



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

ESCUELA DE POSGRADOS "ESPOG"

MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

MENCIÓN: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021

PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER

Título del proyecto:
Sistema de monitoreo del nivel de un tanque sumidero de crudo mediante Fieldbus e interfaz Delta-V del Terminal Marítimo Balao perteneciente a la EPPETROECUADOR
Línea de Investigación:
Ciencias de la ingeniería aplicada a la producción, sociedad y desarrollo sustentable
Campo amplio de conocimiento:
Ingeniería, industria y construcción
Autor/a:
Daniel Fernando Villalva Taipe
Tutor/a:
Wilmer Fabián Albarracín Guarochico

Quito – Ecuador

2024

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, Wilmer Fabián Albarracín Guarochico con C.I: 1713341152 en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: **Sistema de monitoreo del nivel de un tanque sumidero de crudo mediante Fieldbus e interfaz Delta-V perteneciente al Terminal Marítimo Balao perteneciente a la EPPETROECUADOR.**

Elaborado por: Daniel Fernando Villalva Taipe, con C.I: 0502662976, 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., 11 de marzo de 2024

Firma

DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, Daniel Fernando Villalva Taipe con C.I: 0502662976, autor/a del proyecto de titulación denominado: **Sistema de monitoreo del nivel de un tanque sumidero de crudo mediante Fieldbus e interfaz Delta-V perteneciente al Terminal Marítimo Balao perteneciente a la EPPETROECUADOR**. 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., 11 de marzo de 2024

Firma

Tabla de contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR	2
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	3
INFORMACIÓN GENERAL	1
Contextualización del tema	1
Problema de investigación	3
Objetivo general	5
Objetivos específicos	5
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:	6
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	7
1.1. Contextualización general del estado del arte	7
1.2. Proceso investigativo metodológico	10
CAPÍTULO II: PROPUESTA	12
2.1 Fundamentos teóricos aplicados	12
2.2 Descripción de la propuesta	23
2.3 Validación de la propuesta	36
2.4 Matriz de articulación de la propuesta	39
2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.	42
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	48

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Definición de rangos para alarmas de monitoreo</i>	27
Tabla 2 Descripción de perfil de validadores.....	36
Tabla 3 <i>Criterios de valuación</i>	36
Tabla 4 <i>Escala de evaluación.</i>	37
Tabla 5 <i>Perfil de validador 2</i>	37
Tabla 6 <i>Escala de evaluación. Elaborada por: Ing. Víctor Alfonso Vargas Ortiz</i>	38
Tabla 7 <i>Perfil de validador 3</i>	38
Tabla 8 <i>Escala de evaluación. Elaborada por: Ing. Carlos Renato Caza Veloz</i>	39
Tabla 9 <i>Matriz de articulación</i>	40

Índice de figuras

Figura 1 Estructura del terminal Marítimo Balao	13
Figura 2 Sistema de oleoducto transecuatoriano	14
Figura 3 Manifold de entrada	15
Figura 4 Instrumentación tanques de almacenamiento	15
Figura 5 Instrumentación tanque de recuperación 5001 y sumidero	16
Figura 6 Filosofía Foundation Fieldbus.....	19
Figura 7 DCS Terminal Marítimo Balao.....	23
Figura 8 Rango de Alarmas establecidas para el monitoreo del sumidero.....	27
Figura 9 Desmontaje de tapa de sumidero	28
Figura 10 Soldadura de cuello y brida.....	28
Figura 11 Montaje de transmisor de nivel	29
Figura 12 Configuración y comisionado	30
Figura 13 Creación de la variable	30
Figura 14 Asignación de la variable	32
Figura 15 Comisionado de la variable	32
Figura 16 Configuración del nivel de combustible	33
Figura 17 Direccionamiento en el HMI.....	34
Figura 18 Escala del sumidero.....	34
Figura 19 Historial de la variable	35
Figura 20 Visualización Operador Delta V	35
Figura 21 Interfaz HIM de monitoreo.....	42
Figura 22 Historial de monitoreo	43

INFORMACIÓN GENERAL

Contextualización del tema

En la industria del petróleo y gas, la eficiencia operativa y la seguridad son de vital importancia. Uno de los componentes cruciales de esta industria es el tanque sumidero de crudo, utilizado para almacenar y contener grandes volúmenes de petróleo (Montenegro, 2019). El monitoreo preciso del nivel de crudo en este tanque es esencial para garantizar la operación segura y rentable de las instalaciones. En este contexto, la implementación de un Sistema de Monitoreo de Nivel basado en la tecnología Fieldbus emerge como una solución innovadora y altamente efectiva.

El sistema de Fieldbus se ha convertido en un estándar en la automatización industrial gracias a su capacidad para transmitir datos y control en tiempo real a través de un único cable de comunicación. En el caso específico del monitoreo de nivel en un tanque sumidero de crudo, el sistema Fieldbus proporciona ventajas notables (De La Torre, 2018). Al conectar sensores de nivel y otros dispositivos directamente al Fieldbus, se crea una red inteligente que permite la medición precisa y constante del nivel de crudo, además de la monitorización de variables como la temperatura y la presión.

Una de las ventajas clave del uso del Fieldbus en esta aplicación es su capacidad para reducir la cantidad de cableado necesario. En comparación con sistemas de cableado tradicionales, donde cada sensor requiere su propio conjunto de cables, el Fieldbus permite la conexión de múltiples dispositivos a través de un solo cable, simplificando la instalación y reduciendo los costos asociados. Esto no solo ahorra tiempo durante la instalación inicial, sino que también facilita el mantenimiento y las actualizaciones posteriores.

Otra característica esencial del sistema Fieldbus es su capacidad de autoconfiguración. Los dispositivos conectados a la red Fieldbus pueden comunicarse entre sí para determinar su posición y función en la red, lo que simplifica aún más la puesta en marcha y configuración del sistema de monitoreo de nivel (Caballero, 200). Además, esta tecnología permite una respuesta rápida a los cambios en el nivel de crudo, lo que resulta fundamental para la seguridad y la operación eficiente de las instalaciones.

La interfaz DeltaV, desarrollada por Emerson, es una plataforma de automatización y control que ofrece un enfoque integral para supervisar y gestionar las operaciones en tiempo real en instalaciones industriales (Belloro, 2019). En el contexto del Terminal Marítimo Balao, la interfaz DeltaV desempeña un papel vital al proporcionar una visión holística de las actividades, desde

la carga y descarga de buques hasta el monitoreo de los sistemas de almacenamiento y transferencia de crudo.

La principal ventaja de la interfaz DeltaV radica en su capacidad para integrar diversos sistemas y equipos en una única plataforma. En el Terminal Marítimo Balao, donde la coordinación precisa y la sincronización de actividades son esenciales, esta característica se vuelve especialmente valiosa (Ramírez & Medina, 2020). La interfaz permite la monitorización en tiempo real de variables cruciales como el flujo de crudo, la temperatura, la presión y el nivel de los tanques de almacenamiento, lo que facilita la toma de decisiones informadas y la respuesta inmediata a cambios operativos.

La seguridad también es un factor primordial en la industria petrolera. La interfaz DeltaV está diseñada para cumplir con los más altos estándares de seguridad funcional y ciberseguridad, garantizando la protección de datos y la prevención de incidentes no deseados. Esto es especialmente relevante en el Terminal Marítimo Balao, donde cualquier falla podría tener un impacto significativo en el medio ambiente y la operación global.

Además, la interfaz DeltaV ofrece una interfaz de usuario intuitiva y personalizable, lo que facilita la operación por parte del personal y la adaptación a las necesidades específicas del terminal. Su capacidad de generar informes detallados y análisis en tiempo real permite una supervisión efectiva y una mejora continua de los procesos, optimizando la eficiencia y reduciendo los tiempos de inactividad no planificados.

En resumen, la implementación de la interfaz DeltaV en el Terminal Marítimo Balao de EPPETROECUADOR marca un avance significativo en la gestión de operaciones y la seguridad en la industria petrolera. Al proporcionar una plataforma integrada para el control, supervisión y toma de decisiones, la interfaz DeltaV contribuye de manera sustancial a la eficiencia operativa, la seguridad y la sostenibilidad en este terminal estratégico, consolidando la posición de EPPETROECUADOR como un actor líder en la industria energética nacional e internacional.

Problema de investigación

La implementación de un sistema de monitoreo de nivel de crudo en un tanque sumidero mediante la tecnología Fieldbus en EPPETROECUADOR ha sido una iniciativa innovadora destinada a mejorar la eficiencia operativa y la seguridad en la industria del petróleo. Sin embargo, como en cualquier implementación tecnológica, pueden surgir problemáticas que requieren una atención cuidadosa para garantizar un funcionamiento óptimo y la consecución de los objetivos trazados.

Una de las problemáticas que podría enfrentarse en este contexto es la interoperabilidad de los dispositivos Fieldbus. Dado que los sensores de nivel, transmisores y otros dispositivos se conectan a la red Fieldbus, es fundamental asegurarse de que todos estos elementos sean compatibles y puedan comunicarse de manera efectiva. En algunos casos, los dispositivos de diferentes fabricantes pueden tener interpretaciones ligeramente distintas del protocolo Fieldbus, lo que podría llevar a problemas de comunicación y dificultar la obtención de datos precisos y consistentes.

Además, la configuración y calibración adecuadas de los dispositivos Fieldbus representan otro desafío potencial. Si los sensores de nivel no están configurados correctamente o no se han calibrado de manera precisa, los datos de nivel de crudo pueden ser inexactos, lo que podría llevar a decisiones erróneas en la gestión del tanque. La calibración periódica y el mantenimiento constante son esenciales para garantizar mediciones precisas y confiables a lo largo del tiempo.

La ciberseguridad también es una preocupación crítica en la implementación de sistemas de monitoreo basados en Fieldbus. Dado que estos sistemas están conectados a redes de comunicación, existe el riesgo potencial de ataques cibernéticos que podrían comprometer la integridad de los datos y la seguridad de las operaciones. EPPETROECUADOR debe implementar medidas sólidas de ciberseguridad, como cortafuegos, autenticación de usuarios y actualizaciones regulares de software, para proteger la red Fieldbus de amenazas externas.

Otro aspecto a considerar es la formación y capacitación del personal encargado de operar y mantener el sistema de monitoreo. La tecnología Fieldbus puede ser compleja y requiere un entendimiento profundo de su funcionamiento y configuración. La falta de capacitación podría llevar a errores en la operación del sistema, lo que podría resultar en mediciones incorrectas y posibles interrupciones en las operaciones.

La implementación de un sistema de monitoreo de nivel de crudo mediante Fieldbus en un tanque sumidero en EPPETROECUADOR es una iniciativa valiosa para mejorar la eficiencia y la

seguridad en la industria petrolera. Sin embargo, es esencial abordar las problemáticas potenciales, como la interoperabilidad, la configuración, la ciberseguridad y la capacitación, para garantizar el éxito a largo plazo de esta tecnología. Con un enfoque proactivo en la resolución de estas cuestiones, EPPETROECUADOR puede aprovechar al máximo los beneficios que el sistema de monitoreo Fieldbus ofrece en términos de optimización operativa y toma de decisiones informadas.

La Interfaz DeltaV en el Terminal Marítimo Balao de EPPETROECUADOR representa un paso significativo hacia la eficiencia operativa y la optimización de la gestión en la industria petrolera. No obstante, como en cualquier implementación tecnológica, la adopción de esta interfaz también ha planteado ciertas problemáticas que merecen una evaluación minuciosa para garantizar un rendimiento continuo y exitoso.

Una de las problemáticas clave es la integración de los sistemas existentes con la nueva interfaz DeltaV. El Terminal Marítimo Balao ya cuenta con sistemas establecidos para el control de operaciones, la supervisión y el mantenimiento. La introducción de la interfaz DeltaV debe ser cuidadosamente planificada para asegurar la interoperabilidad y la transición sin problemas entre los sistemas preexistentes y la nueva plataforma. Los desafíos de integración podrían incluir la configuración de comunicación entre sistemas, la transferencia de datos históricos y la alineación de las lógicas de control.

Otra problemática importante es la formación del personal. La interfaz DeltaV puede ser robusta y compleja en sus capacidades, lo que podría requerir una curva de aprendizaje para el personal encargado de operar y mantener el terminal. La falta de comprensión completa de la interfaz podría llevar a errores de configuración, operación incorrecta y decisiones subóptimas. Una estrategia efectiva de capacitación y formación es esencial para maximizar el potencial de la interfaz DeltaV y asegurar que se utilice de manera eficiente.

La ciberseguridad es otra preocupación destacada en la implementación de la interfaz DeltaV. Dado que esta interfaz involucra el control y la supervisión de procesos críticos en el Terminal Marítimo Balao, la seguridad de los sistemas y datos es de vital importancia. La prevención de amenazas cibernéticas, como el acceso no autorizado o la manipulación de datos, requiere la implementación de medidas sólidas de seguridad, como cortafuegos, autenticación de usuarios y monitoreo constante de la red.

La escalabilidad también podría presentar una problemática en la interfaz DeltaV. A medida que el Terminal Marítimo Balao se expande o se agregan nuevas funcionalidades, es crucial que la interfaz DeltaV pueda adaptarse y crecer de manera eficiente. La planificación adecuada para acomodar futuras expansiones y cambios en la operación es esencial para evitar problemas de compatibilidad y limitaciones en el futuro.

En conclusión, la implementación de la Interfaz DeltaV en el Terminal Marítimo Balao de EPPETROECUADOR es una iniciativa prometedora para mejorar la operación y la gestión en la industria del petróleo. Sin embargo, es fundamental abordar las problemáticas inherentes, como la integración de sistemas, la formación del personal, la ciberseguridad y la escalabilidad, con un enfoque proactivo y estratégico. Superar estos desafíos garantizará que la interfaz DeltaV continúe siendo un activo valioso para la operación segura y eficiente del Terminal Marítimo Balao, respaldando el compromiso de EPPETROECUADOR con la excelencia en la industria energética

Objetivo general

Implementar un sistema de monitoreo del nivel de un tanque sumidero de crudo mediante Fieldbus e interfaz Delta-V del Terminal Marítimo Balao perteneciente a la EPPETROECUADOR.

Objetivos específicos

- Determinar las bases teóricas sobre un sistema de monitoreo del nivel de un tanque sumidero y sobre la interfaz Delta-V.
- Diagnosticar la situación actual del tanque sumidero de crudo del Terminal Marítimo Balao perteneciente a la EPPETROECUADOR.
- Desarrollar un sistema de monitoreo del nivel de un tanque sumidero de crudo mediante Fieldbus e interfaz Delta-V.
- Validar el sistema de monitoreo del nivel de un tanque sumidero de crudo mediante pruebas en EPPETROECUADOR.

Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:

La implementación del sistema de monitoreo de nivel de un tanque sumidero de crudo mediante Fieldbus y la interfaz Delta-V en el Terminal Marítimo Balao de EPPETROECUADOR no solo tiene un impacto significativo en la eficiencia operativa y la seguridad, sino que también establece una relación directa con la comunidad circundante. Este enfoque tecnológico puede desencadenar una serie de beneficios y vínculos entre el terminal y la comunidad local, generando una dinámica de mutuo beneficio y responsabilidad.

En primer lugar, la implementación de este sistema puede tener un impacto positivo en la seguridad ambiental. Un monitoreo preciso y constante del nivel de crudo en el tanque sumidero reduce la posibilidad de derrames y fugas, lo que a su vez disminuye el riesgo de contaminación en el entorno cercano. Esto no solo protege los recursos naturales de la zona, sino que también promueve una relación de confianza con la comunidad al demostrar el compromiso de EPPETROECUADOR con prácticas operativas sostenibles.

Además, la utilización de tecnologías avanzadas como Fieldbus y la interfaz Delta-V puede abrir oportunidades de empleo técnico y capacitación para miembros de la comunidad local. A medida que estas tecnologías se implementan y operan en el terminal, existe la posibilidad de capacitar a individuos locales para que participen en la operación, mantenimiento y supervisión de los sistemas. Esto no solo brinda oportunidades de desarrollo profesional a la comunidad, sino que también fortalece los lazos entre el terminal y sus vecinos.

La transparencia y la comunicación también se ven fortalecidas por la implementación de estos sistemas. La capacidad de recopilar, analizar y presentar datos en tiempo real a través de la interfaz Delta-V puede permitir una comunicación más efectiva con la comunidad acerca de las operaciones y el estado del terminal. Esto puede ayudar a disipar posibles preocupaciones y malentendidos, promoviendo un ambiente de colaboración y entendimiento mutuo.

En última instancia, la vinculación entre la implementación de tecnologías avanzadas en el Terminal Marítimo Balao y la comunidad local se traduce en una relación más cercana y armoniosa. La adopción de sistemas de monitoreo mejorados y tecnologías de vanguardia no solo beneficia las operaciones del terminal, sino que también resalta el compromiso de EPPETROECUADOR con la comunidad y el entorno. Al establecer una relación basada en la transparencia, la seguridad y la colaboración, se crea un ambiente en el que ambas partes pueden prosperar y contribuir al desarrollo sostenible de la región.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Contextualización general del estado del arte

En la industria petrolera, el control y la supervisión precisos de los niveles de crudo en tanques sumideros desempeñan un papel crucial en la operación segura y eficiente de las instalaciones. En esta búsqueda de optimización, la tecnología Fieldbus ha emergido como una solución prometedora para abordar los desafíos inherentes al monitoreo de nivel en estos entornos críticos (Ramírez & Medina, 2020).

El sistema Fieldbus se presenta como un paradigma disruptivo en la automatización industrial al permitir la transmisión bidireccional de datos y control a través de un solo cable de comunicación. En la aplicación específica de monitoreo de nivel en tanques sumideros de crudo, esta tecnología ofrece beneficios que van más allá de la eficiencia en el cableado.

La integración de sensores y dispositivos de medición en una red Fieldbus crea un ecosistema inteligente que garantiza mediciones de nivel precisas y en tiempo real. Esto no solo es fundamental para la seguridad operativa, sino que también contribuye a la toma de decisiones informadas y a la planificación de mantenimiento proactivo.

Además de la simplificación del cableado y la distribución de datos, el Fieldbus permite la configuración remota y la adaptación dinámica de los dispositivos, lo que facilita la personalización según los requerimientos cambiantes de la operación. Esta flexibilidad operativa se traduce en una mayor agilidad en el monitoreo y la respuesta a las variaciones de nivel (Ramírez & Medina, 2020).

Sin embargo, es importante reconocer que la implementación exitosa de un sistema de monitoreo de nivel mediante Fieldbus no está exenta de desafíos. La selección adecuada de sensores, la sincronización entre dispositivos de diferentes fabricantes y la ciberseguridad son aspectos que deben abordarse para asegurar un funcionamiento sin contratiempos.

El sistema de monitoreo del nivel de un tanque sumidero de crudo mediante Fieldbus representa un avance innovador en la industria petrolera. Al simplificar la infraestructura, mejorar la precisión de las mediciones y facilitar la adaptabilidad, esta tecnología promete optimizar la gestión operativa y fortalecer la toma de decisiones en el ámbito crítico de los tanques sumideros de crudo (Montenegro, 2019). Su continuo desarrollo y aplicación prometen contribuir significativamente a la eficiencia y seguridad en la industria energética.

La interfaz DeltaV, desarrollada por Emerson, se alza como una solución integral de automatización y control para operaciones industriales complejas. En el Terminal Marítimo Balao, esta interfaz se erige como una columna vertebral que conecta y coordina las diversas operaciones, desde la carga y descarga de buques hasta la gestión de los sistemas de almacenamiento y transferencia de crudo.

Una de las características centrales de la interfaz DeltaV es su capacidad para centralizar la información en tiempo real y presentarla de manera comprensible para los operadores. Esto permite tomar decisiones informadas y rápidas, lo que es esencial en un entorno donde la precisión y la agilidad son críticas (De La Torre, 2018).

Además, la interfaz DeltaV aborda la complejidad inherente en la gestión de un terminal marítimo. Al simplificar la comunicación y la interacción entre dispositivos, equipos y sistemas, se logra una mayor coordinación y se minimizan los riesgos asociados a errores humanos y malentendidos en las operaciones.

La ciberseguridad también cobra relevancia en este contexto. Dado que el Terminal Marítimo Balao maneja información sensible y operaciones críticas, la interfaz DeltaV implementa protocolos de seguridad robustos para proteger contra amenazas cibernéticas y mantener la integridad de los datos y la operación continua.

Sin embargo, es importante considerar que la adopción de la interfaz DeltaV no está exenta de desafíos. La integración con sistemas preexistentes, la formación del personal y la escalabilidad son aspectos que deben ser abordados cuidadosamente para garantizar una implementación exitosa (Caballero , 200).

La implementación de la interfaz DeltaV en el Terminal Marítimo Balao de EPPETROECUADOR simboliza un enfoque progresivo hacia la optimización y modernización de las operaciones en la industria petrolera. Al simplificar la gestión, mejorar la seguridad y facilitar la toma de decisiones informadas, esta interfaz se posiciona como un elemento clave para el éxito continuo del terminal y el cumplimiento de los objetivos de EPPETROECUADOR en la exportación de crudo y el desarrollo sostenible del país.

La implementación de un sistema de monitoreo del nivel de un tanque sumidero de crudo a través de la tecnología Fieldbus y la interfaz Delta-V en el Terminal Marítimo Balao, propiedad de EPPETROECUADOR, marca un paso significativo en la optimización y modernización de las operaciones en la industria petrolera. Este enfoque innovador busca abordar los desafíos clave

asociados con la supervisión precisa y eficiente de los niveles de crudo en un entorno crítico como un terminal marítimo.

La tecnología Fieldbus, una red de comunicación en tiempo real que permite la conexión de dispositivos de medición y control a través de un solo cable, se erige como la columna vertebral de esta iniciativa. Al permitir la transmisión bidireccional de datos y control, el Fieldbus reduce la complejidad del cableado, simplificando la infraestructura y mejorando la eficiencia en la transmisión de información crítica.

La interfaz Delta-V, desarrollada por Emerson, actúa como el cerebro del sistema al proporcionar una plataforma integral para la supervisión y el control en tiempo real de las operaciones del terminal. Esta interfaz no solo centraliza y presenta información detallada sobre los niveles de crudo en los tanques sumideros, sino que también permite la integración de datos provenientes de otros sistemas y equipos del terminal, proporcionando una visión holística de las operaciones (De La Torre, 2018).

La implementación conjunta de Fieldbus y la interfaz Delta-V en el Terminal Marítimo Balao tiene como objetivo lograr varios resultados clave. En primer lugar, se espera una mejora significativa en la precisión y confiabilidad de las mediciones de nivel, lo que contribuirá a la seguridad operativa y a la toma de decisiones informadas. Además, la simplificación del cableado y la capacidad de configuración remota aportarán eficiencia y flexibilidad a las operaciones diarias.

Sin embargo, es esencial reconocer que esta implementación no está exenta de desafíos. La integración con sistemas preexistentes, la formación del personal y la gestión de la ciberseguridad son aspectos críticos que deben abordarse con precisión para garantizar una implementación exitosa y sin problemas.

La implementación de un sistema de monitoreo del nivel de un tanque sumidero de crudo a través de Fieldbus y la interfaz Delta-V en el Terminal Marítimo Balao de EPPETROECUADOR refleja una estrategia vanguardista en la industria petrolera. Al aprovechar tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia, la precisión y la seguridad, EPPETROECUADOR demuestra su compromiso con la excelencia operativa y sienta las bases para un futuro prometedor en la gestión de terminales marítimos y la exportación de crudo en el país.

1.2. Proceso investigativo metodológico

La implementación exitosa de un sistema de monitoreo de nivel en el tanque sumidero de crudo a través de Fieldbus e interfaz Delta-V en el Terminal Marítimo Balao de EPPETROECUADOR requiere de una metodología estructurada que aborde todos los aspectos clave de este proceso innovador.

La siguiente metodología general se propone para guiar este esfuerzo de manera efectiva:

1. Análisis de Requisitos:

- Identificación de los objetivos específicos de la implementación, incluyendo mejoras en la eficiencia, seguridad y precisión del monitoreo.
- Definición del parámetro clave a monitorear, como es el nivel de crudo.
- Evaluación de la infraestructura existente, dispositivos y sistemas relacionados.

2. Selección de Tecnología:

- Investigación y selección del sensor de nivel más adecuados para el tanque sumidero, considerando factores como precisión, tipo de tecnología y compatibilidad con Fieldbus.
- Evaluación y elección de la interfaz Delta-V que mejor se ajuste a las necesidades del Terminal Marítimo Balao.

3. Diseño y Planificación:

- Elaboración de un plan detallado de implementación que incluya los plazos, recursos y tareas específicas.
- Diseño de la arquitectura de la red Fieldbus, teniendo en cuenta la disposición de los sensores, los dispositivos de comunicación y los puntos de control.
- Desarrollo de una estrategia de integración con los sistemas preexistentes del terminal.

4. Implementación Técnica:

- Instalación del sensor de nivel en el tanque sumidero, asegurando una colocación precisa y calibración adecuada.
- Configuración y puesta en marcha de la red Fieldbus, estableciendo los protocolos de comunicación y la sincronización de dispositivos.
- Instalación y configuración de la interfaz Delta-V, garantizando la integración

correcta con los sistemas existentes.

5. Capacitación y Formación:

- Desarrollo de programas de capacitación para el personal que operará y mantendrá el sistema, cubriendo aspectos técnicos y operativos.
- Sesiones de formación para garantizar un conocimiento profundo de la interfaz Delta-V y la red Fieldbus.

6. Pruebas y Validación:

- Realización de pruebas exhaustivas para verificar la precisión de las mediciones de nivel y la correcta comunicación entre los dispositivos.
- Validación de la interfaz Delta-V y la red Fieldbus en situaciones operativas reales.

7. Implementación y Monitoreo Continuo:

- Implementación gradual del sistema en operaciones regulares del Terminal Marítimo Balao, asegurando una transición sin problemas.
- Monitoreo continuo de la precisión de las mediciones, el rendimiento del sistema y la interacción con otros sistemas.

8. Evaluación y Optimización:

- Evaluación periódica del sistema en función de los objetivos establecidos y los resultados obtenidos.
- Identificación de áreas de mejora y optimización para maximizar la eficiencia y la efectividad del sistema.

CAPÍTULO II: PROPUESTA

2.1 Fundamentos teóricos aplicados

El proceso de exportación de petróleo es el pilar fundamental de la economía del Ecuador, comprende varias etapas desde su exploración y explotación en los yacimientos petroleros en el oriente ecuatoriano hasta su descarga en los buques especiales construidos para el transporte del hidrocarburo en las monoboyas del Terminal Marítimo Balao.

El petróleo es transportado por medio de tuberías que recorren una distancia 497,7 kilómetros desde su punto de almacenamiento en la estación de Lago Agrio ubicado en el oriente ecuatoriano, atravesando la región sierra, hasta su punto final en el Terminal Marítimo Balao ubicado en la región costanera.

Para la recepción del petróleo de exportación el Terminal Marítimo Balao dispone de 10 tanques de almacenamiento con una capacidad de 322000 barriles de petróleo cada uno, y dos tanques de 5000 barriles de petróleo cada uno, estos dos últimos utilizados para varias operaciones que complementan el proceso de exportación.

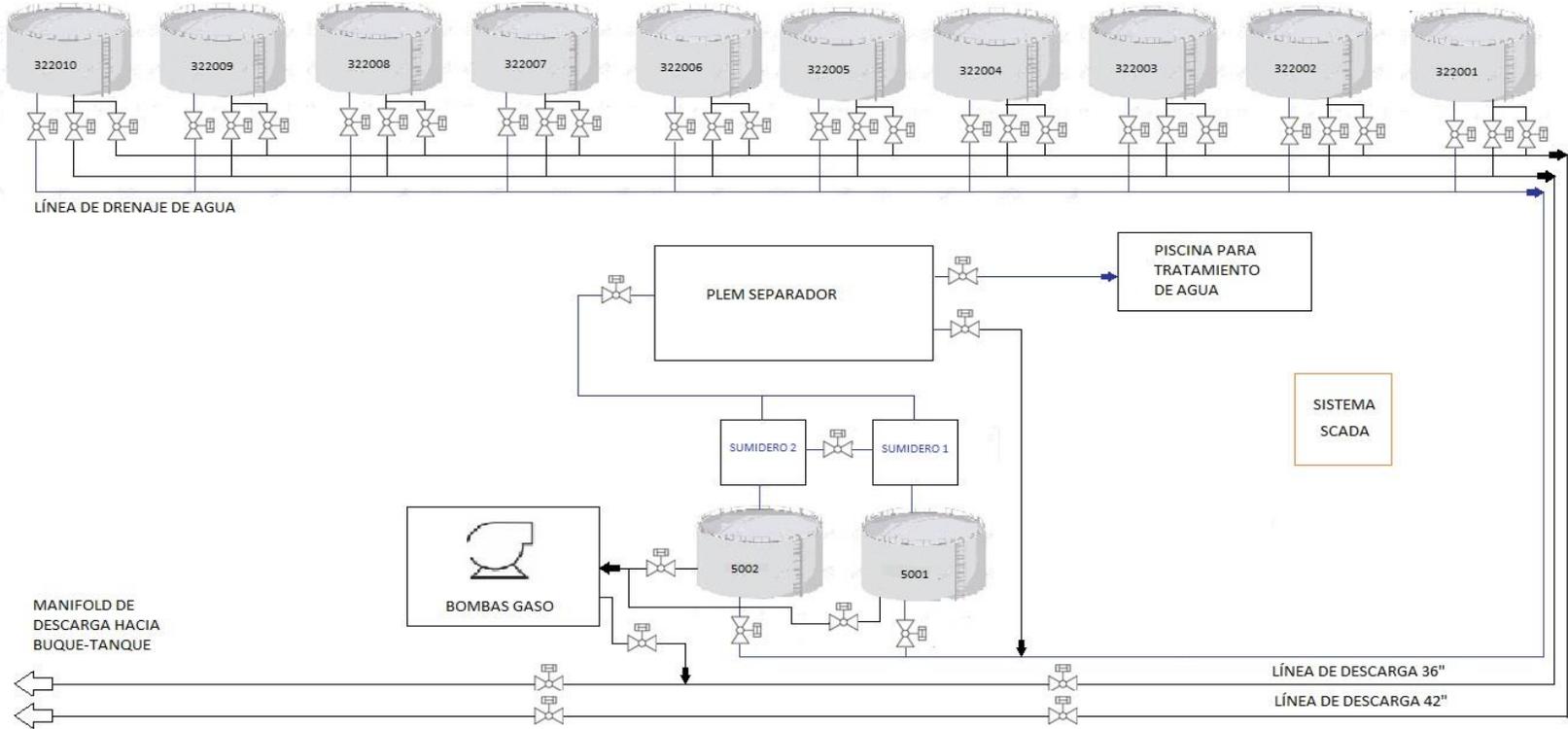
Cada uno de los tanques de almacenamiento cumple con las normativas existentes para el almacenamiento adecuado de producto, así también cuenta con la instrumentación adecuada para el monitoreo de las diferentes variables físicas para un mejor control al momento del llenado y sus pruebas de calidad.

El monitoreo preciso y eficiente del nivel de los tanques de almacenamiento de crudo es esencial en la operación de terminales marítimos como el de Balao, perteneciente a la Empresa Estatal Petróleos del Ecuador (EPPETROECUADOR). La utilización de tecnologías avanzadas, como el protocolo Fieldbus y la interfaz Delta-V, aporta una solución moderna y confiable para esta tarea crítica, asegurando la gestión segura y efectiva de los recursos energéticos.

En este contexto, los fundamentos teóricos aplicados se convierten en la base sólida que respalda la implementación exitosa de un sistema de monitoreo de nivel de tanque sumidero de crudo en el Terminal Marítimo Balao.

Figura 1

Estructura del terminal Marítimo Balao



Fuente: Elaboración propia, 2024

Figura 3

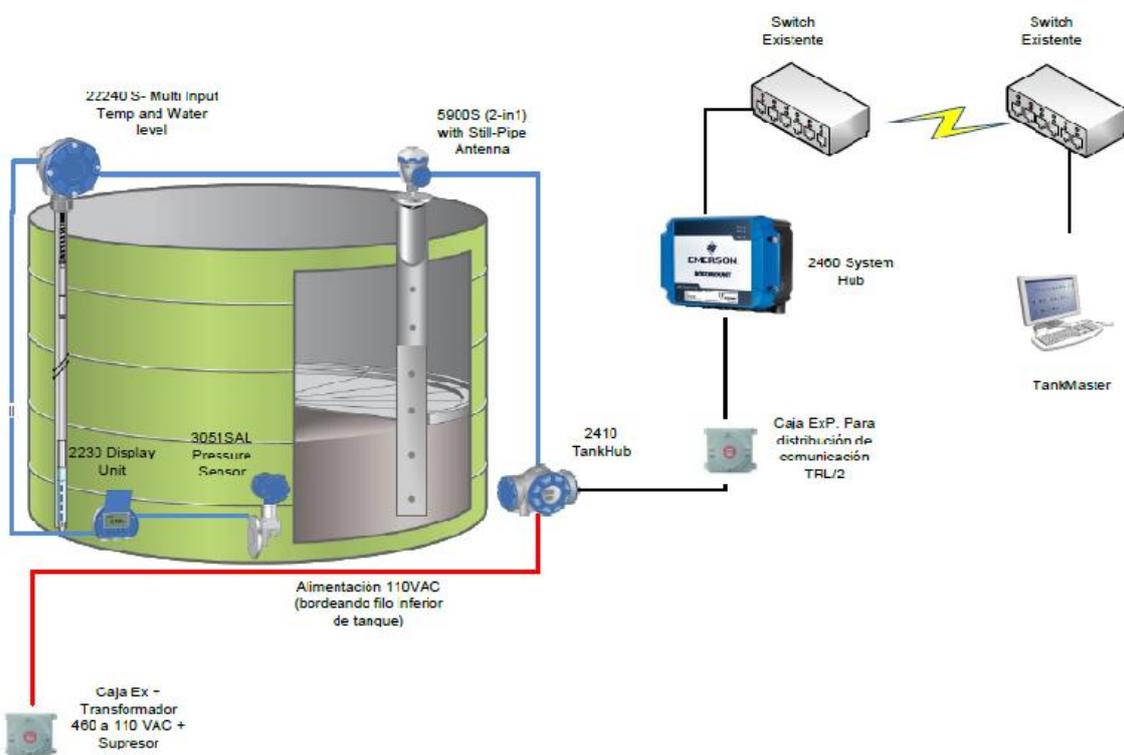
Manifold de entrada



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Figura 4

Instrumentación tanques de almacenamiento



Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.1.3 Tanques de recuperación 5000

El Terminal Marítimo Balao dispone de 2 tanques de recuperación con denominación de activo 5001 y 5002, cada uno de estos tanques tienen una capacidad de almacenamiento de 5000 barriles de petróleo cada uno.

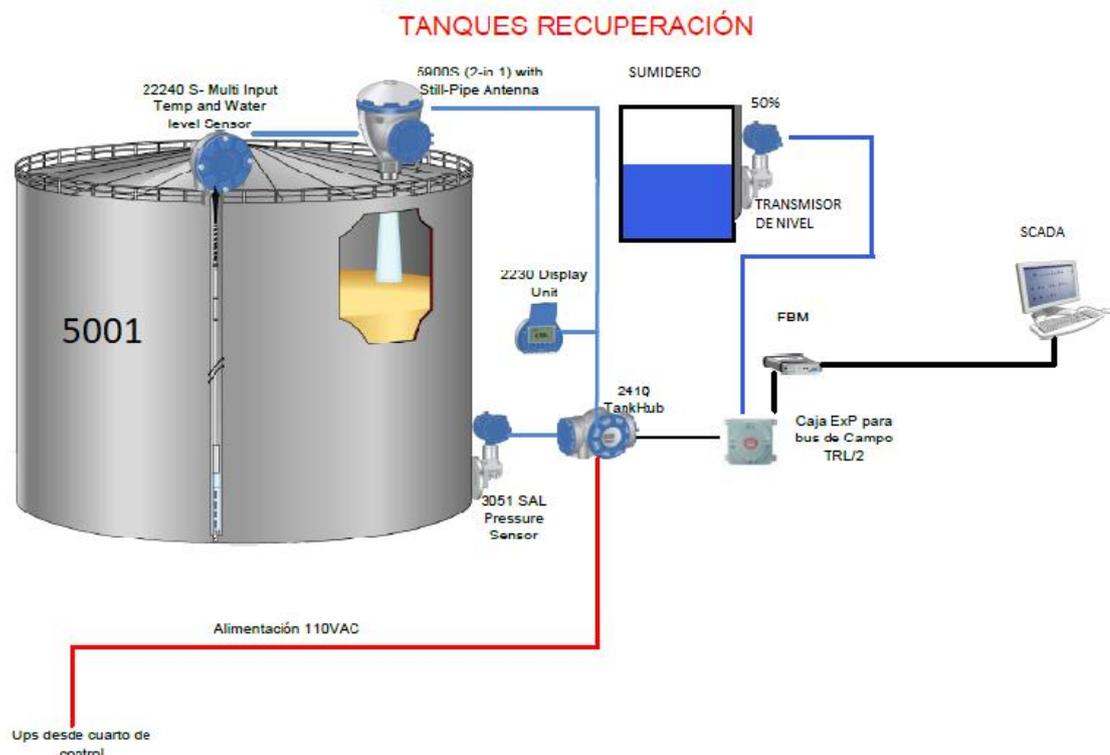
Los tanques de recuperación tienen diferentes funciones que se asocian a la operación de exportación de petróleo, entre las principales tenemos las siguientes:

- Recepción de petróleo por sobrepresión en las líneas de descarga hacia el buque tanque.
- Recepción de agua recuperada en el proceso de drenaje de los tanques de almacenamiento de petróleo.
- Recepción de petróleo para vaciado de tanque.

Los tanques de recuperación 5001 y 5002 poseen su propia instrumentación la misma que comunica las diferentes variables a un sistema scada ubicado en el cuarto de control.

Figura 5

Instrumentación tanque de recuperación 5001 y sumidero



Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.1.4 Fieldbus: Comunicación Eficiente y Robusta

El protocolo Fieldbus es una tecnología de comunicación industrial que permite la transmisión de datos en tiempo real entre dispositivos en una red. En el contexto del monitoreo de nivel de tanques, Fieldbus facilita la conexión de sensores y actuadores al sistema de control central, permitiendo una supervisión constante y precisa del nivel de crudo en el tanque sumidero (Gonzales , 2021).

La capacidad bidireccional del Fieldbus posibilita la transmisión de datos en ambos sentidos, lo que garantiza una comunicación confiable y eficiente, minimizando la posibilidad de errores y mejorando la toma de decisiones basada en datos precisos.

La tecnología de Fieldbus ha revolucionado la forma en que los sistemas de automatización y control industrial se comunican y operan en diversos entornos industriales. Esta innovadora metodología de comunicación ha demostrado ser tanto eficiente como robusta, permitiendo un intercambio de datos confiable y en tiempo real entre dispositivos y sistemas distribuidos en planta (FEBLES ÁLVAREZ, 2020).

En esencia, el Fieldbus es un protocolo de comunicación digital que posibilita la transmisión de datos, órdenes y retroalimentación entre distintos equipos y componentes en el ámbito industrial. A diferencia de los sistemas tradicionales que requieren una amplia cantidad de cables y conexiones punto a punto, el Fieldbus utiliza una estructura de red más inteligente que reduce significativamente la complejidad del cableado y simplifica la instalación (FEBLES ÁLVAREZ, 2020).

La eficiencia del Fieldbus se refleja en su capacidad para transmitir múltiples tipos de datos simultáneamente a través de un solo cable, lo que optimiza la utilización de recursos y aumenta la velocidad de transmisión (Foundation Fieldbus Technical Overview , 2020). Además, al operar en tiempo real, el Fieldbus permite una rápida detección y respuesta a cambios en las condiciones de operación, mejorando la toma de decisiones y la eficacia de los procesos industriales.

La robustez del sistema Fieldbus radica en su capacidad para mantener una comunicación estable y confiable en entornos industriales desafiantes (Ramírez & Medina, 2020). La resistencia a interferencias electromagnéticas y la redundancia incorporada garantizan que la comunicación no se vea afectada por las condiciones adversas presentes en el entorno industrial, lo que resulta en una mayor confiabilidad operativa y una reducción de los tiempos de inactividad.

La tecnología Fieldbus ha transformado la comunicación en el ámbito industrial al ofrecer una solución eficiente y robusta para la transmisión de datos y órdenes entre dispositivos y sistemas distribuidos. Su capacidad para simplificar el cableado, optimizar recursos y operar en tiempo real hace que el Fieldbus sea una elección sólida para mejorar la automatización y el control en una amplia

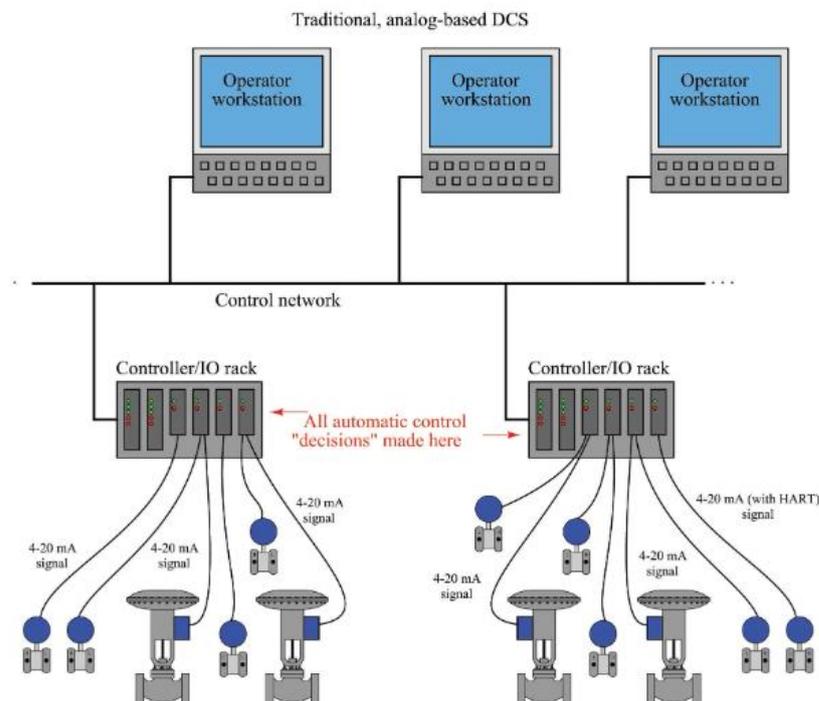
gama de industrias, contribuyendo a la eficiencia operativa y a la mejora continua de los procesos industriales.

La tecnología Fieldbus es un sistema de comunicación utilizado en la automatización industrial que permite una comunicación eficiente y robusta entre dispositivos en un entorno industrial (Gonzales , 2021). A diferencia de los sistemas de comunicación tradicionales, como el cableado punto a punto, Fieldbus utiliza un bus de campo para conectar múltiples dispositivos, lo que reduce la cantidad de cableado necesario y simplifica la instalación y el mantenimiento. Aquí hay algunas características clave de Fieldbus que lo hacen una opción popular en la industria:

- Comunicación digital: Fieldbus utiliza una comunicación digital bidireccional, lo que significa que los dispositivos pueden enviar y recibir datos de manera eficiente. Esto permite una transmisión de datos más rápida y confiable, lo que es crucial en entornos industriales donde la velocidad y la precisión son fundamentales.
- Topología en bus: Fieldbus utiliza una topología en bus, lo que significa que los dispositivos se conectan en serie a través de un solo cable. Esto reduce la cantidad de cableado necesario y simplifica la instalación y el mantenimiento. Además, si un dispositivo falla, los demás dispositivos en el bus aún pueden comunicarse entre sí, lo que garantiza una mayor robustez del sistema.
- Protocolo de comunicación estándar: Fieldbus utiliza un protocolo de comunicación estándar, como Foundation Fieldbus o Profibus, que permite la interoperabilidad entre diferentes dispositivos y fabricantes. Esto significa que los dispositivos de diferentes proveedores pueden comunicarse entre sí sin problemas, lo que brinda flexibilidad y opciones de selección para los usuarios.
- Diagnóstico y monitoreo: Fieldbus proporciona capacidades avanzadas de diagnóstico y monitoreo, lo que permite a los usuarios detectar y solucionar problemas de manera más rápida y eficiente. Los dispositivos Fieldbus pueden proporcionar información en tiempo real sobre su estado y rendimiento, lo que facilita la detección temprana de problemas y la implementación de medidas correctivas.

Figura 6

Filosofía Foundation Fieldbus



Fuente: (EETech, 2023)

2.1.5 Interfaz Delta-V: Integración y Control Avanzado

La Interfaz Delta-V representa una solución de vanguardia en el campo de la automatización y el control industrial, permitiendo una integración fluida y un control avanzado en diversos entornos operativos. Esta tecnología ha demostrado ser esencial para optimizar la eficiencia, la confiabilidad y la funcionalidad de sistemas complejos en una amplia gama de sectores industriales (De La Torre, 2018).

La Interfaz Delta-V actúa como un puente entre distintos equipos, dispositivos y sistemas en un entorno industrial. Su diseño modular y su capacidad para interoperar con una variedad de protocolos de comunicación hacen que sea posible conectar y coordinar dispositivos de diferentes fabricantes y tecnologías en un solo sistema integrado. Esto no solo simplifica la infraestructura, sino que también habilita una gestión centralizada y una visión holística de los procesos.

La característica distintiva de la Interfaz Delta-V radica en su capacidad para el control avanzado de sistemas complejos (Emerson Process Management, 2020). Mediante algoritmos y lógica programable, la interfaz permite el monitoreo en tiempo real y la optimización de variables críticas de

proceso. Esto posibilita ajustes precisos y rápidos según las condiciones cambiantes, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo los riesgos de errores humanos.

La integración y el control avanzado ofrecidos por la Interfaz Delta-V tienen un impacto significativo en la eficiencia y la rentabilidad de las operaciones industriales (Méndez, 2020). La capacidad para unificar la comunicación y el control, junto con la habilidad para implementar estrategias de control sofisticadas, resulta en una toma de decisiones informada y una operación más optimizada. Además, la Interfaz Delta-V se adapta a las demandas de sistemas de gran escala, lo que la convierte en una opción atractiva para industrias con operaciones complejas y altamente especializadas (León, 2021).

La interfaz Delta-V es una plataforma de control distribuido ampliamente utilizada en la industria para supervisar y controlar procesos complejos. En el monitoreo de nivel de tanques de crudo, la interfaz Delta-V permite la integración de datos provenientes de sensores Fieldbus, lo que crea una interfaz de usuario intuitiva y accesible para los operadores.

Además, la capacidad de programación y configuración avanzada de la interfaz Delta-V brinda la flexibilidad necesaria para adaptarse a las características específicas del tanque y del entorno del Terminal Marítimo Balao. La interfaz Delta-V facilita la visualización en tiempo real del nivel de crudo, alertas de seguridad y ajustes de control, contribuyendo a una gestión efectiva de los recursos.

La Interfaz Delta-V emerge como una solución clave para la integración y el control avanzado en el ámbito industrial (León, 2021). Al simplificar la comunicación entre dispositivos y sistemas, y al ofrecer herramientas poderosas para el control y la optimización, esta tecnología se convierte en un activo invaluable para mejorar la eficiencia, la productividad y la confiabilidad de las operaciones industriales. Su aplicación puede generar mejoras sustanciales en diversos sectores, impulsando la innovación y el progreso en la industria.

El sistema de control distribuido Delta-V de Emerson es una solución avanzada que ofrece integración y control avanzado para la automatización industrial (Ramírez & Medina, 2020). A continuación, se presentan algunas características clave de la interfaz Delta-V:

- Sistema de control distribuido: Delta-V es un sistema de control distribuido (DCS) fácil de usar que simplifica la complejidad operativa y disminuye los riesgos del proyecto. El paquete de productos y servicios de vanguardia aumenta el desempeño de la planta con control inteligente que es fácil de operar y mantener.
- Integración: El DCS Delta-V se adapta para satisfacer las necesidades de la industria y se escala fácilmente sin añadir complejidad. La integración inherente del sistema Delta-V se extiende a aplicaciones de procesamiento de lotes, control avanzado, gestión de cambios,

- herramientas de ingeniería, diagnósticos y más.
- **Control avanzado:** Delta-V ofrece capacidades de control avanzado que permiten a los usuarios mejorar la eficiencia y la calidad del proceso. El control avanzado incluye técnicas como el control predictivo y el control de lazo cerrado, que permiten a los usuarios optimizar el proceso y reducir los costos.
 - **Interfaz de usuario intuitiva:** Delta-V cuenta con una interfaz de usuario intuitiva que facilita la operación y el mantenimiento del sistema. Los usuarios pueden acceder a información en tiempo real sobre el estado y el rendimiento del proceso desde sus dispositivos móviles.
 - **Ciberseguridad:** Delta-V es un sistema ciberseguro que ofrece opciones de suscripción que reducen los costos y mejoran la seguridad del sistema.

Integración Holística y Beneficios Prácticos

La aplicación de estos fundamentos teóricos en el sistema de monitoreo del nivel del tanque sumidero de crudo en el Terminal Marítimo Balao genera una serie de beneficios prácticos. La combinación del protocolo Fieldbus y la interfaz Delta-V proporciona una comunicación transparente entre dispositivos y sistemas, lo que resulta en una supervisión continua y confiable del nivel de crudo.

Los operadores pueden acceder a información precisa y actualizada, lo que les permite tomar decisiones informadas y oportunas para optimizar la operación del terminal y garantizar la seguridad en la manipulación de crudo.

estratégica que busca unificar y sincronizar los distintos elementos y procesos de una organización en un sistema coherente y funcional. Esta metodología no solo abarca los aspectos operativos, sino que también se extiende a la cultura organizacional, la tecnología y la toma de decisiones, generando una visión global y armonizada.

La clave de la integración holística radica en la comprensión de que los componentes de una organización están interconectados y tienen un impacto mutuo. Al adoptar esta perspectiva, las empresas pueden optimizar la eficiencia y la efectividad de sus operaciones, minimizar las redundancias y los conflictos, y lograr una mayor alineación con sus objetivos estratégicos.

Los beneficios prácticos de la integración holística son diversos y sustanciales. En primer lugar, esta aproximación fomenta la colaboración interdepartamental, ya que las barreras silos se desmantelan y se promueve la comunicación fluida entre áreas funcionales. Esto no solo agiliza la resolución de problemas, sino que también impulsa la innovación a medida que diferentes perspectivas convergen para crear soluciones más completas y efectivas.

Además, la integración holística posibilita una toma de decisiones informada y coherente. Al contar con una visión panorámica de la organización, los líderes pueden evaluar las implicancias a largo plazo de sus decisiones en áreas interrelacionadas. Esto reduce los riesgos de decisiones aisladas y permite la implementación de estrategias más alineadas con los objetivos globales.

La eficiencia operativa también se ve mejorada significativamente a través de la integración holística. Al eliminar redundancias y optimizar los flujos de trabajo, las organizaciones pueden reducir los costos y los tiempos de ciclo. La automatización y la estandarización de procesos también se vuelven más accesibles, lo que aumenta la productividad y la calidad en las operaciones.

La integración holística se refiere a la integración de tecnología, innovación y procesos en una organización de manera estratégica y coherente. Esta integración puede proporcionar una serie de beneficios prácticos para las organizaciones, como se describe a continuación:

Beneficios de la integración holística:

- Mejora de la eficiencia: La integración holística puede mejorar la eficiencia de los procesos al eliminar redundancias y mejorar la comunicación entre los departamentos. Esto puede reducir los costos y aumentar la productividad.
- Mejora de la calidad: La integración holística puede mejorar la calidad de los productos y servicios al permitir una mejor coordinación entre los departamentos y una mayor visibilidad de los procesos. Esto puede mejorar la satisfacción del cliente y la reputación de la empresa.
- Mejora de la innovación: La integración holística puede fomentar la innovación al permitir una mejor colaboración entre los departamentos y una mayor visibilidad de las oportunidades de innovación. Esto puede ayudar a la empresa a mantenerse competitiva y a desarrollar nuevos productos y servicios.
- Mejora de la toma de decisiones: La integración holística puede mejorar la toma de decisiones al proporcionar una visión más completa de los procesos y una mejor comprensión de cómo se relacionan los diferentes departamentos. Esto puede ayudar a la empresa a tomar decisiones más informadas y estratégicas.
- Mejora de la adaptabilidad: La integración holística puede mejorar la adaptabilidad de la empresa al permitir una mejor coordinación entre los departamentos y una mayor flexibilidad en los procesos. Esto puede ayudar a la empresa a adaptarse a los cambios en el mercado y a las nuevas oportunidades.

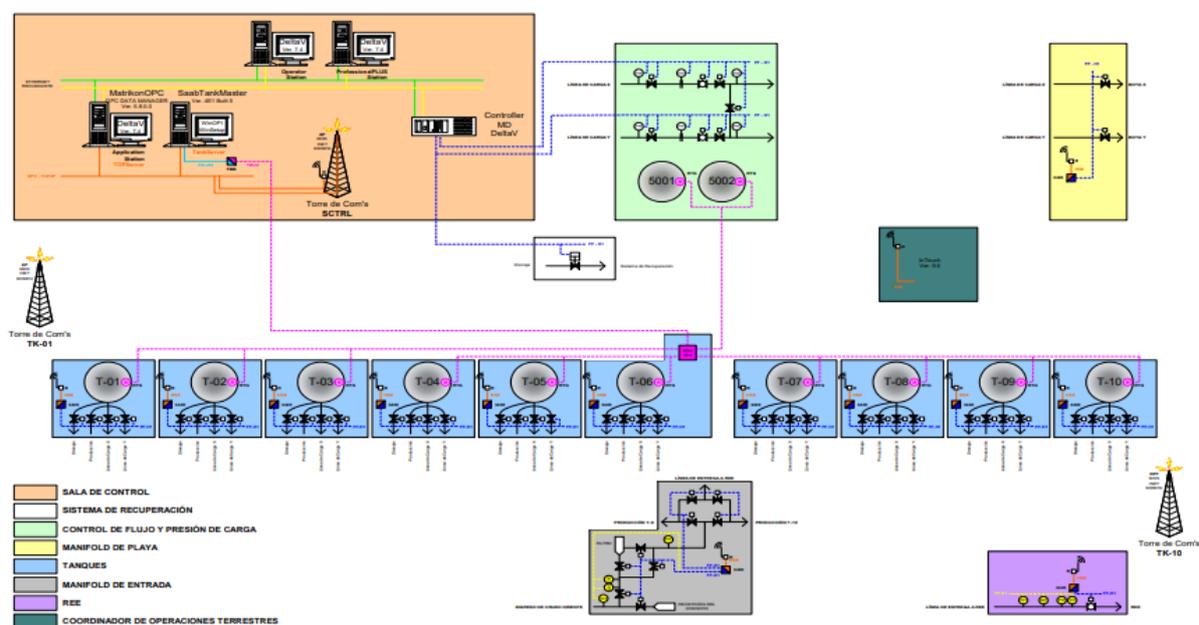
La integración holística representa una aproximación estratégica valiosa que permite a las organizaciones operar de manera más coherente y efectiva en un entorno complejo y dinámico. Al

desencadenar una colaboración más sólida, una toma de decisiones informada y una eficiencia mejorada, esta metodología se traduce en resultados tangibles y beneficios prácticos que impulsan el crecimiento y la competitividad a largo plazo.

La integración holística puede proporcionar una serie de beneficios prácticos para las organizaciones, incluyendo mejoras en la eficiencia, la calidad, la innovación, la toma de decisiones y la adaptabilidad. Al integrar tecnología, innovación y procesos de manera estratégica y coherente, las organizaciones pueden mejorar su desempeño y mantenerse competitivas en un entorno empresarial en constante cambio.

Figura 7

DCS Terminal Marítimo Balao



Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.2 Descripción de la propuesta

La optimización y el aseguramiento de la eficiencia en la gestión de recursos energéticos son aspectos fundamentales en la operación de terminales marítimos de gran envergadura como el Terminal Marítimo Balao, perteneciente a la Empresa Estatal Petróleos del Ecuador (EPPETROECUADOR). En este contexto, la implementación de tecnologías de vanguardia se erige como un imperativo estratégico para garantizar un monitoreo preciso y en tiempo real del nivel de crudo en los tanques sumideros. Con el propósito de avanzar en esta dirección, proponemos la implementación de un Sistema de Monitoreo del Nivel de un Tanque Sumidero de Crudo mediante la utilización conjunta de la tecnología Fieldbus y la interfaz Delta-V.

Objetivos y Beneficios Estratégicos

El objetivo central de esta propuesta es el establecimiento de un sistema de monitoreo altamente efectivo y confiable que permita la supervisión constante del nivel de crudo en el tanque sumidero del Terminal Marítimo Balao. Al adoptar la tecnología Fieldbus, se posibilita la comunicación en tiempo real entre los sensores de nivel y el sistema de control central, ofreciendo datos precisos y actualizados. La integración de la interfaz Delta-V brinda una plataforma avanzada para la visualización, análisis y toma de decisiones por parte de los operadores, promoviendo una gestión más eficiente y segura de los recursos energéticos.

Tecnología Fieldbus: Comunicación Transparente y Eficiente

El protocolo Fieldbus se erige como el vehículo principal para la transmisión de datos entre los sensores de nivel y el sistema de control. Esta tecnología proporciona una comunicación bidireccional robusta y eficiente, permitiendo una conexión fluida y confiable entre los dispositivos. La capacidad de Fieldbus para transmitir datos en tiempo real posibilita un monitoreo continuo del nivel de crudo, lo que contribuye a la detección temprana de posibles fluctuaciones y a la toma de medidas preventivas.

Interfaz Delta-V: Control Avanzado y Visualización Intuitiva

La integración de la interfaz Delta-V potencia la propuesta al proporcionar una plataforma avanzada de control y visualización. Esta interfaz permite a los operadores acceder a información detallada sobre el nivel de crudo, alertas de seguridad y datos históricos. La interfaz Delta-V también brinda la capacidad de ajustar los parámetros de control en función de las condiciones cambiantes del terminal. Su diseño intuitivo y amigable mejora la toma de decisiones y optimiza la respuesta a situaciones críticas.

Implementación Progresiva y Evaluación Continua

La implementación de esta propuesta se llevará a cabo en etapas progresivas, asegurando una integración fluida con la infraestructura existente del Terminal Marítimo Balao. Se establecerá un equipo multidisciplinario de profesionales altamente capacitados para supervisar y ejecutar el proceso de implementación. Una vez en funcionamiento, se realizará una evaluación continua para medir el rendimiento del sistema, identificar oportunidades de mejora y garantizar el cumplimiento de los objetivos estratégicos.

La implementación del Sistema de Monitoreo del Nivel de un Tanque Sumidero de Crudo mediante la tecnología Fieldbus y la interfaz Delta-V en el Terminal Marítimo Balao de EPPETROECUADOR

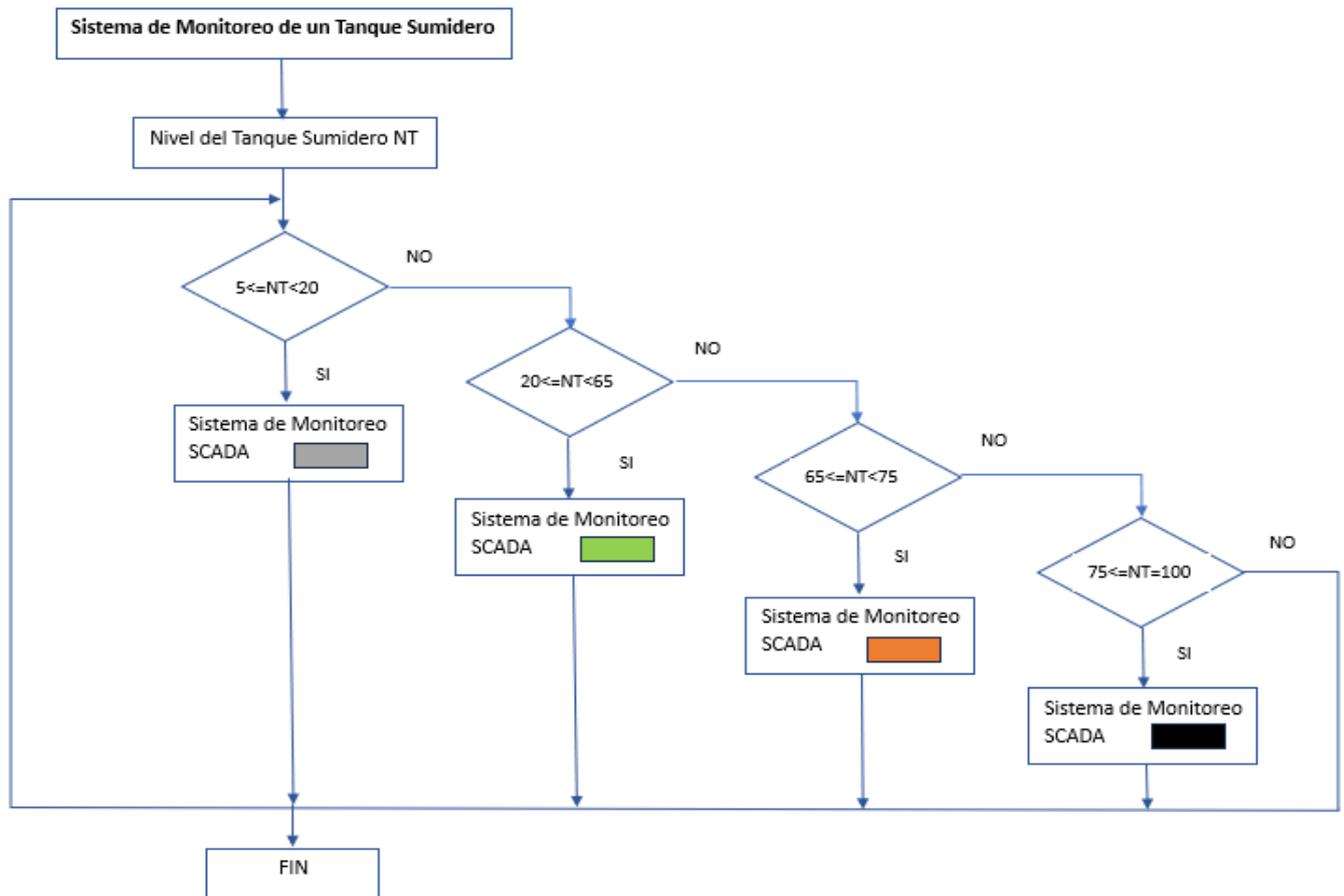
representa un paso significativo hacia la modernización y la eficiencia en la gestión de recursos energéticos. Esta propuesta no solo fortalecerá la seguridad operativa y la toma de decisiones informadas, sino que también consolidará al terminal como un referente de excelencia en la industria, optimizando la producción y el manejo de crudo en el ámbito marítimo.

a. Estructura general

El Terminal Marítimo Balao (TMB) está conformado por dos sumideros que permite manejar el producto recuperado de los tanques 5000 y residuos líquidos generados por las operaciones, la misma que son evacuados hacia las piscinas de tratamiento mediante un sistema mecánico que acciona automáticamente mediante pesas de cerámica, para el proceso de separación y la aplicación de métodos de tratamiento adecuados cumpliendo con la normativa de gestión de residuos para minimizar los impactos ambientales negativos y de seguridad, por tal razón como una mejora y redundancia al sistema de recolección de los residuos de petróleo, el área de instrumentación y control implementa un instrumento de medición de nivel de onda guiada para el monitoreo, con el objetivo de asegurar un manejo seguro y eficiente de estos desechos, protegiendo así el medio ambiente y garantizando la operatividad del proceso del TMB.

Figura 8

Esquema general del proyecto



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tabla 1*Explicación del esquema general del proyecto*

Actividad-Decisión	DESCRIPCIÓN
1	Verificar el nivel del tanque sumidero
Decisión 1 	Nivel del tanque sumidero $5\% \leq NT < 20\%$ SI: Ir a la actividad 2 NO: Ir a la decisión 2
2	Visualización en el sistema de monitoreo SCADA 
Decisión 2 	Nivel del tanque sumidero $20\% \leq NT < 65\%$ SI: Ir a la actividad 3 NO: Ir a la decisión 3
3	Visualización en el sistema de monitoreo SCADA 
Decisión 3 	Nivel del tanque sumidero $65\% \leq NT < 75\%$ SI: Ir a la actividad 4 NO: Ir a la decisión 4
4	Visualización en el sistema de monitoreo SCADA 
Decisión 4 	Nivel del tanque sumidero $75\% \leq NT = 100\%$ SI: Ir a la actividad 5 NO: Ir a la actividad 1
5	Visualización en el sistema de monitoreo SCADA 
6	Fin

Fuente: Elaboración propia, 2024.

b. Explicación del aporte

Se genera la TC374741, ejecutado las siguientes actividades para montaje del transmisor de nivel y comisionado para el monitoreo desde sala de control del TMB:

- Preparación de herramientas, accesorios, cable y equipo.
- Apertura de permiso de trabajo y aislamiento mecánico
- Retiro de tapa de sumidero • Soldadura de cuello con brida de 2"
- Tendido de cable de control 1 TRIAD 16 AWG
- Corte de sonda guiada (2.24m profundidad de sumidero)

- Conexión y montaje de transmisor
- Conexión a la módulo centralizado FieldBus
- Configuración y comisionado Delta V – Explore
- Diseño de visualización Delta V – Operator Mediante las configuraciones realizadas tanto en el transmisor y en sistema Delta V, el transmisor de nivel implementado en el sumidero 5001, se encuentra comisionado con alarmas de HI HI (75 %), HI (70 %) y LOW (20 %) en el sistema delta V, en función a los parámetros de operatividad del sumidero y calibración del sistema de mecanismo para el arranque de la bomba para la evacuación a las piscinas de tratamiento.

Tabla 2

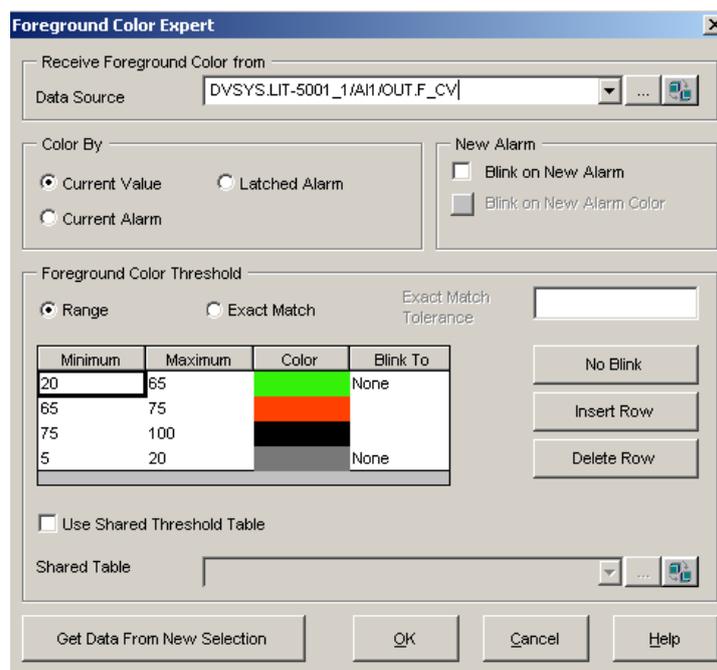
Definición de rangos para alarmas de monitoreo

Mínimo %	Máximo %	Profundidad m	Color
5	20	0.12 – 0.48	Grigio
20	65	0.48 – 1.56	Verde
65	75	1.56 – 1.80	Naranja
75	100	1.80 – 2.40	Negro

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Figura 9

Rango de Alarmas establecidas para el monitoreo del sumidero



Fuente: Elaboración propia, 2024.

c. Estrategias y/o técnicas

Figura 10

Desmontaje de tapa de sumidero



Fuente: Elaboración propia, 2024.

El desmontaje de una tapa de sumidero de petróleo es un procedimiento altamente especializado y peligroso que debe ser realizado únicamente por personal capacitado y con experiencia en el manejo de sustancias peligrosas. Manipular una tapa de sumidero de petróleo sin la debida preparación y equipo de seguridad puede resultar en riesgos graves para la salud y el medio ambiente.

Figura 11

Soldadura de cuello y brida



Fuente: Elaboración propia, 2024.

La soldadura de cuello y brida se utiliza comúnmente para unir tuberías a equipos o accesorios, como válvulas, bombas o tanques. Este proceso es importante en muchas industrias, como la petroquímica, la industria química y la energía. Las herramientas y materiales necesarios son:

- Máquina de soldar: Dependiendo del tipo de soldadura a utilizar, se puede necesitar una máquina de soldar de arco, TIG (Tungsten Inert Gas) o MIG (Metal Inert Gas).
- Electrodos o alambre de soldadura adecuados.
- Gas de protección (para soldadura TIG o MIG).
- Equipo de protección personal (EPP): Esto incluye casco de soldadura, guantes, chaqueta de cuero, botas de seguridad y gafas de protección.
- Cepillos y herramientas para limpiar las superficies de soldadura.

Figura 12

Montaje de transmisor de nivel



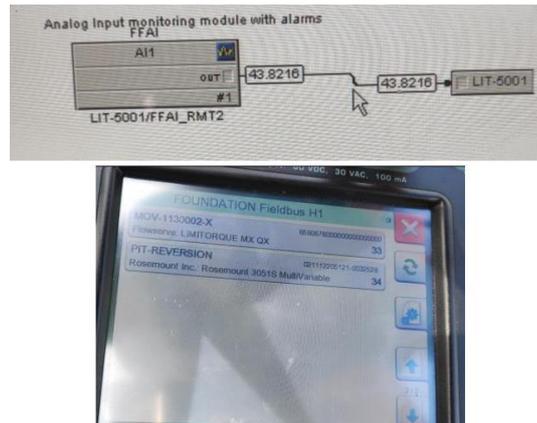
Fuente: Elaboración propia, 2024.

El montaje de un sensor de nivel en una tubería de petróleo es una tarea crítica que requiere conocimientos especializados en la industria y la seguridad. A continuación, te proporciono un proceso general para montar un sensor de nivel en una tubería de petróleo. Ten en cuenta que los procedimientos específicos pueden variar según las condiciones y regulaciones locales, así que siempre sigue las recomendaciones del fabricante y las normativas de seguridad aplicables.

d. Programación

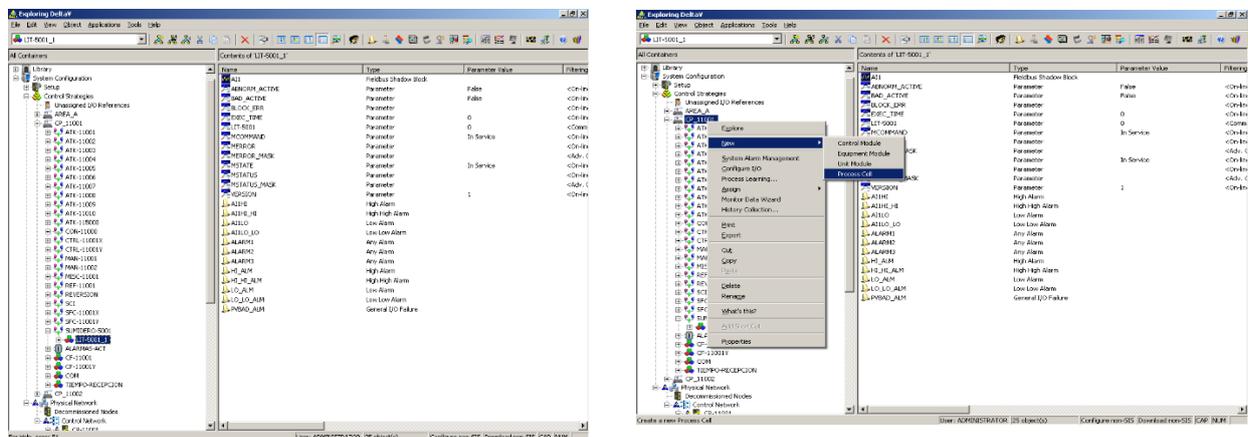
La lectura de un sensor analógico de nivel implica la medición de una señal analógica de voltaje y corriente que varía en función del nivel que se está monitoreando.

Figura 13
Configuración y comisionado



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Figura 14
Creación de la variable



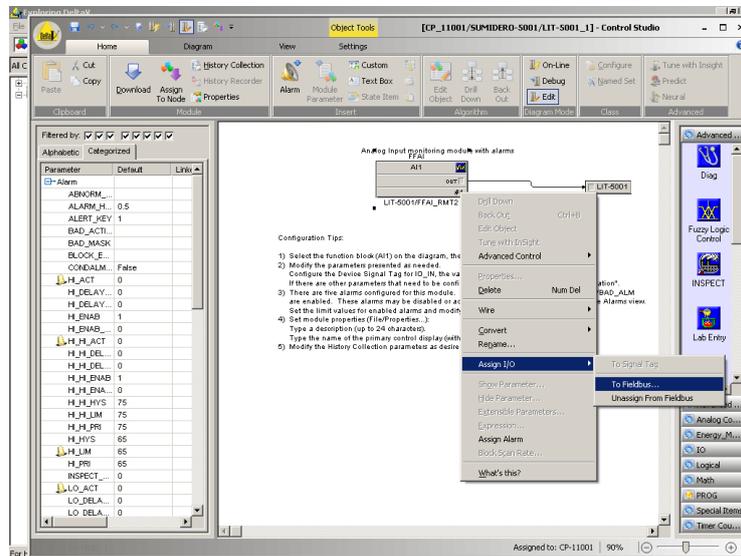
Fuente: Elaboración propia, 2024.

Para construir una variable en el software DeltaV se realiza a través del entorno de desarrollo que puede ser DeltaV Operate o DeltaV Explorer, dependiendo de la versión específica y la configuración del sistema.

Utilizando DeltaV Explorer:

- Inicia sesión en el sistema DeltaV y abre DeltaV Explorer.
- Navegar hasta la aplicación deseada, localizar la aplicación (unidad de control o módulo de procesamiento) donde se desea crear la variable.
- Crea una nueva variable, clic derecho en la aplicación y seleccionar "New"
- Elegir la variable o el tipo específico de variable que se necesita (Analógica, Digital, etc.)
- Configurar la variable
- Proporcionar un nombre y una descripción para la variable.
- Especificar el tipo de datos (por ejemplo, entero, real, booleano).
- Configurar cualquier propiedad adicional según las necesidades (rango, unidades).
- Definir atributos adicionales como límites y escalas.
- Guardar la configuración de la variable.
- Verificar la variable que se haya creado correctamente y si está disponible en la aplicación correspondiente.

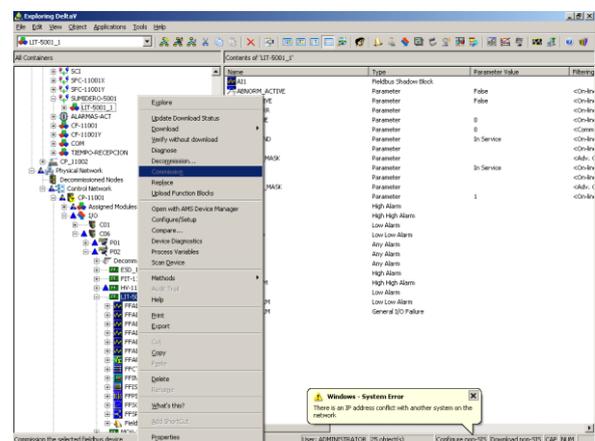
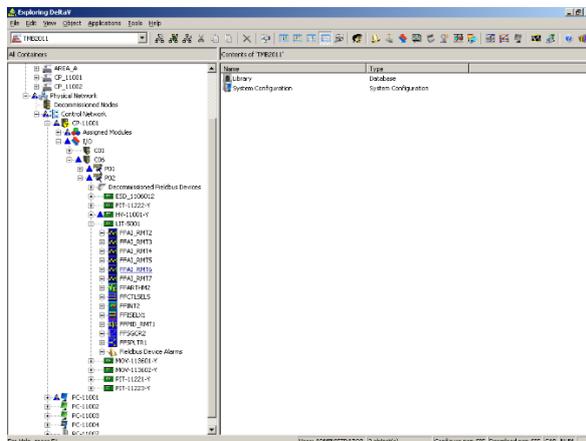
Figura 15
Asignación de la variable



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Al asignar nombres significativos a las variables ayuda a identificar fácilmente su propósito y función. Esto mejora la legibilidad del código y facilita la comprensión del sistema para los ingenieros y operadores. La asignación de nombres a los elementos permite poseer una lógica de control. Esto facilita la programación y la configuración de estrategias de control porque se puede referenciar fácilmente las variables en los algoritmos y funciones.

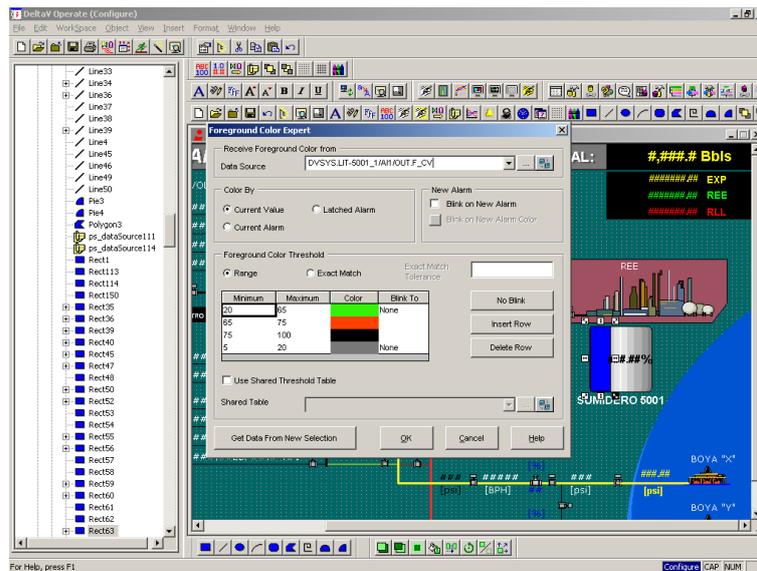
Figura 16
Comisionado de la variable



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Se refiere al proceso de configurar y poner en funcionamiento las variables que serán monitoreadas por el sistema. La comisión de variables es una parte esencial del despliegue de un sistema de control y asegura que todas las entradas y salidas estén correctamente configuradas y funcionando según lo esperado. Durante la comisión se realizan pruebas para asegurar que todas las variables estén funcionando correctamente. Esto incluye pruebas de lectura y escritura, así como pruebas de respuesta a eventos específicos.

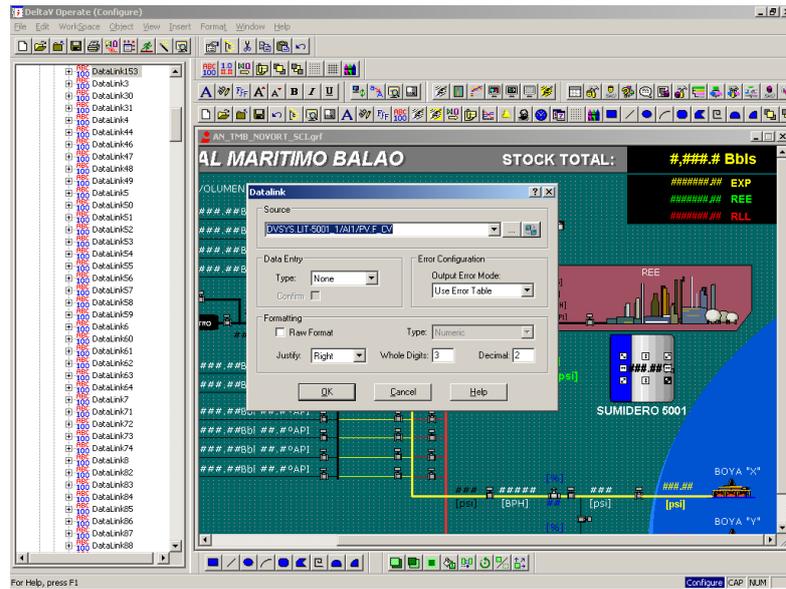
Figura 17
Configuración del nivel de tanque sumidero



Fuente: Elaboración propia, 2024.

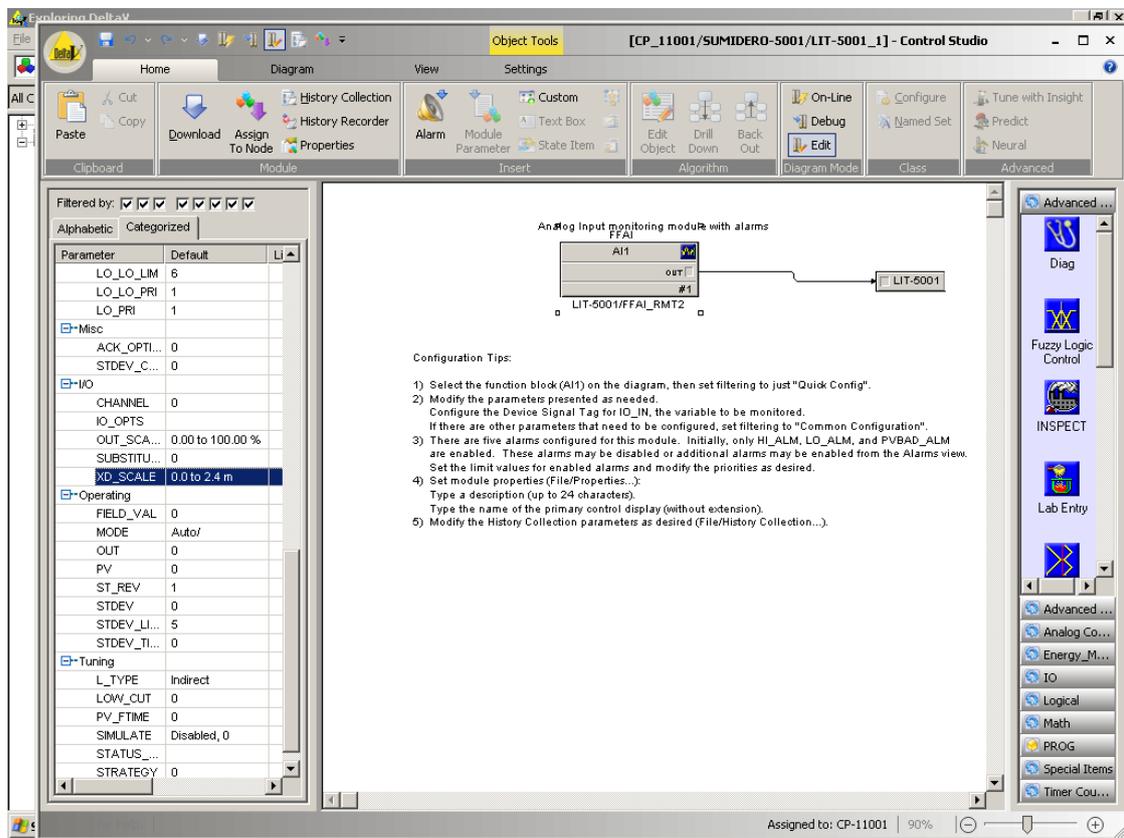
En la figura 17 se establece umbrales de alarma para notificar a los operadores cuando el nivel de combustible esté fuera de los límites deseados. Adicional se configura alarmas para alertar sobre situaciones críticas.

Figura 18
 Direccionamiento en el HMI



Fuente: Elaboración propia, 2024.

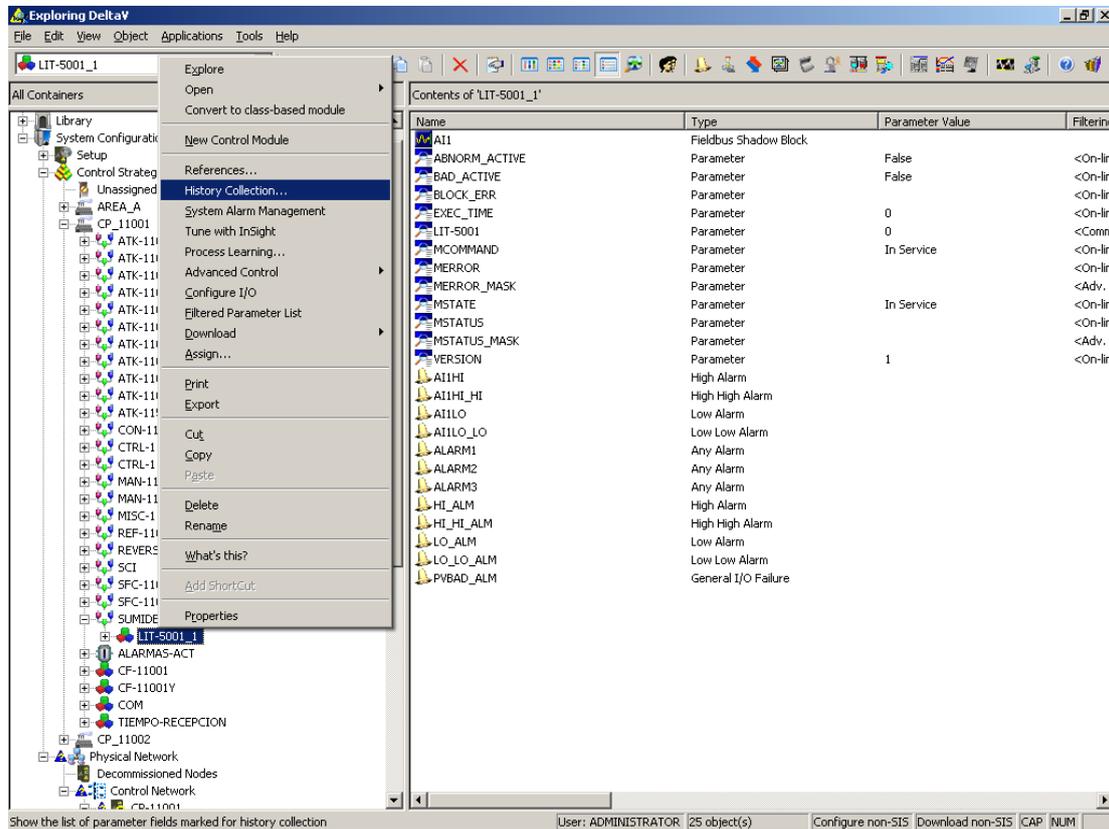
Figura 19
 Escala del sumidero



Fuente: Elaboración propia, 2024.

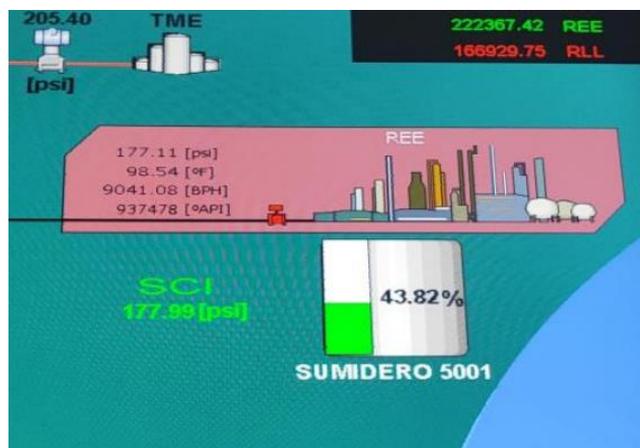
La configuración de la escala o rango permite establecer los valores mínimos y máximos que corresponden a la escala de medición de tu dispositivo. La configuración de la variable asociada con el dispositivo. Esto podría incluir la configuración de un punto de entrada analógico para una variable de nivel.

Figura 20
Historial de la variable



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Figura 21
Visualización Operador Delta V



Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.3 Validación de la propuesta

Presente la validación de la propuesta a través del método de criterios de especialistas. (por lo menos 3, puede ser el director de área, director del colegio o institución, etc.

Para la elección de especialistas se ha considerado un perfil acorde a los siguientes criterios: formación académica relacionada con el tema investigativo, experiencia académica y/o laboral orientada a la gestión administrativa y motivación para participar. La siguiente tabla presenta información detallada de los actores seleccionados para la validación del modelo.

Tabla 3

Descripción de perfil de validadores

Nombres y Apellidos	Años de Experiencia	Titulación Académica	Cargo
Marcelo Beltrán Gómez	5	Ingeniero Mecánico	Jefe de Operaciones
Víctor Alfonso Vargas Ortiz	5	Ingeniero en Electrónica & Instrumentación	Técnico Líder de Instrumentación
Carlos Renato Caza Veloz	+30	Ingeniero en Petróleos	Supervisor de Estación

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tabla 4

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.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tabla 5
Perfil de validador 1

Nombres y Apellidos	Años de Experiencia	Titulación Académica	Cargo
Marcelo Beltrán Gómez	5	Ingeniero Mecánico	Jefe de Operaciones

Nota: Elaboración propia, 2024.

Tabla 6
Escala de evaluación. Elaborada por: Ing. Marcelo Beltrán Gómez

CRITERIOS	EVALUACIÓN SEGÚN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de acuerdo ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia				X	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tabla 7
Perfil de validador 2

Nombres y Apellidos	Años de Experiencia	Titulación Académica	Cargo
Víctor Alfonso Vargas Ortiz	5	Ingeniero en Electrónica & Instrumentación	Técnico Líder de Instrumentación

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tabla 8*Escala de evaluación. Elaborada por: Ing. Víctor Alfonso Vargas Ortiz*

CRITERIOS	EVALUACIÓN SEGÚN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de acuerdo ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia				X	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tabla 9*Perfil de validador 3*

Nombres y Apellidos	Años de Experiencia	Titulación Académica	Cargo
Carlos Renato Caza Veloz	+30	Ingeniero en Petróleos	Supervisor de Estación

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tabla 10

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

CRITERIOS	EVALUACIÓN SEGÚN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de acuerdo ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia				X	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.4 Matriz de articulación de la propuesta

En la presente matriz se sintetiza la articulación del producto realizado con los sustentos teóricos, metodológicos, estratégicos-técnicos y tecnológicos empleados.

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 Análisis de medio físico y la adaptabilidad del sensor de monitoreo (sensor de nivel), dependiendo del nivel de óptimo de operación del sumidero.	1.1. Para la determinación de los rangos de monitoreo fue necesario la investigación de la relación que existe entre nivel y volumen que comprende el tanque sumidero mediante comunicación Fieldbus.. 1.2. El Análisis de costos y factibilidad determino que ante cualquier evento no deseado es de suma importancia disponer de un sistema de monitoreo en todos sus sistemas de almacenamiento. 1.3. Tomas de decisiones en base a la funcionalidad del sistema de monitoreo.	Matemáticas Aplicadas Visión por Computador Comunicaciones	Manual del fabricante para el análisis de las especificaciones técnicas de instrumento de medición y la integración al sistema SCADA para visualización en Delta-V.

2	Implementación del sistema de monitoreo de nivel de un tanque sumidero mediante tecnología Fieldbus.	<p>2.1. Instalación y adaptación mecánica del sensor de nivel.</p> <p>2.2. Cableado estructurado para transporte de la señal desde el sumidero hasta un concentrador de señales y hasta el PLC de control.</p>	<p>Cableado estructurado</p> <p>Adaptación mecánica del sensor de nivel</p> <p>Procesamiento de señales</p>	<p>Diagrama de conexión</p> <p>Acondicionamiento de señal</p>
3	Programación DCS Delta V en sus aplicativos Control Studio y Operate HMI	<p>3.1 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>3.2 Para la visualización del transmisor de nivel en el HMI en sala de control, se utilizó el aplicativo Operate Configure, la misma que se creó el diseño y asignación de la variable de nivel del sumidero.</p>	<p>Control Studio</p> <p>Operate Configure</p>	<p>DCS Delta V</p>

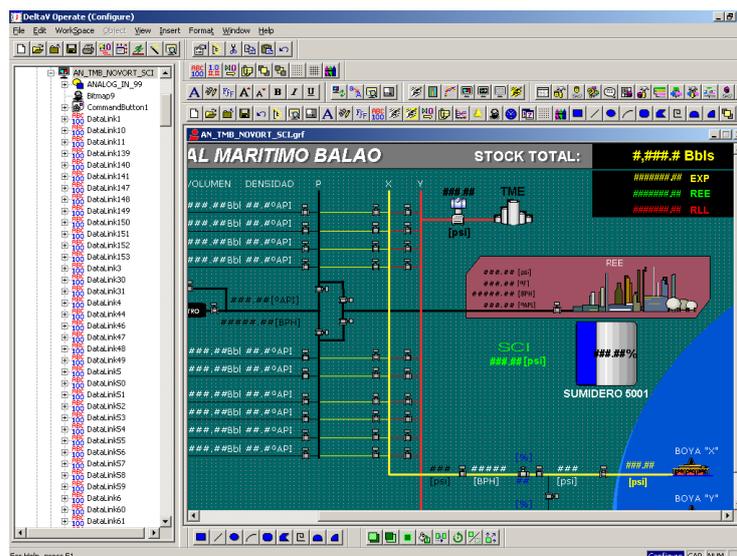
Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.

En primer lugar, la mejora en la precisión de la supervisión es un logro destacado. La implementación de tecnologías de última generación ha permitido obtener mediciones más exactas y en tiempo real del nivel de crudo en los tanques sumideros. Esto no solo proporciona datos más confiables, sino que también facilita la detección temprana de cualquier anomalía o cambio en las condiciones, permitiendo una respuesta más rápida y eficiente.

Además, la integración del sistema Fieldbus y la interfaz Delta-V ha demostrado ser clave en el avance hacia la optimización de procesos. Estas herramientas tecnológicas avanzadas ofrecen una mayor capacidad de recopilación y análisis de datos, lo que permite identificar áreas de mejora y optimización en la gestión de recursos. La capacidad de respuesta mejorada y la eficacia en la gestión de recursos contribuyen directamente a la mejora continua, promoviendo prácticas operativas más eficientes y sostenibles.

Figura 22
Interfaz HIM de monitoreo

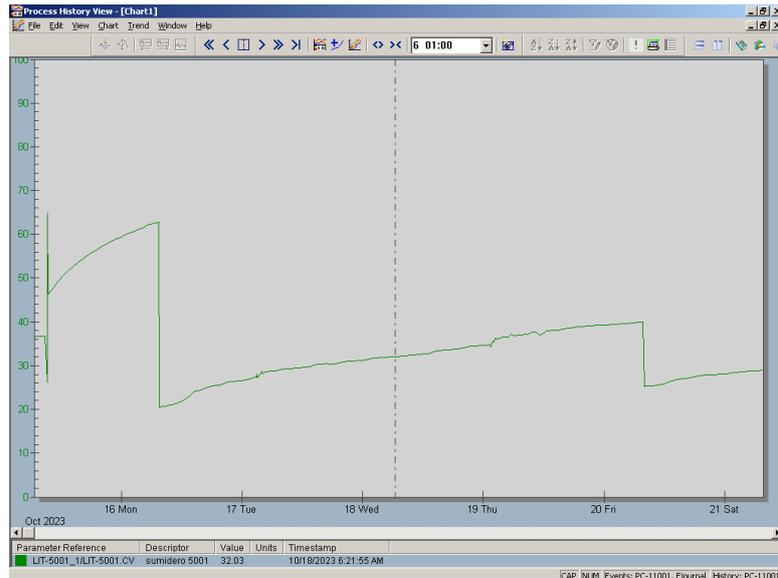


Fuente: Elaboración propia, 2024.

La potenciación de la capacidad de respuesta, la eficacia en la gestión de recursos y la mejora continua son indicadores claros de una mayor eficiencia operativa en el monitoreo de tanques sumideros de crudo. La adopción de estas tecnologías avanzadas no solo cumple con la necesidad estratégica inicial de garantizar un monitoreo eficiente, sino que también sienta las bases para una operación más inteligente y adaptable en el futuro. La implementación de estas soluciones tecnológicas representa un paso significativo hacia la modernización y la mejora sostenible en el ámbito del monitoreo de tanques sumideros de crudo.

Los resultados obtenidos confirman la validez de este modelo, ya que la implementación de Fieldbus y la interfaz Delta-V representa una aplicación práctica de estos conceptos teóricos. La capacidad de estas tecnologías para proporcionar información precisa y en tiempo real se alinea con las expectativas teóricas de mejorar el monitoreo y la gestión de recursos en el contexto de los tanques sumideros de crudo.

Figura 23
Historial de monitoreo



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Implicaciones y Contribuciones:

Los resultados obtenidos no solo abordan el problema de investigación original, también contribuyen al desarrollo de un modelo práctico para el monitoreo de tanques sumideros de crudo. Las implicaciones prácticas incluyen una mayor eficiencia operativa y una capacidad de respuesta mejorada en la gestión de los recursos. Además, la adopción de estas tecnologías avanzadas sienta las bases para futuras mejoras y adaptaciones, respaldando la evolución continua del sistema de monitoreo de crudo.

La adopción de tecnologías avanzadas, como la integración del sistema Fieldbus y la interfaz Delta-V, ha demostrado ser altamente beneficiosa para el sistema de monitoreo de nivel de crudo del Terminal Marítimo Balao. La mejora en la precisión y la eficiencia operativa resultante de estas tecnologías ha tenido un impacto directo en la capacidad de respuesta del sistema, así como en la gestión eficaz de los recursos.

Los resultados de la implementación de estas soluciones tecnológicas han cumplido con la necesidad estratégica de un monitoreo eficiente y en tiempo real, también ha allanado el camino hacia una optimización más amplia de los procesos en el proceso de monitoreo de crudo. La capacidad para recopilar y analizar datos de manera más efectiva se traduce en una mejora continua y en una operación más eficiente del sistema de monitoreo.

En comparación con los antecedentes, los resultados actuales muestran una mejora significativa en términos de precisión y eficiencia. Los antecedentes podrían haber estado asociados con desafíos en la detección temprana de cambios en los niveles de crudo o en la capacidad de respuesta a eventos inesperados. La adopción de Fieldbus y Delta-V parece haber superado estas limitaciones, proporcionando una solución más robusta y avanzada.

Algunas limitaciones son los posibles desafíos en la integración de estas tecnologías con sistemas preexistentes y la necesidad de capacitación adicional del personal para operar eficientemente el nuevo sistema. La posible dependencia de factores externos como la calidad de la infraestructura de red que podrían afectar la comunicación eficaz entre los componentes del sistema.

CONCLUSIONES

La adopción de tecnologías avanzadas, como la integración del sistema Fieldbus y la interfaz Delta-V, se presenta como una necesidad estratégica para asegurar un monitoreo eficiente y en tiempo real del nivel de crudo en los tanques sumideros. Esta propuesta no solo busca mejorar la precisión en la supervisión, sino que también representa un paso significativo hacia la optimización de procesos mediante la implementación de herramientas tecnológicas de última generación. Al incorporar estas soluciones, se potencia la capacidad de respuesta y la eficacia en la gestión de recursos, contribuyendo así a la mejora continua y la eficiencia operativa en el ámbito del monitoreo de tanques sumideros de crudo.

El Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE) operado por la empresa estatal EPPETROECUADOR en la industria hidrocarburífera de Ecuador. Este sistema desempeña un papel crucial al transportar el petróleo extraído en el oriente ecuatoriano desde la estación Lago Agrio hasta el Terminal Marítimo Balao, abarcando una distancia de 497,7 kilómetros. Inaugurado en 1972, el SOTE tiene una capacidad impresionante de transportar 250,000 barriles de petróleo diariamente. Esta infraestructura es fundamental para la logística y la economía del país al facilitar el transporte eficiente de recursos petroleros desde la región oriental hasta la costa ecuatoriana.

La interfaz Delta-V representa un paso fundamental para potenciar nuestra propuesta de monitoreo del nivel de crudo. Al proporcionar una plataforma avanzada de control y visualización, esta interfaz no solo permite a los operadores acceder a información detallada de manera rápida y eficiente, también brinda la capacidad de ajustar los parámetros de control en tiempo real, adaptándose a las condiciones cambiantes del terminal. La inclusión de alertas de seguridad y datos históricos en la interfaz no solo fortalece la supervisión continua, también proporciona una perspectiva para la toma de decisiones.

RECOMENDACIONES

Se recomienda iniciar el proceso sistemático de las bases teóricas sobre el sistema de monitoreo del nivel de un tanque sumidero y sobre la interfaz Delta-V, la revisión exhaustiva de las fuentes actuales que aborden los principios fundamentales y las mejoras sobre el monitoreo de niveles en tanques sumideros. Además, analizar una investigación detallada de los beneficios relevantes de la interfaz Delta-V para comprender completamente sus capacidades y su integración eficiente con el sistema de monitoreo propuesto.

Para las inspecciones técnicas, se recomienda utilizar tecnologías avanzadas de evaluación, para obtener una visión completa de la integridad estructural y el rendimiento del tanque. Además, sería beneficioso llevar a cabo un análisis de los datos operativos actuales para identificar posibles áreas de mejora y eficiencia. Este enfoque integral permitirá obtener una comprensión clara de la situación actual del tanque sumidero, proporcionando la base necesaria para cualquier recomendación futura y la implementación de medidas correctivas, si es necesario.

Se recomienda realizar un análisis de riesgos para anticipar posibles desafíos y establecer planes de contingencia. La capacitación del personal que operará y mantendrá el sistema es esencial para garantizar su uso efectivo a lo largo del tiempo. Asimismo, se aconseja mantenerse actualizado sobre las últimas innovaciones en tecnologías de monitoreo para asegurar la adaptabilidad y la futura expansión del sistema. Este enfoque integral garantizará el desarrollo exitoso y la operación eficiente del sistema de monitoreo del nivel del tanque sumidero de crudo.

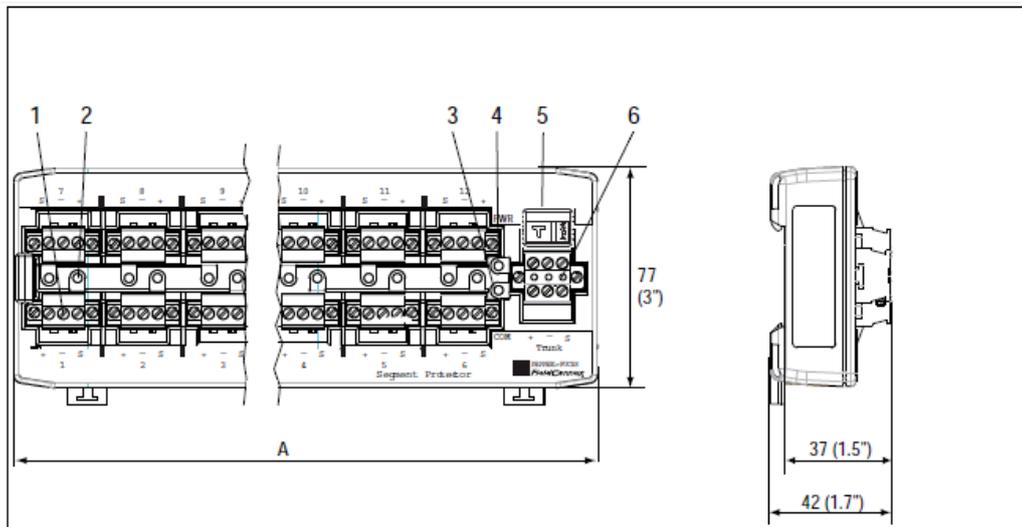
BIBLIOGRAFÍA

- Belloro, P. (2019). Presentación a Estudios de Interfaz Sintaxis-Pragmática. *La Interfaz Sintaxis-Pragmática*, 50 - 59 .
- Caballero , F. (200). Implementación de un sistema de monitoreo para obtener estadísticas del estado en un servidor FreeRADIUS utilizando SNMPv3. *Revista ECIPeru*, 10 - 20 .
- De La Torre, P. (2018). Implementación de un sistema de monitoreo de área extendida WAMS en el Sistema Nacional Interconectado del Ecuador SNI. *Ingenius*, 23 - 30.
- EETech. (2023). Obtenido de <https://control.com/>
- Emerson Process Management. (2020). *DeltaV Digital Automation System*. Obtenido de Emerson Process Management.
- FEBLES ÁLVAREZ, A. (2020). *Control de planta piloto con Fieldbus Foundation*. Obtenido de Universidad de Valladolid: <http://www.cea-ifac.es/actividades/jornadas/XXIX/pdf/208.pdf>
- Foundation Fieldbus Technical Overview . (2020). *Foundation Fieldbus Technical Overview*. Obtenido de Fieldbus Foundation: <http://www.pacontrol.com/download/foundation-fieldbus-overview.pdf>
- Gonzales , M. (2021). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DIGITAL FIELDBUS FOUNDATION EN LA PLANTA DIDÁCTICA PARA FORMACIÓN REMOTA*. Obtenido de UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE : <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/6350/T04352.pdf?sequence=1&isAllo wed=y>
- León, S. (2021). *Sistemas de control distribuido DCS*. Obtenido de Sistemas y Equipos Industriales: <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/6407/Arquitecturas%20de%2>
- Méndez, A. (2020). *Análisis, Diseño y Ejecución de Sistemas instrumentados*. Obtenido de Instrumentación Básica de Procesos Industriales.
- Montenegro, F. (2019). Desarrollo de un sistema de monitoreo de la calidad del agua utilizando sensores capacitivos de bajo costo. *Productos del vínculo Investigación*, 30 - 35 .
- Primicias. (2023). Obtenido de <https://www.primicias.ec/?nowprocket=1>
- Ramírez, W., & Medina, Q. (2020). Probits: Interfaz Gráfica para la Adquisición y Procesamiento de Señales Biomédicas con la Tarjeta Bitalino. *La Trama de la Comunicación*, 111 - 115.

ANEXOS

ESPECIFICACIONES DEL R2-SP-N

Los protectores de segmento R2-SP-N* son una gama de acopladores de dispositivos de bus de campo que sirven para conectar instrumentos de campo a segmentos de bus de campo. Están diseñados para los sistemas de bus de campo conforme a IEC 61158-2, como FOUNDATION Fieldbus H1 o PROFIBUS PA, y conforme a la especificación FF-846 de pruebas de acopladores de dispositivos de bus de campo.



A Altura: consulte la tabla "Datos técnicos en función del modelo"

- 1 Segmento 1 de conexión de rama
- 2 LED ERR, rama 1 (rojo, cortocircuito)
- 3 LED COM (comunicación)
- 4 LED PWR (alimentación)
- 5 Pared divisoria ACC-R2-SW.3
- 6 Terminador M-FT, extraíble
- 7 Conector en T T-CON.3

Mensajes de estado y de error

LED ERR	Rojo, cortocircuito
LED COM	Intermitente en amarillo, actividad de bus
LED PWR	Verde, alimentación de bus de campo presente

Datos técnicos

Protector de segmento de bus de campo R2-SP-N*

Interfaz de bus de campo

Cable principal (tronco)

Tensión nominal 9 ... 31 V CC
Corriente nominal máx. 4,5 A

Salidas

Tensión nominal máx. 31 V
Corriente nominal máx. 43 mA
Corriente de cortocircuito máx. 58 mA

Caída de tensión en el cable principal/salidas

máx. 1,3 V

Caída de tensión en la entrada y salida del tronco

0 V

Resistor de terminación

Externo, tipo M-FT 100Ω +/- 10 %

Protección contra sobretensiones

Protección contra sobretensión del tronco si la tensión supera los 39 V típicos, máx. 41 V

Condiciones ambientales

Temperatura ambiente	-50 ... 70 °C
Temperatura de almacenamiento	-50 ... 85 °C
Humedad relativa	< 95 % sin condensación
Resistencia a los golpes	15 g 11 ms
Resistencia a las vibraciones	1 g, 10 ... 150 Hz

Especificaciones mecánicas

Tipo de conexión	clemas extraíbles con tornillos de sujeción
Sección transversal del núcleo	máx. 2,5 mm ² / AWG 12-24

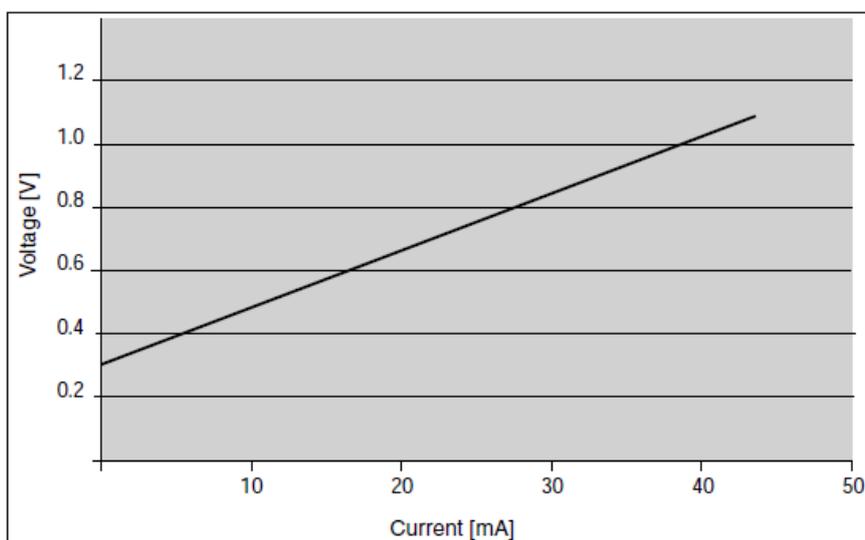
Datos técnicos en función del modelo

	*-N4	*-N6	*-N8	*-N10	*-N12
Número de salidas	4	6	8	10	12
Altura de carcasa (A)	93 mm (3,7")	121 mm (4,7")	148 mm (5,8")	177 mm (7")	205 mm (8")
Masa	130 g	180 g	230 g	280 g	330 g

	*-N4	*-N6	*-N8	*-N10	*-N12
Corriente en reposo	máx. 8 mA	máx. 8 mA	máx. 8 mA	10	10
Pérdida de potencia con 31 V de entrada	248 mW**	248 mW**	248 mW**	248 mW**	248 mW**

Caída de tensión

El siguiente gráfico muestra la caída de tensión típica para cada rama.



Condiciones de la prueba

Dispositivo	R2-SP-N12
Temperatura	T ₀ = 25 °C
Rama medida	1 de 12
Condiciones de carga	Todas las demás ramas cargadas con 40 mA constantes

Transmisor de nivel Rosemount™ 5300

Radar por onda guiada



- Tecnologías de rendimiento y fiabilidad de medición líderes en la industria
- Certificado para seguridad según IEC 61508 para aplicaciones SIL2
- Mayor disponibilidad de la planta gracias al mantenimiento predictivo y a la fácil resolución de problemas
- Menor cantidad de instrumentos y penetraciones al proceso con un transmisor multivariable

Llevando los beneficios del radar por onda guiada al siguiente nivel

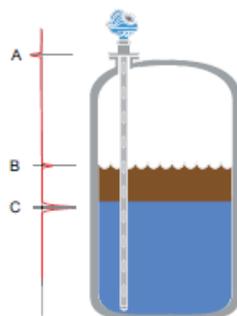
Principio de medición

Los pulsos de microondas de nanosegundos de baja potencia son guiados a lo largo de una sonda sumergida en el fluido del proceso. Cuando un pulso de microondas alcanza un fluido con una constante dieléctrica diferente, parte de la energía se refleja en el transmisor.

El transmisor utiliza la onda residual de la primera reflexión para medir el nivel de interfaz. Parte de la onda, que no se reflejó en la superficie del producto superior, continúa hasta que se refleja en la superficie del producto inferior. La velocidad de esta onda depende completamente de la constante dieléctrica del producto superior.

La diferencia de tiempo entre el pulso transmitido y el pulso reflejado es convertida en una distancia, y entonces se calcula el nivel total o el nivel de interfaz. La intensidad de la reflexión depende de la constante dieléctrica del producto: cuanto más alto es el valor de la constante dieléctrica, mayor la reflexión.

Figura 1: Principio de medición



- A. Pulso de referencia
- B. Nivel
- C. Nivel de interfaz

CARTA VALIDADOR 01



Yo, Ing. Marcelo Beltrán Gómez, con C.I 1002174355, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: *"Sistema de monitoreo del nivel de un tanque sumidero de crudo mediante Fieldbus e interfaz Delta-V del Terminal Marítimo Balao perteneciente a la EPPETROECUADOR"*.

Elaborado por el Ing. Daniel Fernando Villalva Taipe, con C.I 0502662976, 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., 14 de agosto de 2023



Ing. Marcelo Beltrán Gómez

C.I.: 1002174355

Registro SENESCYT: 1004-05-575658

CARTA VALIDADOR 02



Yo, Mg. Víctor Alfonso Vargas Ortiz, con C.I 0503495988, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: *"Sistema de monitoreo del nivel de un tanque sumidero de crudo mediante Fieldbus e interfaz Delta-V del Terminal Marítimo Balao perteneciente a la EPPETROECUADOR"*.

Elaborado por el Ing. Daniel Fernando Villalva Taipe, con C.I 0502662976, 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., 14 de agosto de 2023



Mg. Víctor Alfonso Vargas Ortiz.

C.I.: 0503495988

Registro SENESCYT: 1010-2022-2474038

CARTA VALIDADOR 03



Yo, Ing. Carlos Renato Caza Veloz, con C.I 1709337305, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: *“Sistema de monitoreo del nivel de un tanque sumidero de crudo mediante Fieldbus e interfaz Delta-V del Terminal Marítimo Balao perteneciente a la EPPETROECUADOR”*.

Elaborado por el Ing. Daniel Fernando Villalva Taipe, con C.I 0502662976, 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., 14 de agosto de 2023



Ing. Carlos Renato Caza Veloz.

C.I.: 1709337305

Registro SENESCYT: 1032-10-987213