidos de la propuesta son conducentes, concernientes y convenientes para solucionar el problema planteado.

Nota: Elaboración propia.

Tabla 7

Datos de validador 1

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
----------------------------	----------------------------	-----------------------------	--------------

Ing. Carlos Renato Caza Veloz	+ 30 años	Ingeniero de petróleos	Supervisor de Operaciones
----------------------------------	-----------	---------------------------	------------------------------

Nota: Elaboración propia.

Tabla 8:

Escala de evaluación. Elaborada por: Ing. Carlos Renato Caza Veloz

Criterios	Descripción				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualiza ción					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia				X	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 9:

Datos de validador 2

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Ing. Tacuri Coronel Marco Patricio	+ 10 años	Ingeniero Mecánico	Técnico Líder de Operaciones

Nota: Elaboración propia.

Tabla 10:

Escala de evaluación. Elaborada por: Ing. Marco Tacuri

Criterios	Descripción
-----------	-------------

	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualiza ción					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia				X	

Nota: Elaboración propia.

2.5 Matriz de articulación de la propuesta

En esta sección se presenta la articulación de la propuesta realizada, mediante los sustentos teóricos, metodológicos, estratégicos-técnicos y tecnológicos empleados, como se describe en la Tabla 11.

Tabla 11

Matriz de articulación

	Ejes o partes principales del proyecto	Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico que se aplicó en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas que se emplearon
1	Diseño de sistema de monitoreo de presión en las líneas de carga "X" y "Y" del Terminal Marítimo Balao	Para el sistema de monitoreo en las líneas de carga, se instalaron instrumentos de medición de presión en las tomas muestras, tanto en succión y descarga respectivamente con una comunicación field foundations, la mismas que se establece los rangos de operación y alarmas, con la finalidad de responder ante una eventualidad no deseada de sobre presión en la línea.	Matemáticas aplicadas Instrumentación y control Comunicaciones industriales	En base al manual del fabricante se analizó las especificaciones técnicas de los rangos de operación, enlaces de puerto field foundations y FEM 3420
2	Configuración de servidores OPC Top Server y Data Manager de Matrikon	Para la configuración de cada servidor OPC Top Server y Data Manager de Matrikon, se requiere identificar y crear los nuevos tags con su correspondiente mapa modbus para la adquisición y direccionamiento de datos de cada instrumento desde el módulo FEM 3420 hacia el sistema centralizado DCS DELTA V para acondicionamiento de los datos.	OPC Top Server OPC Data Manager de Matrikon	OPC Top Server OPC Data Manager de Matrikon

3	<p>Programación DCS Delta V en sus aplicativos Control Studio y Operate HMI</p>	<p>Para la programación en el aplicativo Control Studio, se realizó mediante bloques de funciones básicas que permite la estrategia de control para la adquisición de datos y acondicionamiento.</p> <p>Para la visualización de los transmisores de presión en el HMI en sala de control, se utilizó el aplicativo Operate Configure, la misma que se creó el diseño y asignación de las variables de presión de cada línea de carga, tanto de succión y descargas correspondientemente.</p>	<p>Control Studio Operate Configure</p>	<p>DCS Delta V</p>
---	---	---	---	--------------------

Nota: Elaboración propia.

2.6 Análisis de resultados. Presentación y discusión.

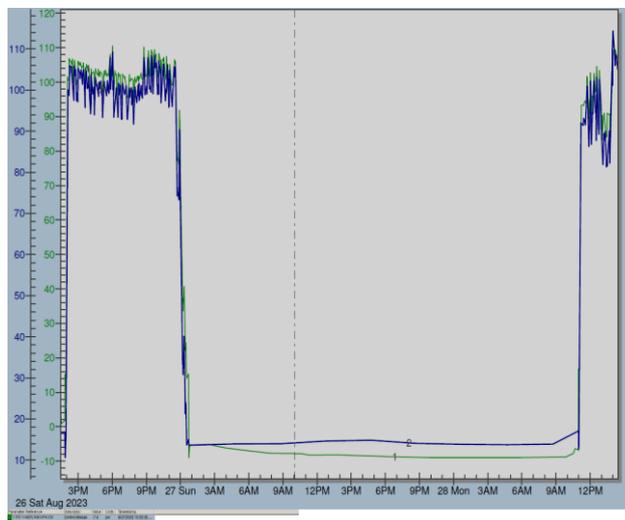
La implementación de un sistema de monitoreo de presión en las líneas de carga de crudo de petróleo del Terminal Marítimo Balao es una iniciativa estratégica para mejorar la eficiencia, la seguridad e integridad operativa de las operaciones de carga de crudo. La correcta medición y supervisión de la presión en estas líneas reviste una importancia crítica para garantizar la gestión segura y eficiente del transporte de crudo, reducir los riesgos operativos y minimizar las interrupciones en la cadena logística. Este fundamento presenta las razones fundamentales que respaldan la implementación de este sistema de monitoreo y sus beneficios para la operación del terminal.

Además, la presión adecuada en las líneas de carga es esencial para prevenir posibles fallas, rupturas o derrames. Un sistema de monitoreo continuo permitirá identificar cualquier variación no deseada en la presión, lo que permitirá tomar medidas preventivas para evitar incidentes graves y riesgos para la seguridad de los trabajadores y el entorno. La implementación de un sistema de monitoreo de presión ayuda al terminal a cumplir con los estándares normativos y regulatorios establecidos por las autoridades competentes.

La Figura 25, se muestra la tendencia de un operativo realizado en la línea X, generada en tiempo real por los transmisores de presión en las partes de succión y descarga. Muestra el comportamiento de la presión al antes de su apertura la válvula para iniciar el operativo de exportación de crudo desde los tanques de almacenamiento hacia los buques/tanques.

Figura 25

Tendencia de un Operativo línea X



Nota: Elaboración propia.

Para una prevención de sobre presión o baja presión, se configura las alarmas en sistema DCS Delta V, que se encuentran establecidas en función a los parámetros de operativos y la filosofía del Terminal teniendo. A una presión operativa de 115 PSI, esta presión es por gravedad desde los tanques de almacenamiento como se indica en Tabla 12.

Tabla 12:

Set de alarmas

ALARMA	SET (PSI)
HI HI	135
HI	130
LO LO	3

Nota: Elaboración propia.

El Departamento de Mantenimiento Terrestre forma parte de la estructura organizacional de los Terminales Marítimos Balao. Tiene como objetivo asegurar el correcto funcionamiento y mantener en óptimas condiciones los equipos, instrumentos y herramientas asociados al desarrollo de las actividades operativas del Terminal Marítimo Balao y Terminal Marítimo Esmeraldas.

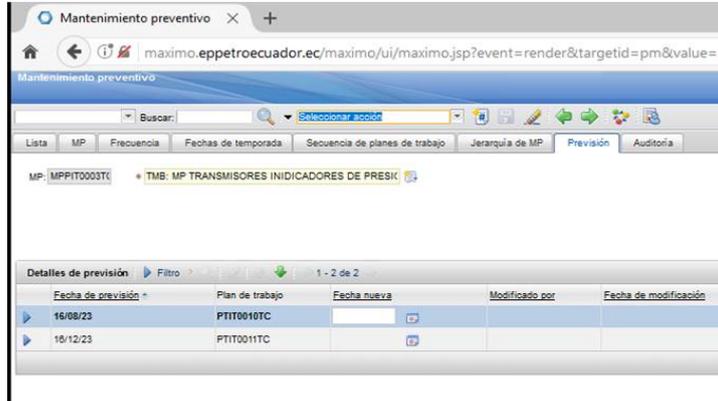
En función a la normativa interna de la Empresa Pública Petroecuador y con el fin de dar cumplimiento a las normativas empresariales dispuestas, el Departamento de Mantenimiento Terrestre goza de un sistema de gestión de activos y mantenimiento, MAXIMO OIL & GAS. El software permite planificar, organizar, ejecutar los mantenimientos preventivos, correctivos y predictivos en base a la planificación departamental y los requerimientos de las diferentes áreas operativas y administrativas. Se gestiona con el responsable del sistema MAXIMO, el ingreso de los transmisores para programar los mantenimientos preventivos trimestral y semestral como se visualiza en la Figura 26, en función a los JOB PLAN desarrollados ANEXO 1 y 2.

Figura 26:

Sistema de Gestión Maximo


 miércoles 16/8/2023 9:51
Carlos M. Gracia C.
RE: Maximo Transmisores de presión manifold playa
 Para Victor A. Vargas O.
 CC Daniel F. Villalva T.; Victor Plaza V.; Marco D. Zuniga N.
 Mensaje reenviado el 29/8/2023 9:03.

En atención a su requerimiento solicitado en el correo que antecede, se procedió a ingresar al Sistema Maximo la ficha técnica y se asignó el ítem 38 del Plan de Mantenimiento Terrestre.



The screenshot shows the 'Mantenimiento preventivo' (Preventive Maintenance) interface. It includes a search bar, navigation tabs (Lista, MP, Frecuencia, Fechas de temporada, Secuencia de planes de trabajo, Jerarquía de MP, Previsión, Auditoría), and a table of maintenance items. The table shows two items with dates 16/08/23 and 16/12/23, and work plans PTIT0010TC and PTIT0011TC.

2023		JULIO				AGOSTO						
ITEM	PRIORIDAD	DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	HORAS	IN	FRECUENCIA	29	30	31	32	33	34	35
34	3	TMB MP INTERRUPTOR DE NIVEL TIPO DEPLAZADOR - BARRIDO TANQUE 502	4	28	13							
35	3	TMB MP INTERRUPTOR DE NIVEL TIPO DEPLAZADOR - BARRIDO TERRE	4	28	13							
36	3	INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL BOMBA 4 - TERRE	8	37	13							
37	3	VÁLVULAS DE ALIVIO PSY - TMB	8	47	26							
38	-	...	-	-	-							

Nota: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Al implementar un sistema de monitoreo de presión en las líneas de carga de crudo petróleo del Terminal Marítimo Balao es una transformación esencial que garantiza la seguridad, la eficiencia y la integridad de las operaciones de exportación de crudo, dando cumplimiento normativo y garantizando la eficiencia y costos de operación. La adopción de esta tecnología no solo mejorará la operación del terminal, sino que también contribuirá a la imagen y la reputación del terminal como un actor responsable y comprometido en la industria del transporte de crudo.

La visualización de los parámetros operativos en la Interfaz Humano Máquina (HMI) se integra las nuevas presiones de cada una de las líneas de carga independiente de manera amigable e intuitiva para el operario que monitoree el proceso del sistema en tiempo real; además, presenta la tendencia de cada una de las presiones.

La adopción de mejoras con tecnologías avanzadas para el monitoreo de las operaciones del terminal transmite en tiempo real la presión en las líneas de carga, lo que permite al personal encargado de las operaciones tener una visión precisa y actualizada de las condiciones operativas de las variables del sistema. Esto a su vez, le permite tomar decisiones de medidas preventivas ante variaciones inesperadas de la presión y asegurando que los protocolos de comunicación sean compatibles y que la transferencia de datos sea fluida sin intermitencias, mediante la compatibilidad del módulo 3420 que cuenta con una comunicación de campo Field Foundation y transmisión a través de Ethernet TCP/IP.

Al programar un sistema de monitoreo de presión con una interfaz HMI en un sistema centralizado DCS Delta V, permite al personal encargado de las operaciones supervisar y controlar el proceso de exportación de crudo petróleo mediante las líneas de carga del Terminal Marítimo Balao, agregando valor a las operaciones para prevenir problemas, fugas y toma de medidas preventivas con el objetivo de tener una operación más fluida y eficiente. Además, se generan alarmas y notificaciones automáticas en caso de que los valores de presión se encuentren fuera de parámetros, lo que se traducirá en una reducción de los costos operativos y un aumento de la rentabilidad para el estado ecuatoriano.

Las pruebas ejecutadas a cada una de las etapas que conformo el sistema de monitoreo de presión en las líneas de cargas “X” y “Y” del Terminal Marítimo Balao, muestran el cumplimiento y autenticidad de cada una de las presiones obtenidas. Se cumple con cada uno de los objetivos propuestos en el presente proyecto, cumpliendo con las normativas internas de la empresa con la correcta operación y visualización mediante la programación implementada.

RECOMENDACIONES

Con base en la experiencia adquirida en el presente proyecto, se debe de planificar con sala de control las condiciones operativas en función a la filosofía que pueden presentarse efectos negativos en el sistema de monitoreo si existe una mala toma de datos en las líneas de carga en la presión de alta y baja para poder controlar cada límite y la capacidad del producto cuando se esté exportando crudo.

El personal del área de mantenimiento debe estar calificado y capacitado para realizar las tareas de montaje y puesta en servicio de los transmisores de presión y tener la experiencia en el manejo de la Web Browser FIM 3420 para configurar el mapa modbus, ya que la interfaz asocia varios dispositivos que tiene su propio registro

Al asociar las nuevas variables al sistema de interfaz HMI, tener en consideración los tags asignados en el aplicativo Control Studio para que no existan conflictos en la trama de visualización de los datos con otras variables del sistema.

Para el desarrollo de este proyecto se realizaron algunas modificaciones en la pantalla HMI y en la programación principal, generando nuevos Tags y variables en el sistema de control. Estos necesitan ser actualizadas en la lógica de programación y planos PI&D de instrumentación para evitar confusiones por parte del personal de instrumentación y control.

BIBLIOGRAFÍA

- Albarracín, W., & Oñate, J. D. (2022). Automatización del sistema de corte de laminado para la empresa NOVACERO. 43.
- Alpallana, M. (2022). *Operaciones normales en el Terminal de Balao*. Petro Ecuador: <https://www.eppetroecuador.ec/?p=15059>
- Banco Central del Ecuador. (2022). Boletín análisis del sector petrolero. 1, 34. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ASP202204.pdf>
- Baron, Y. (2021). *Diseño prototipo banco de pruebas de presión de 0 a 100 Psig para transmisores de presión con salida analógica 4 a 20 mA para la empresa Hidrocasanare*. UNAD: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/28467/yabaronp.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castillo, V. (2018). La Importancia e Implicancia de una Correcta confección en la Capa Física (Hardware), para un Sistema Segmentos Fieldbus H1. *Centinela*, 1, 42.
- Guanga, A. (2021). *Modelado, simulación y control de un separador trifásico de petróleo como herramienta didáctica para ingeniería de petróleos*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16725/1/96T00652.pdf>
- Industry, D. (2023). *Direct Industry*. <https://www.directindustry.es/prod/matrikon-opc/product-68758-549556.html>
- Jiménez, M. (2017). *Diseño del cuadro de mando integral (CMI) para la gerencia de oleoducto de Petroecuador*. Escuela Politécnica Nacional: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8090/4/CD-1113.pdf>
- Lima Velasco, J. (2021). *Ahorro de energía eléctrica: implementación metodológica*. Grupo Editorial Éxodo: <https://elibro.net/es/ereader/uisrael/128628?page=122>
- Macho, A. (2018). *Operación con el Sistema Delta-V de control de procesos*. Universidad de Valladolid: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/31312/TFG-P-873.pdf;jsessionid=FBB0F6D05C46AF9486496D27DFD93836?sequence=1>
- Muñoz, P. B., & Cortijo, L. E. (2022). "CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURAS DE COMBUSTIÓN INTERNA DEL MOTOR DE UN GENERADOR EN UNA TERMOELÉCTRICA DE SANTA ELENA. *UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL*, 95.
- Pazmiño, J. C., & Cortijo, R. E. (2023). Automatización del compresor de suministro de aire de instrumentos en la planta de generación wartsila. 56.
- Penagos, O. (2018). Identificación de líneas de investigación en las carreras a partir de temas de tesis de grado. *En Líneas Generales*.
- PETROECUADOR, E. (17 de SEPTIEMBRE de 2015). OLEODUCTO TRANSECUATORIANO. CUARENTA Y TRES AÑOS TRANSPORTANDO LA ECONOMÍA DEL PAÍS., pág. 2.

<https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/09/2015-067.pdf>

Rojas Quispe, P. (2020). Foucault y las prisiones en movimiento: sobre el enclaustramiento en los buses de Lima. *En Líneas Generales*, 30 - 40.

Sanchez , P. (2020). LA DELIMITACIÓN DE LAS OPERACIONES DE CARGA Y DESCARGA DE MERCANCÍAS EN LA REGULACIÓN DE TRANSPORTE:. *La carga y descarga en el contrato de transporte de mercancías*, 23 - 30 .

Sanz, P., & Bastidas , R. (2020). Líneas de transmisión: su utilización en la interpretación de las medidas de impedancia en los estudios de corrosión. *Revista de Metalurgia*.

Sevillano, F. (2021). *¿Qué es ArcestrA?* . Redindustria.: <https://glossary.slb.com/es/terms/s/separator>

toolbox, S. (2023). *Software toolbox*. <https://products.softwaretoolbox.com/top-server/power-utilities-suite>

Valdivieso, G., & Eduardo, C. (2021). *Evaluación de la factibilidad del uso del gas natural producido en el campo Shushufindi como una alternativa energética para disminuir la contaminación ambiental en el oriente ecuatoriano* . <http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/16757>

Viñan Andino, M. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de control para operación automática de separadores de petróleo trifásicos*. . Universidad Técnica de Cotopaxi: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17133>

ANEXOS

ANEXO 1

Job Plan de mantenimiento semestral de los transmisores



Detalles de Plan de Trabajo

PTT0019TC: TMB: MP TRANSMISORES INDICADORES DE PRESIÓN ROSEMOUNT 3051 (SEMESTRAL)
 MARCA: ROSEMOUNT
 MODELO: 3051

Organización: PEC	Prioridad: 3	Propietario:
Planta: TC	¿Interrumpible?: N	Propietario del grupo:
Tipo: MANTENIMIENTO	Supervisor:	Grupo de mano de obra:
Duración: 05:05	Cuadrilla:	

Tareas del plan de trabajo						
ID de tarea	Descripción	Duración	Plan de trabajo anidado	Nombre del medidor	Propietario	Grupo propietario
10	PREPARACIÓN DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS	00:20				
20	APERTURA DE PERMISOS DE TRABAJO	00:20				
30	VERIFICACION DE DISPLAY ENCENDIDO Y SIN ALARMAS	00:15				
40	INSPECCION DE TUBING (EN BUSCA DE FUGAS)	00:15				
50	CERRAR VALVULAS DE PASO LINEA-TRANSMISOR	00:15				
60	PURGAR DE LINEA TUBING	00:30				
70	COMPROBAR ZERO EN EL DISPLAY DEL TRANSMISOR	00:15				
80	COMPROBAR DE VOLTAJE DC DEL TRANSMISOR	00:10				
90	REAJUSTE DE TERMINALES (SI ES NECESARIO, CAMBIAR TERMINALES)	00:15				
100	LIMPIAR TUBING DE SEDIMENTOS U OTRAS MATERIAS	01:00				
110	LIMPIAR CÁMARA DE PRESIÓN DEL TRANSMISOR	00:15				
120	ARMAR EL SISTEMA Y PRESURIZAR LA LINEA	00:30				
130	PRUEBAS FUNCIONALES	00:30				
140	VERIFICACION DE DATOS EN EL SCADA Y EXPLORE 3420	00:15				

ANEXO 2

Job Plan de mantenimiento anual de los transmisores



Detalles de Plan de Trabajo

PTIT9011TC: TMB: MP TRANSMISORES INDICADORES DE PRESIÓN ROSEMOUNT 3051 (ANUAL)
 MARCA: ROSEMOUNT
 MODELO: 3051

Organización:	PEC	Prioridad:	3	Propietario:	
Planta:	TC	¿Interrumpible?:	N	Propietario del grupo:	
Tipo:	MANTENIMIENTO	Supervisor:		Grupo de mano de obra:	
Duración:	07:50	Cuadrilla:			

Tareas del plan de trabajo							
ID de tarea	Descripción	Duración	Plan de trabajo anidado	Nombre del medidor	Propietario	Grupo propietario	
10	PREPARACIÓN DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS	00:20					
20	APERTURA DE PERMISOS DE TRABAJO	00:20					
30	VERIFICACION DE DISPLAY ENCENDIDO Y SIN ALARMAS	00:15					
40	INSPECCIONAR EL TUBING (EN BUSCA DE FUGAS)	00:15					
50	CERRAR VALVULAS DE PASO LINEA-TRANSMISOR	00:15					
60	PURGAR EL TUBING	00:30					
70	COMPROBAR ZERO EN EL DISPLAY DEL TRANSMISOR	00:15					
80	REALIZAR CALIBRACION Y AJUSTE DE CERO (SI ES NECESARIO)	00:30					
90	COMPROBAR DE VOLTAJE DC DEL TRANSMISOR	00:10					
100	REVISAR CABLEADO ESTRUCTURADO (CAMBIAR SI ES NECESARIO)	00:30					
110	REVISAR PUNTOS DE CONEXIÓN EN LA JB DE CAMPO Y SALA DE CONTROL	00:30					
120	CAMBIAR TERMINALES DE TRANSMISOR (SI SE LO REQUIERE)	00:15					
130	REVISIÓN Y LIMPIEZA DEL DIAFRAGMA	00:15					
140	LIMPIAR TUBING DE SEDIMENTOS U OTRAS MATERIAS	01:00					
150	LIMPIAR CÁMARA DE PRESIÓN DEL TRANSMISOR	00:15					
160	ARMAR EL SISTEMA Y PRESURIZAR LA LINEA	00:30					
170	PRUEBAS FUNCIONALES	00:30					
180	VERIFICACION DE DATOS EN EL SCADA Y EXPLORE 3420	00:15					
190		01:00					

10/08/23 13:52

1 / 1

ANEXO 3

VALIDACIONES



Yo, Ing. Carlos Renato Caza Veloz, con C.I 1709337305, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: ***“Sistema de monitoreo de la presión en las líneas de carga de crudo del Terminal Marítimo Balao”***.

Elaborado por el MSc. Victor Alfonso Vargas Ortiz, con C.I 0503495988, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 28 de agosto de 2023



Ing. Carlos Renato Caza Veloz.

C.I.: 1709337305

Registro SENESCYT: 1032-10-987213



Yo, Ing. Tacuri Coronel Marco Patricio, con C.I 1716506926, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: ***"Sistema de monitoreo de la presión en las líneas de carga de crudo del Terminal Marítimo Balao"***.

Elaborado por el MSc. Victor Alfonso Vargas Ortiz, con C.I 0503495988, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 28 de agosto de 2023



Ing. Tacuri Coronel Marco Patricio.

C.I.: 1716506926

Registro SENESCYT: 1034-12-1102816