

Diseño de tanque fijo de almacenamiento de combustible como fuente de producto controlado para la calibración y verificación de *SKIDS* de medición en la planta Petromil

S.A.S (Río Sogamoso)

Jorge Luis Duran Afanador

José Alfredo Cañas Quiroga

Johan Sebastián Carreño Meneses

Jenny Sulay Guarín Hilarión

Ruby Astrid Rodríguez Arquez

Asesor

PhD. Ronald Rojas Alvarado

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Ingeniería Industrial

2025

Resumen

Actualmente, la empresa Petromil Río Sogamoso realiza el proceso de calibración de sus equipos con el apoyo de una empresa externa que alquila un camión cisterna para utilizar combustible base. Este método implica elevados costos operativos, dependencia de personal externo y un mayor riesgo de incidentes por derrames o falta de capacitación en normas HSEQ. Este trabajo propone una innovación basada en el diseño e instalación de un tanque fijo de almacenamiento y un sistema de tuberías que permitan realizar la calibración de los *skids* de medición utilizando fluido base interno y personal propio de la compañía, altamente capacitado en seguridad y procedimientos operativos. El proyecto busca optimizar los costos, reducir los riesgos ambientales y operativos, y fortalecer la autonomía de la empresa. La metodología OKR fue empleada para estructurar los objetivos clave, facilitando la evaluación de beneficios, alcances y la aprobación del proyecto por parte de la organización.

Palabras clave: calibración, tanque de almacenamiento, innovación industrial, HSEQ, Petromil Río Sogamoso, metodología OKR.

Abstract

Currently, Petromil Río Sogamoso performs its calibration processes with the support of an external company that rents a tanker truck filled with base fuel. This method generates high operational costs, dependency on external personnel, and increased risk of spills and accidents due to limited HSEQ training. This study proposes an innovative project involving the design and installation of a fixed storage tank and a piping system to perform calibration of measurement skids using internal base fluid and trained company personnel. The project aims to optimize operating costs, minimize environmental and safety risks, and strengthen the company's operational autonomy. The OKR methodology will be applied to consolidate key objectives and facilitate the evaluation, improvement, and approval of the proposed project.

Keywords: calibration, storage tank, industrial innovation, HSEQ, Petromil Río Sogamoso, OKR methodology.

Tabla de contenido

Introducción	9
Justificación	10
Objetivos.....	12
Objetivo General.....	12
Objetivos Específicos	12
Marco Referencial.....	13
Antecedentes.....	13
Marco Conceptual.....	14
Marco Teórico.....	18
Antecedentes Teóricos y Estudios Previos	18
Fundamentación Técnica del Proyecto	19
Requisitos Estructurales del Tanque Fijo	19
Comportamiento del Fluido y Estabilidad Operacional	20
Condiciones de Operación de Calibración	21
Integración con los Skids de Medición.....	21
Seguridad Operacional y Control de Riesgos.....	22
Automatización y Seguridad Industrial	22
Metodología Design Thinking Aplicada al Proyecto	23
El Design Thinking.....	24
Etapa de Empatizar. Customer Journey Map.....	24
Etapa de Definir. Mapa de Empatía.....	24
Etapa de Idear	25

Etapa de Prototipar. Diagrama P&ID	29
Etapa de Probar	29
Modelo de Gestión OKR (Objectives And Key Results)	32
Fundamentación Técnica del Modelo OKR	32
Componentes del Modelo OKR. Objetivos (Objectives – O)	32
Resultados Clave (Key Results – KR).....	33
Principios de Funcionamiento del Modelo OKR.....	33
Beneficios del Modelo OKR	34
Pasos del Proceso de Innovación Propuesto por GIMInstitute.....	34
Desmitificación de la Innovación Aplicada al Proyecto.....	34
Técnicas de Innovación Aplicadas al Proyecto	35
Marco contextual	39
Capacidad e Infraestructura	39
Problema Operativo.....	39
Presentación de la Empresa: Petromil S.A.S.....	39
Metodología	41
Enfoque Metodológico	41
Tipo y Diseño de Investigación	42
Población y Muestra	42
Resultados	43
Fases del Proyecto y Desarrollo Metodológico	44
Fase 1: Desmitificación de la Innovación.....	44
Fase 2: Identificación de Retos Empresariales	44

Fase 3. Identificación de Tendencias	45
Fase 4. Componente Práctico – Salida de Campo	45
Fase 5. Diseño del Producto y del Servicio	45
Fase 6. Diseño de OKR	46
Fase 7: Validación del Proyecto	50
Conclusiones	55
Recomendaciones	57
Implementación y Seguimiento Estratégico	57
Estandarización Operativa y Procedimental.....	57
Fortalecimiento en Seguridad Operativa	58
Referencias bibliográficas.....	59
Apéndice A	62
Apéndice B.....	64

Lista de Figuras

Figura 1	<i>Diagrama técnico de un tanque diseñado según API 650</i>	20
Figura 2	<i>Condiciones fundamentales para generar trazabilidad metrológica confiable</i>	21
Figura 3	<i>Medidas de seguridad que reducen riesgos operativos</i>	22
Figura 4	<i>Ventajas de la automatización del sistema de calibración</i>	23
Figura 5	<i>Mapa recorrido del cliente</i>	26
Figura 6	<i>Mapa de empatía</i>	27
Figura 7	<i>Mapa lluvia de ideas</i>	28
Figura 8	<i>Diagrama P&ID del proceso</i>	30
Figura 9	<i>Evidencia aplicación encuesta de satisfacción</i>	31
Figura 10	<i>Modelo conceptual del proyecto para enfoque cíclico</i>	38
Figura 11	<i>Ejes analíticos del proyecto</i>	46
Figura 12	<i>Diagrama de Gantt – Cronograma del Proyecto</i>	50

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Metodología de enfoque de resolución de problemas centrada en el usuario</i>	47
Tabla 2. <i>Conceptualización estructurada de los objetivos OKR establecidos para el proyecto</i> .	49
Tabla 3. <i>Cronograma de actividades de la ejecución del proyecto</i>	51

Introducción

La planta de abastecimiento Petromil Río Sogamoso, ubicada en el municipio de Betulia, Santander, constituye un nodo estratégico para la recepción, almacenamiento y distribución de combustibles en el oriente colombiano. Su infraestructura tiene una capacidad de almacenamiento de ~600.000 barriles y recibe producto a través de la interconexión con el poliducto Ecopetrol Barrancabermeja Bucaramanga como mediante el transporte en carrotanques desde puertos alternos. Posteriormente, la planta abastece mediante el despacho en carrotanques a empresas y mayoristas de la región, garantizando la continuidad en el suministro de combustibles.

Dentro de estas operaciones, la calibración de los *Skids* de medición en la zona de descargaderos constituye una tarea importante para garantizar la exactitud en el recibo de combustibles. El procedimiento actual, basado en el uso de carrotanques como fuente de producto, ha demostrado ser costoso, complejo y dependiente de terceros. Este escenario abre la posibilidad de replantear el proceso mediante soluciones innovadoras que respondan a las necesidades de la planta. En este sentido, el diseño de un tanque fijo de almacenamiento orientado a la calibración y verificación de los *skids* de medición se concibe como una propuesta de innovación aplicada, que busca transformar un método tradicional y poco eficiente en un sistema propio, optimizado y sostenible. Con ello, no solo se atienden los retos técnicos y operativos, sino que también se fortalece la capacidad de la empresa para generar valor mediante la gestión de la innovación en sus procesos.

Justificación

El desarrollo de esta investigación se centra en la necesidad de optimizar las operaciones logísticas y de abastecimiento en la planta de almacenamiento y distribución de hidrocarburos. Actualmente, uno de los principales retos está asociado al alto costo del alquiler de carrotaques para suplir la demanda, lo que incrementa de manera significativa los gastos operativos y reduce la competitividad de la empresa.

Así mismo, la dependencia de terceros en la provisión de vehículos limita la autonomía de la planta, generando una vulnerabilidad frente a la disponibilidad del transporte, las tarifas del mercado y la negociación con empresas transportadoras.

Otro aspecto crítico es que el uso de carrotaques alquilados implica una dependencia directa de factores externos que afectan el normal desarrollo de la operación. Con frecuencia, los tiempos de respuesta se ven comprometidos por la llegada tardía de los vehículos, situaciones en las que el conductor no cumple con los horarios establecidos o incluso cuando el conductor decide retirarse antes de completar la actividad. Estas situaciones generan interrupciones y retrasos en el ciclo operativo, afectando la programación de las calibraciones, lo cual incrementa los tiempos muertos y la ineficiencia en el proceso.

Por lo tanto, esta investigación busca analizar e identificar oportunidades de innovación en el sistema de transporte y abastecimiento de la planta, con el fin de reducir costos, dependencia, mejorar la eficiencia operativa y fortalecer la competitividad en el sector.

El Índice Mundial de Innovación (GII) 2025, publicado por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) en septiembre de 2025, revela importantes brechas en

innovación a nivel nacional en Colombia, principalmente en la conversión de recursos (insumos) en resultados concretos de innovación. Las cifras clave que evidencian estas brechas son:

La brecha entre insumos y resultados en el país muestra un desempeño notablemente superior en los pilares de "insumos" de innovación (condiciones y recursos disponibles) que en los "productos" o resultados de esta. Esto indica una ineficiencia sistémica para transformar la inversión y el talento en propiedad intelectual y valor económico tangible.

Con respecto a insumos de innovación, Colombia ocupó el puesto 63 en insumos de innovación en una edición previa (2022), un área donde históricamente se posiciona mejor, demostrando que existen condiciones, capital humano e infraestructura (relativamente) adecuadas.

La identificación de los resultados de innovación a pesar de los insumos, el país tiene dificultades significativas para generar resultados concretos como patentes, publicaciones científicas y valor de producción, lo que acentúa la brecha de eficiencia.

En resumen, la principal brecha en Colombia no es necesariamente la falta de potencial o recursos iniciales, sino la capacidad de su ecosistema para convertir esos insumos en innovación real y medible a escala nacional, por eso es importante para la compañía adaptarse al camino de la innovación de sus procesos y mantener una cultura de innovación constante en la que todos los colaboradores de una empresa siempre puedan tener la inversión y el acompañamiento para exponer un proyecto de mejora de un proceso dentro de la compañía.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar una solución innovadora para la construcción de un tanque fijo de almacenamiento de combustible como fuente de producto controlado para la calibración y verificación de *skids* de medición en la planta Petromil S.A.S (Río Sogamoso), considerando los retos técnicos y operativos que fortalezcan la precisión metrológica, la seguridad y la competitividad en sus procesos de abastecimiento.

Objetivos Específicos

Determinar el emplazamiento más adecuado para la construcción e instalación del tanque fijo de almacenamiento de combustible en la zona de descargaderos de la planta Petromil S.A.S (Río Sogamoso), garantizando condiciones de seguridad, accesibilidad y eficiencia operativa.

Elaborar el diseño técnico del tanque fijo de almacenamiento de combustible, incorporando el análisis de conexiones, interconexiones y facilidades requeridas para su integración como fuente de producto controlado en la calibración y verificación de los *skids* de medición.

Gestionar las compras necesarias para la construcción e implementación del tanque fijo de almacenamiento en la planta Petromil S.A.S (Río Sogamoso), asegurando cumplimiento técnico, calidad y costos competitivos.

Marco Referencial

Antecedentes

A través del Apéndice A, se presenta una síntesis de los antecedentes teóricos, técnicos y normativos consultados para el desarrollo del proyecto. Esta información permite identificar el tipo de documento, su contribución y su relevancia dentro del diseño del tanque fijo de calibración en Petromil S.A.S

Marco Conceptual

Reúne las definiciones de los principales conceptos teóricos, técnicos y normativos empleados para el desarrollo del proyecto de diseño de un tanque fijo de calibración en Petromil S.A.S. Estos conceptos permiten establecer una lengua común, así como sustentar técnicamente las decisiones asociadas a la propuesta de innovación planteada. De esta manera se garantiza la claridad en la comunicación entre los diferentes actores del este proyecto y se fortalecen los criterios de validez en la documentación generada.

Almacenamiento de Combustible

Corresponde al proceso mediante el cual se resguardan los productos energéticos líquidos en tanques diseñados para mantener condiciones seguras de operación, permitiendo el control de variables como temperatura, presión, densidad y flujo, con el fin de garantizar un despacho eficiente y conforme a la normativa técnica vigente (Martínez, 2021).

Automatización de Procesos Industriales

La automatización de procesos industriales consiste en integrar tecnologías de control, instrumentación y comunicación para gestionar de forma eficiente y segura las operaciones de una planta, reduciendo la intervención humana y optimizando la eficiencia de los procesos para alcanzar una mayor productividad (Barona & Velasteguí, 2021, p. 100).

Calibración de *Skids* / Sistemas de Calibración Coriolis

Procedimiento y sistema que permiten verificar y ajustar la precisión de caudalímetros másicos (Coriolis) por control de flujo y condiciones de prueba (p. ej. recirculación, densidad/ presión) (Suárez et al., 2022; Kang et al., 2022).

Caso de Negocio

Consiste en la materialización del concepto de negocio que fue priorizado, identificando incertidumbre, propuesta de valor y elaborando un plan de acción que incluya el detalle de la cada actividad con un enfoque en resultados; finalmente este caso de negocio se debería ver reflejado y hacerse casi tangible a través de la elaboración de folleto que permita percibir el producto y/o servicio (GIM Institute, 2013).

Concepto de Negocio

Un concepto de negocio es aquel en el cual ya se encuentran definido adicional a la idea, variables y características como canales de distribución, tecnología requerida, ubicación de punto de venta, cantidades, margen de ganancia entre otros, en este paso se activan las plataformas de crecimiento que fueron priorizadas en el mapa de oportunidades (GIM Institute, 2013).

Diseño Tanques de Almacenamiento

Para un diseño adecuado de tanques de almacenamiento se requiere definir las características geométricas, materiales y estructurales que aseguren su resistencia y operatividad conforme a las normas técnicas aplicables, garantizando la seguridad y eficiencia del sistema de almacenamiento (Borja, 2020). Definición y dimensionamiento de geometría, materiales y detalles estructurales que garanticen integridad, seguridad y normatividad (API 650, 2021).

Mapa de Oportunidades

Permite consolidar y recopilar los aspectos relevantes de los elementos de la cadena de valor, obteniendo una visual global de la actualidad en cuanto posicionamiento de la marca y tendencias futuras del mercado, con el objetivo de organizar todas las perspectivas que la compañía desea considerar para convertirlos en plataformas de crecimiento (GIM Institute, 2013).

Medición de Fluidos

Consiste en cuantificar el volumen o la masa de un fluido que atraviesa una sección determinada por unidad de tiempo, permitiendo controlar su caudal mediante instrumentos apropiados (SMAR, (s. f.).

Planta de Abastecimiento

Una planta de abastecimiento es una instalación que asegura el suministro constante de combustible a equipos o plantas de emergencia, integrando sistemas automáticos que controlan y supervisan el proceso para garantizar su operatividad continua (García, 2022).

Plataforma de Crecimiento

Permite a la compañía delimitar las áreas donde es posible realizar la innovación contribuyendo a minimizar el riesgo cuando se define innovar en un producto y/o servicio que no está contemplado en el objeto principal del negocio, mediante esta herramienta se agrupan las oportunidades y/o perspectivas que estén relacionadas generando así varias plataformas de crecimiento (GIM Institute, 2013).

Sistemas de Calibración para Tecnología Tipo Coriolis

Son instalaciones que permiten verificar y ajustar la precisión de los caudalímetros másicos mediante el control de flujo y recirculación de fluidos, optimizando recursos y garantizando mediciones confiables en procesos industriales (Suárez et al., 2022).

Sistema de Medición

Un sistema de medición tiene por función asignar de modo objetivo y empírico un número a las propiedades o cualidades de un objeto o evento, para poder describirlas cuantitativamente (Tapia et al., 2024).

Tanques de Almacenamiento

Son estructuras diseñadas para contener de forma segura fluidos líquidos o gaseosos a presión atmosférica, asegurando estabilidad, integridad y cumplimiento de normas técnicas aplicables al manejo de productos industriales (Borja, 2020).

Marco Teórico

El marco teórico constituye el soporte conceptual, científico y técnico que fundamenta el diseño, implementación y justificación del tanque fijo de calibración para los *skids* de medición en Petromil S.A.S. Su propósito es integrar los conocimientos esenciales que permiten comprender el problema, sustentar la solución propuesta y orientar el desarrollo metodológico del proyecto. Este capítulo articula aportes provenientes de la ingeniería, la metrología industrial, el diseño de tanques, la automatización, los procesos de plantas de abastecimiento, el enfoque de innovación basado en *Design Thinking* y el modelo de gestión por resultados OKR. La combinación de estas disciplinas permite comprender el proyecto desde una perspectiva integral, asegurando su pertinencia técnica, operativa y estratégica.

Antecedentes Teóricos y Estudios Previos

La calibración de caudalímetros y sistemas de medición de fluidos es un proceso crítico para la industria de hidrocarburos. Estudios recientes demuestran la importancia de contar con sistemas estables de suministro para calibración. Suárez et al. (2022) muestran cómo los sistemas de recirculación mejoran la repetibilidad de la calibración y reducen pérdidas de producto. Kang et al. (2022) comparan métodos avanzados para la calibración de caudalímetros Coriolis, resaltando la influencia de la presión, densidad y estabilidad del fluido.

En cuanto al almacenamiento, Borja (2020) y la norma API 650 (*American Petroleum Institute*, 2021) aportan lineamientos sobre diseño estructural de tanques metálicos, especificando materiales, espesores, inspecciones y parámetros de seguridad.

Sobre el manejo de combustibles, investigaciones sobre plantas de abastecimiento señalan problemas recurrentes asociados a seguridad, variabilidad operativa y riesgo de derrames

cuando se usan carrotanques para calibración. Adicionalmente, trabajos como los de Tapia et al. (2024) destacan la importancia de la trazabilidad metrológica y la confiabilidad de los datos.

Finalmente, en el componente de innovación, López (2025) evidencia la utilidad del modelo OKR para el seguimiento y evaluación de proyectos técnicos y operativos, mientras que IDEO (2015) y Brown (2009) posicionan *Design Thinking* como una metodología robusta para el diseño centrado en el usuario.

Fundamentación Técnica del Proyecto

El proyecto se fundamenta en principios de ingeniería que garantizan la confiabilidad, estabilidad operativa y seguridad del sistema de calibración. A continuación, se profundiza en los elementos técnicos esenciales que justifican la viabilidad del tanque fijo como solución.

Requisitos Estructurales del Tanque Fijo

El diseño estructural del tanque responde a lineamientos de la norma API 650, que establece condiciones que deben cumplir los tanques de almacenamiento de hidrocarburos. Entre los criterios técnicos críticos se incluyen:

Análisis de Esfuerzos y Deformaciones. Cálculos que permiten garantizar que el tanque soporte la presión hidrostática generada por el volumen de combustible.

Especificación de Materiales. Selección de acero con propiedades mecánicas adecuadas para resistir corrosión, variaciones térmicas y esfuerzos mecánicos.

Requisitos de Soldadura. Procedimientos calificados según ASME para asegurar la integridad de las juntas.

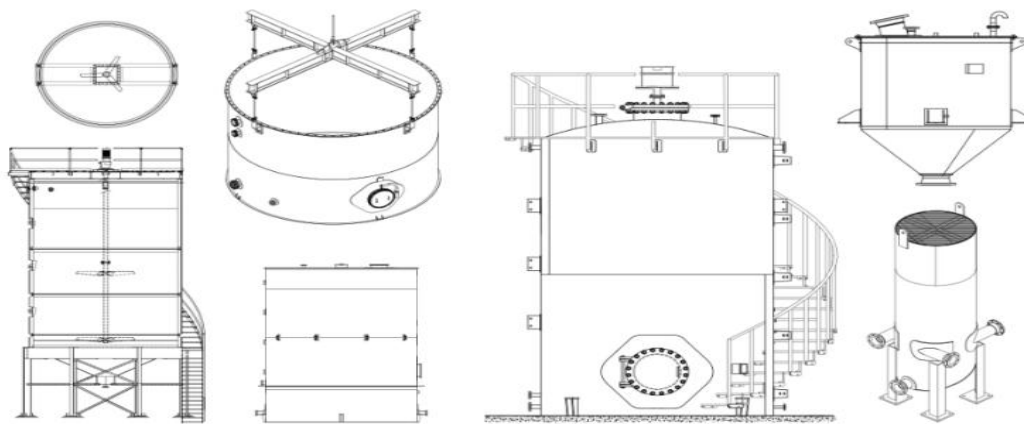
Inspecciones NDT. Técnicas como ultrasonido y radiografía permiten verificar la integridad estructural.

Estos elementos aseguran que el tanque pueda operar de manera segura, manteniendo la estabilidad del fluido durante la calibración.

La figura 1, se representa el diagrama técnico acorde a la normativa vigente (API 650), el cual se toma como guía para el desarrollo del proyecto y la elaboración del diseño presentado en la fase de prototipado mediante la construcción del diagrama P&ID (*Piping and Instrumentation Diagram*) del proyecto.

Figura 1

Diagrama técnico de un tanque diseñado según API 650



Nota. Correspondiente al diseño de un tanque cumplimiento con lo requerido técnicamente por las normas API 650. Fuente: Adaptado de Welmon (2023). – Tanques API 620 y API 650.

Comportamiento del Fluido y Estabilidad Operacional

Para lograr calibraciones precisas, es indispensable mantener un suministro estable. La estabilidad del fluido depende que del sistema opere bajo condiciones de temperatura constante para minimizar variaciones de densidad que puedan afectar las mediciones, así como en ausencia de turbulencias, reduciendo el ruido en la señal de los caudalímetros. De igual manera, garantía

un flujo continuo que evita pulsaciones capaces de alterar la precisión de la medición y mantiene una presión controlada que permite trabajar dentro de los rangos óptimos del instrumento.

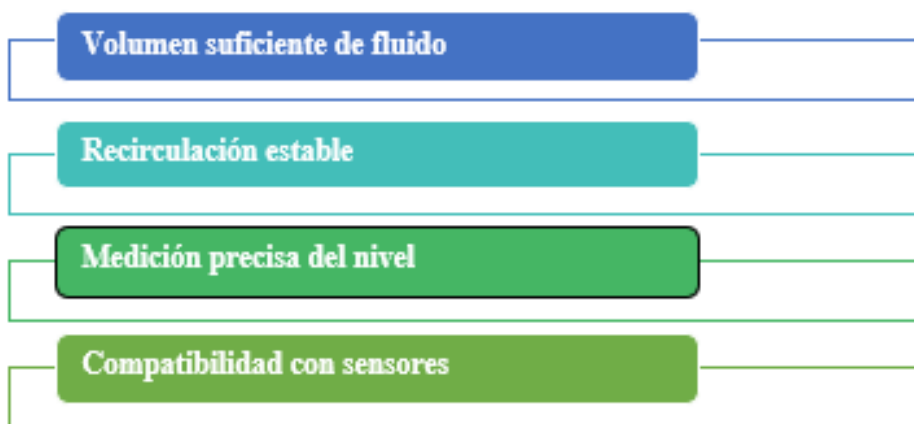
En este contexto, el tanque fijo está diseñado para minimizar variaciones termodinámicas, asegurar un flujo homogéneo y facilitar una recirculación eficiente del fluido.

Condiciones de Operación de Calibración

Los sistemas de calibración requieren condiciones controladas que solo un tanque fijo puede garantizar; en este sentido la figura 2 representa el diagrama que contiene los criterios requeridos técnicamente para garantizar que el proceso de metrología establecido incluya controles que permitan garantizar confiabilidad en los resultados obtenidos.

Figura 2

Condiciones fundamentales para generar trazabilidad metrológica confiable



Nota. Representa la integración de las condiciones fundamentales para la asegurar que el proceso metrológico empleado arroje resultados confiables. Elaboración propia

Integración con los Skids de Medición

La conexión entre el tanque fijo y los skids de medición está diseñado para garantizar la adecuada alineación de caudales, minimizar las pérdidas de carga y asegurar la compatibilidad con las líneas de transferencia existentes, incorporando además la automatización del control de

caudal y nivel. Esta configuración permite realizar las pruebas de calibración sin depender del uso de los carrotanques, lo que contribuye a la reducción de tiempos muertos y la optimización de los recursos operativos.

Seguridad Operacional y Control de Riesgos

Estas medidas protegen tanto al personal como a la infraestructura, con base en la figura 3, se presentan las medidas de seguridad operacional que se propone sean aplicadas por la organización en la implementación del proyecto para la mitigación de riesgos contribuyendo a mejorar los indicadores de seguridad industrial.

Figura 3

Medidas de seguridad que reducen riesgos operativos



Nota. Refiere las medidas de seguridad propuestas para reducir los riesgos operativos y evitar la materialización de accidentes laborales en la organización. Elaboración propia.

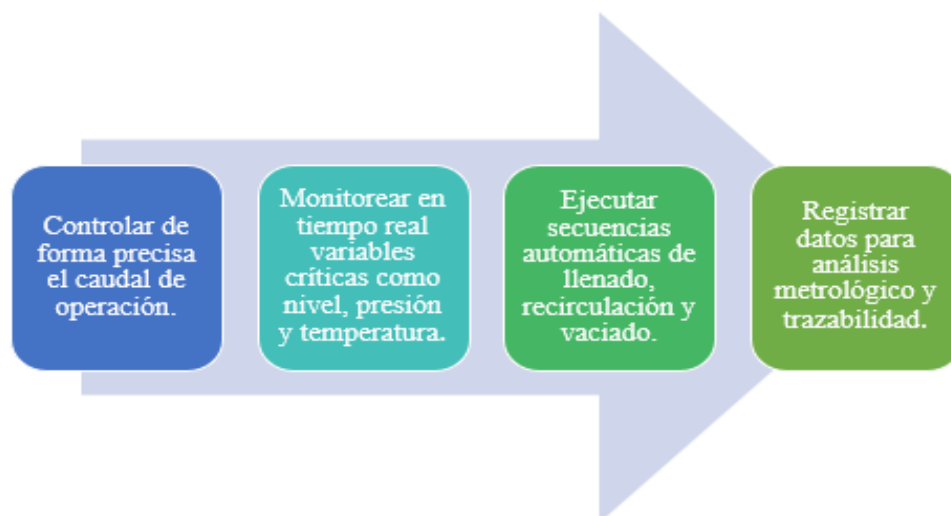
Automatización y Seguridad Industrial

La automatización industrial constituye un elemento clave para garantizar la confiabilidad, repetibilidad y seguridad de los procesos de calibración en plantas de abastecimiento. En el contexto del presente proyecto, la automatización se concibe como el

conjunto de tecnologías, dispositivos y sistemas de control que permiten operar el tanque fijo y los skids de medición con mínima intervención humana, reduciendo errores operativos y riesgos asociados. Desde una perspectiva técnica, la automatización del sistema de calibración y como se expresa en la figura 4, presentan los beneficios y ventajas que se adquieren con el desarrollo y automatización de procesos, con énfasis en la mejora del proceso de calibración de en plantas de abastecimiento.

Figura 4

Ventajas de la automatización del sistema de calibración



Nota. Expone las ventajas que aporta a la organización la automatización de procesos, con énfasis en la automatización del proceso de calibración de una planta de abastecimiento.

Elaboración propia.

Metodología Design Thinking Aplicada al Proyecto

La metodología se adopta en el presente proyecto como un enfoque estructurado de innovación centrada en el usuario, orientado a la identificación, análisis y solución de problemas reales del contexto operativo de Petromil S.A.S. Esta metodología resulta pertinente debido a que

el problema abordado, la calibración de skids mediante carrotanques no solo presenta retos técnicos, sino también operativos, de seguridad.

El Design Thinking

permite integrar la perspectiva del personal operativo dentro del proceso de diseño, asegurando que la solución técnica propuesta (tanque fijo de calibración) responda de manera efectiva a las necesidades reales del entorno industrial. A continuación, se describen las etapas desarrolladas y las herramientas aplicadas en cada una de ellas.

Etapas de Empatizar. Customer Journey Map

En la figura 5, se representa el recorrido del cliente en las diferentes etapas del proceso actual con el fin de identificar en las conclusiones las oportunidades de mejora del proceso con el fin de lograr una optimización del proceso objeto de estudio (calibración de los patrones instalados en la planta para el inventario del producto).

La etapa de empatizar tuvo como objetivo comprender de manera profunda la experiencia del personal operativo durante el proceso tradicional de calibración mediante carrotanques. Para ello, se utilizó la herramienta Customer Journey Map, la cual permitió visualizar de forma secuencial todas las actividades, interacciones, puntos críticos y emociones asociadas a su ejecución. A partir de este análisis se identificaron múltiples puntos de espera y tiempos muertos, una alta dependencia de proveedores externos, riesgos asociados a la manipulación manual del combustible, elevados niveles de estrés operativos derivados de condiciones inseguras y una limitada capacidad de control sobre variables críticas como el caudal y la temperatura.

Etapas de Definir. Mapa de Empatía

A través de la figura 6, mediante la herramienta mapa de empatía se presenta a profundidad la persecución del usuario con el proceso actual para interpretar los sentimientos y

esfuerzos, así como también identificar las necesidades y expectativas para diseñar productos y servicios centrados en sus necesidades reales.

Etapa de Idear

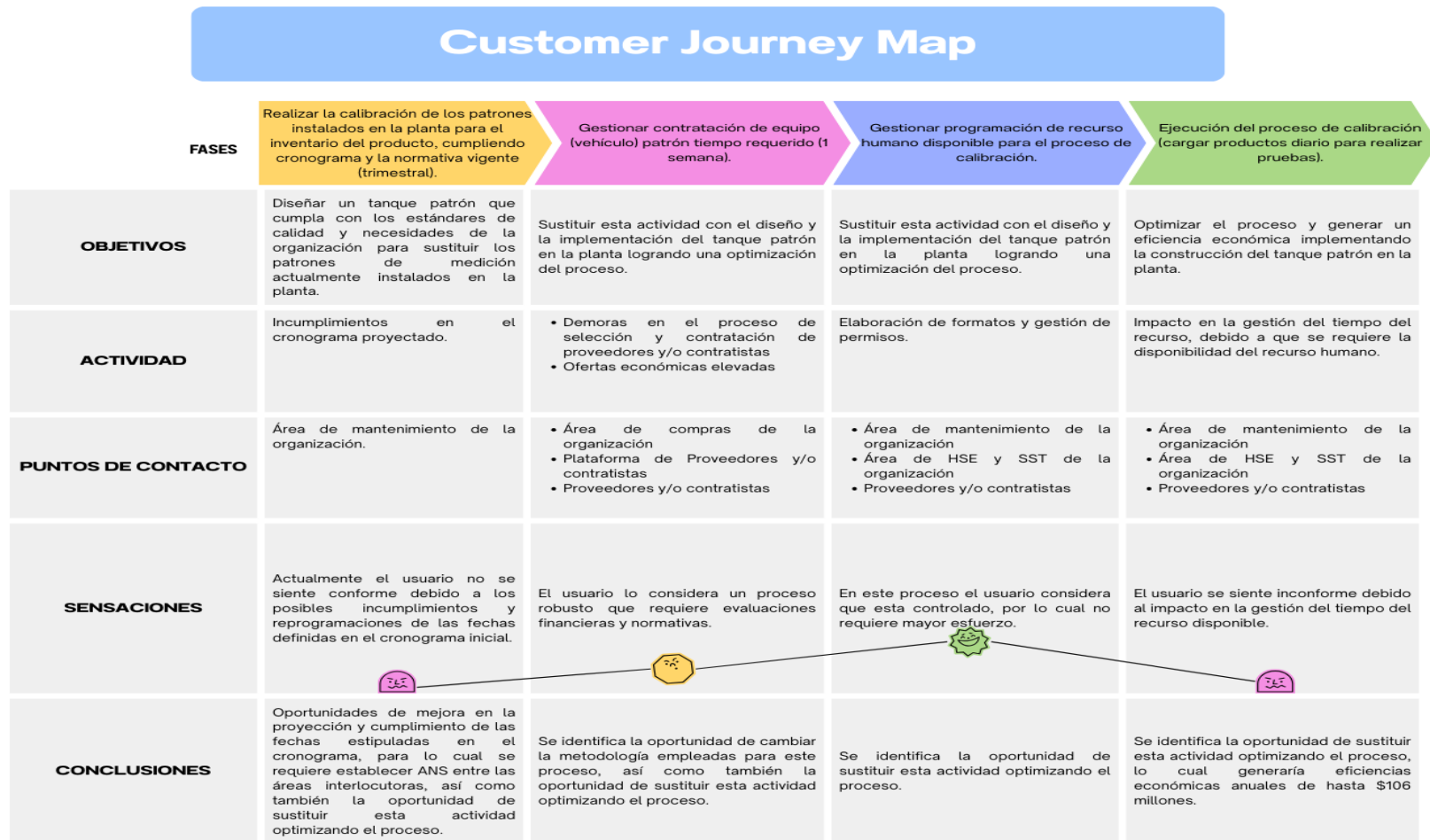
Lluvia de ideas. Mediante la figura 7, se presenta una lluvia de ideas aplicada con el objetivo de evaluar y considerar las variables involucradas en la implementación del proyecto con énfasis en el valor agregado que representan para la compañía Petromil S.A.S.

En la etapa de idear se desarrolló una lluvia de ideas orientada a generar múltiples alternativas de solución sin restricciones iniciales. En esta fase participaron criterios técnicos, operativos y de seguridad.

Posteriormente, las ideas fueron evaluadas según criterios de viabilidad técnica, impacto en seguridad, costo y facilidad de implementación. Como resultado de este proceso creativo y analítico, se seleccionó el diseño de un tanque fijo de calibración como la alternativa más adecuada para resolver el problema identificado.

Figura 5

Mapa recorrido del cliente



Nota. Describe el recorrido del cliente en cada una de las etapas que se desarrollan actualmente en el proceso identificando las oportunidades de mejora. Elaboración propia.

Figura 6

Mapa de empatía



Nota. Mapa de empatía empleado como herramienta para profundizar en la experiencia actual del cliente e identificar las necesidades y expectativas de este. Elaboración propia.

Con la información recopilada en la etapa anterior, se desarrolló un Mapa de Empatía con el fin de sintetizar y estructurar las necesidades del usuario. El análisis evidenció que los principales dolores del usuario se relacionaban con la exposición a riesgo de seguridad, presión por cumplir tiempos operativos, falta de estabilidad en el proceso y por consiguiente escasa estandarización de la calibración.

A partir de esta herramienta se definió claramente el problema central del proyecto: la necesidad de un sistema de calibración interno, seguro, estable y controlado, que reduzca riesgos y mejore la eficiencia operativa.

Figura 7

Mapa lluvia de ideas



Nota.

Lluvia de ideas con el análisis de los aspectos más relevantes del proyecto y su valor agregado. Elaboración propia

Etapa de Prototipar. Diagrama P&ID

A través de la figura 8, se representa gráficamente el prototipo del proceso de acuerdo con las normas técnicas y estándares de calidad con el fin de presentar la solución a la compañía Petromil S.A.S y evaluar su viabilidad de implementación.

La etapa de prototipado se materializó mediante la elaboración de diagramas P&ID (*Piping and Instrumentation Diagram*), los cuales permitieron representar gráficamente la solución propuesta. Estos diagramas describen de forma detallada:

Líneas de proceso.

Válvulas manuales y automáticas.

Sensores de nivel, presión y temperatura

Sistemas de recirculación

Dispositivos de seguridad.

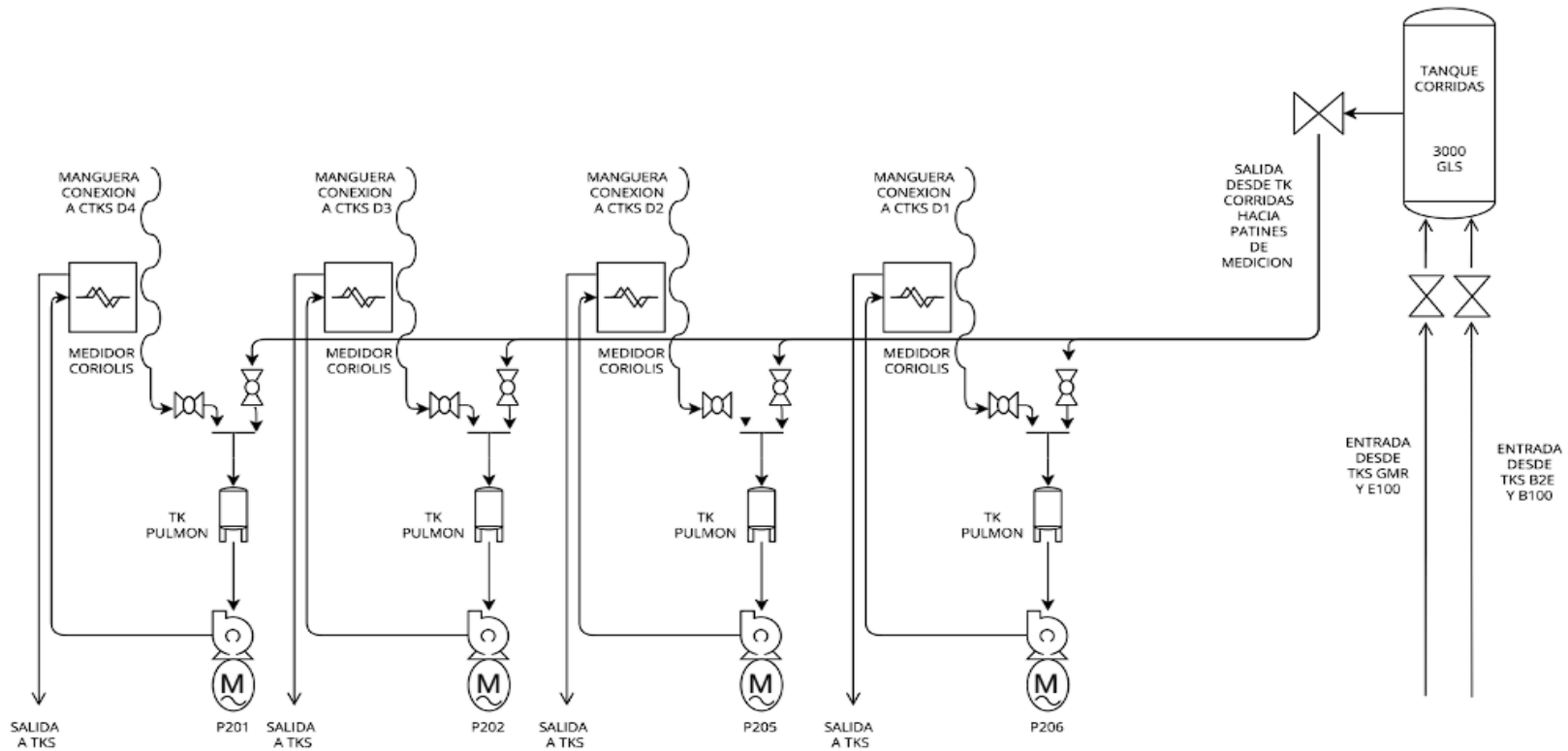
Los diagramas P&ID facilitaron la validación técnica del diseño, permitiendo analizar flujos, identificar puntos críticos y verificar el cumplimiento de normas técnicas y de seguridad. Además, constituyen una herramienta fundamental para la futura implementación del sistema.

Etapa de Probar

Encuesta de satisfacción. Con la figura 9, se presenta evidencia de la encuesta aplicada con el fin de evaluar la viabilidad y funcionalidad de la solución propuesta a la empresa Petromil S.A.S y presentada gráficamente en la figura 8 en un diagrama P&ID del proceso.

Figura 8

Diagrama P&ID del proceso



Nota. Diagrama elaborado como propuesta técnica para visualizar gráficamente el proceso incluyendo los elementos y/o materiales que se sugiere de acuerdo con la normativa vigente instalar en el proyecto. Elaboración propia.

Figura 9

Evidencia aplicación encuesta de satisfacción

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DE PROYECTO DE TANQUE DE CALIBRACION Y VERIFICACIÓN DE SKIDs.

El propósito de esta encuesta es evaluar la funcionalidad del tanque de medición y calibración de skid por parte del empresario y del sembrero. La información que suministre será utilizada solo con este fin.

Usted es representante de:

Empresa impulsora del proyecto

Grupo sembrero

Escriba su Email o correo electrónico *

Texto de respuesta corta

Nombre completo *

Texto de respuesta corta

Nota. Se hace una descripción del contenido de la tabla en cuestión de lo que se esté evaluando. Elaboración propia

La etapa de prueba se desarrolló mediante la aplicación de una encuesta de satisfacción dirigida al personal involucrado en el proceso de calibración. Esta herramienta permitió evaluar la percepción del usuario frente a la solución propuesta.

La encuesta analizó aspectos de percepción de seguridad, facilidad en las operaciones así mismo reducción de tiempos, nivel de control del proceso y aceptación del sistema.

Los resultados obtenidos evidenciaron una valoración positiva de la propuesta, destacando mejoras significativas en seguridad, eficiencia y confiabilidad del proceso. Esta retroalimentación permitió validar la pertinencia de la solución desde la perspectiva del usuario final.

Modelo de Gestión OKR (Objectives And Key Results)

Fundamentación Técnica del Modelo OKR

El modelo de gestión OKR (Objectives and Key Results) es una metodología de dirección estratégica orientada a resultados, diseñada para traducir la visión y la estrategia organizacional en objetivos claros, medibles y verificables. Su propósito principal es asegurar el enfoque, la alineación y la ejecución efectiva de las prioridades estratégicas, permitiendo a las organizaciones monitorear de manera sistemática el avance hacia sus metas.

Este modelo es ampliamente utilizado en organizaciones públicas y privadas debido a su capacidad para conectar los niveles estratégicos, tácticos y operativos, promoviendo la transparencia, la responsabilidad compartida y la mejora continua. El enfoque OKR no se limita a la planificación, sino que constituye un sistema dinámico de gestión del desempeño basado en resultados.

Componentes del Modelo OKR. Objetivos (Objectives – O)

Los objetivos son declaraciones cualitativas que describen lo que la organización o el equipo desea lograr en un periodo determinado. Representan el “qué” y el “por qué” del esfuerzo estratégico. Deben ser claros, inspiradores y alineados con la dirección general de

la organización, definiendo una prioridad estratégica comprensible para los niveles y orientando el esfuerzo hacia los resultados de alto impacto. Además, no describen actividades ni tareas específicas, sino el estado deseado que se busca alcanzar.

Resultados Clave (Key Results – KR)

Los resultados clave son métricas específicas, cuantificables y verificables que permiten medir el progreso y el grado de cumplimiento de cada objetivo. Responden a la pregunta: ¿cómo se sabrá que el objetivo ha sido alcanzado? Un conjunto adecuado de resultados clave están limitados en número y en tiempo, se enfocan en resultados y no en acciones y pueden ser cuantitativos o cualitativos siempre que sean medibles. Además, permiten realizar un seguimiento periódico que facilita ajustes oportunos durante el proceso. En este sentido, funcionan como indicadores de desempeño que hacen visible el avance real hacia el objetivo propuesto.

Principios de Funcionamiento del Modelo OKR

El modelo OKR se fundamenta en una serie de principios que orientan su correcta implementación , con enfoque claro, donde se prioriza pocos objetivos estratégicos para maximizar el impacto ; en la alineación, el conectar vertical y horizontalmente los objetivos dentro de la organización para asegurar coherencia entre equipos; en la transparencia, haciendo visibles los objetivos y resultados clave para promover compromiso y responsabilidad compartida; en el seguimiento continuo, mediante revisiones periódicas que permite aprender y ajustar oportunamente; y en la orientación a resultados , donde el éxito se mire por el logro de resultados y no únicamente por el cumplimiento de actividades.

Beneficios del Modelo OKR

La adopción del modelo OKR aporta múltiples beneficios a la gestión organizacional, entre los que se destacan una mayor claridad estratégica y enfoque en prioridades clave, la mejora en la ejecución y en la toma de decisiones basadas en datos, una mayor alineación y compromiso de los equipos de trabajo, la medición objetiva del desempeño y del impacto de las iniciativas, así como el fomento de una cultura de mejora continua y aprendizaje organizacional.

Pasos del Proceso de Innovación Propuesto por GIMInstitute

El proyecto se desarrolló aplicando de manera estructurada el proceso de innovación propuesto por el global Innovation Management Institute (GIMInstitute). A continuación, se describe cómo cada una de las etapas del modelo fue implementada específicamente en el contexto del proyecto.

Desmitificación de la Innovación Aplicada al Proyecto

En el desarrollo del proyecto, la innovación fue abordada como un proceso sistémico, estructurado y gestionable, superando la concepción tradicional que la limita a un acto aislado, espontáneo o meramente intuitivo. Bajo esta perspectiva, se asumió como una disciplina estratégica orientada a la generación de valor sostenible, apoyada en herramientas metodológicas, análisis técnico y toma de decisiones fundamentada en evidencia.

La solución propuesta no surge de una idea fortuita, sino de la aplicación organizada y coherente de diversos componentes que permitieron identificar oportunidades y estructurar una propuesta viable desde el punto técnico, operativo y económico que garantiza su alineación con los objetivos estratégicos de la organización.

Aprovechamiento de Tendencias Sostenibles. Se identificó la tendencia creciente hacia la optimización de procesos industriales, la reducción de costos operativos, el fortalecimiento de la seguridad HSEQ y la disminución del impacto ambiental en operaciones del sector energético. Estas tendencias orientaron la decisión de migrar de un esquema dependiente de terceros a un sistema interno y controlado de calibración.

Respuesta a Necesidades Operativas. Esenciales. El proyecto responde a problemáticas críticas de la operación, como la dependencia de proveedores externos, los altos tiempos muertos durante las corridas de calibración, los riesgos asociados al transporte de combustible y los elevados costos operativos. El tanque fijo se plantea como una solución que mejora la eficiencia, la seguridad y la confiabilidad del proceso.

Modelo de Negocio Viable y Monetizable. La Innovación Se Fundamenta En Un modelo de ahorro y eficiencia operativa, donde la eliminación de alquileres de carrotanques y la reducción de tiempos improductivos generan beneficios económicos medibles, permitiendo la recuperación de la inversión en un plazo definido.

Combinación Estratégica de Capacidades. El proyecto integra capacidades internas existentes de Petromil S.A.S., como conocimiento técnico, infraestructura, personal capacitado y gestión HSEQ, creando una solución difícil de replicar por competidores y fortaleciendo la autonomía operativa de la planta.

Técnicas de Innovación Aplicadas al Proyecto

El desarrollo del proyecto se apoyó en técnicas de innovación que facilitaron la integración de información y la toma de decisiones:

Equipos Multidisciplinarios. Se integraron conocimientos operativos, técnicos, financieros y de seguridad industrial para analizar el proceso de calibración, identificar ineficiencias y diseñar una solución integral.

Método Estructurado de Resolución de Problemas. El uso del modelo GIMInstitute permitió analizar el problema desde múltiples dimensiones (operativa, económica, de seguridad y ambiental), evitando soluciones parciales y garantizando coherencia con los objetivos estratégicos.

Pensamiento Divergente y Convergente. Inicialmente se exploraron diversas alternativas para mejorar el proceso de calibración (uso de terceros, mejoras logísticas, cambios operativos). Posteriormente, se priorizó de forma convergente la alternativa del tanque fijo como la solución más viable y de mayor impacto.

Uso de Redes y Conocimiento Especializado. Se consideraron normativas técnicas, estándares de seguridad y experiencias previas del sector para validar la factibilidad técnica del sistema propuesto.

Intención de Innovar Aplicada al Proyecto. La intención de innovar se definió a partir de una necesidad estratégica clara de la organización, dado que la dependencia de terceros para la calibración generaba sobrecostos, retrasos operativos, riesgos HSEQ y baja flexibilidad en la programación, lo que justificaba una innovación estructural en el proceso. Se identificó, además una brecha de crecimiento, pues el modelo operativo actual limitaba la eficiencia y competitividad de la planta, en consecuencia, el proyecto busca cerrar dicha brecha mediante una solución que incremente la productividad, reduzca los costos y mejore la disponibilidad de los *Skids* de medición. La iniciativa se clasifica dentro del portafolio de innovación como incremental de alto impacto, cercana a core business y orientada a la optimización de un proceso crítico de la operación.

Los *Insights* de Oportunidad. Se obtuvieron del análisis detallado del proceso de calibración, evidenciando tiempos muertos asociados a la disponibilidad de vehículos cisterna, costos elevados por el alquiler de equipos externos, riesgos de seguridad vial, derrames y emisiones, así como las limitaciones en la programación y continuidad de las corridas de calibración, lo que refuerza la pertinencia y urgencia de la propuesta planteada. Estos insights fueron organizados dentro del Mapa de Oportunidades de Negocio (BOM), evidenciando oportunidades principalmente en los componentes de producción, modelo de negocio y oferta de valor interna.

Plataformas de Crecimiento Aplicadas al Proyecto. A partir de los insights, se definió una plataforma de crecimiento enfocada en la optimización y control interno de procesos críticos de medición y calibración. Esta plataforma aporta autonomía operativa, reduce los costos recurrentes y mejora la seguridad industrial y ambiental, al mismo tiempo incrementa la eficiencia en el uso de recursos técnicos y humanos. Dentro de esta plataforma, el proyecto de tanque fijo fue priorizado por su viabilidad técnica, su alineación estratégica y su retorno económico esperado.

Conceptos de Negocio Aplicados al Proyecto. Finalmente, el concepto de negocio seleccionado se orienta al diseño e implementación de un tanque fijo de almacenamiento de combustible para calibración interna. La propuesta se estructura mediante un modelo conceptual con enfoque cíclico que integra de manera sistemática la oferta, la producción, el modelo de negocio y el mercado interno, como se muestra en la figura 10. Este enfoque permite visualizar la interrelación estratégica entre los componentes del proyecto, asegurando coherencia operativa, sostenibilidad económica y una gestión eficiente de los recursos disponibles dentro de la organización

Figura 10

Modelo conceptual del proyecto para enfoque cíclico



Nota. El esquema representa la integración estratégica del proyecto. Elaboración propia

Marco Contextual

Empresa: PETROMIL S.A.S (Grupo Petromil), ubicación del proyecto: Planta Petromil Río Sogamoso — Betulia, Santander (nodo estratégico en oriente colombiano).

Capacidad e Infraestructura

Capacidad de almacenamiento de ~600.000 barriles en la infraestructura regional; recepción vía poliducto Ecopetrol Barrancabermeja–Bucaramanga y por carrotanques desde puertos alternos; despacho en carrotanques hacia mayoristas y clientes.

Problema Operativo

Calibración de *skids* depende de carrotanques externos (alto costo, dependencia, tiempos muertos, riesgos HSEQ). Propuesta: tanque fijo de ~3.000 galones (según su diseño) en zona de descargaderos para brindar fuente interna de producto controlado para calibraciones.

Presentación de la Empresa: Petromil S.A.S

Petromil es una empresa colombiana con más de tres décadas de experiencia en el sector energético nacional. Su sede principal se encuentra en la ciudad de Barranquilla y cuenta con presencia a nivel nacional mediante una red de terminales de almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de combustibles, gas natural y lubricantes. Fue fundada formalmente en 1997 bajo su razón social actual, evolucionando desde sus inicios en 1989 como un actor minorista hasta consolidarse como un mayorista clave dentro de la cadena de abastecimiento energético del país.

La compañía opera cinco terminales de almacenamiento de combustibles líquidos, estaciones de compresión de gas natural y sistemas logísticos de transporte por vía terrestre y marítima. Además, ofrece soluciones integrales de infraestructura energética, comercializando gasolina, diésel, gas natural vehicular e industrial, y lubricantes para

distintos sectores productivos. Actualmente, genera más de seiscientos empleos directos y miles de empleos indirectos en Colombia.

La visión corporativa de Petromil se enfoca en posicionarse entre las principales empresas mayoristas del país, liderando en soluciones logísticas y energéticas sostenibles, mediante la innovación, la eficiencia operativa y el compromiso ambiental. La compañía impulsa una estrategia de sostenibilidad que busca fortalecer su crecimiento a largo plazo y mantener un impacto positivo en las comunidades donde opera.

Metodología

Enfoque Metodológico

El presente proyecto se enmarca en un enfoque de investigación aplicada con orientación al diseño e innovación tecnológica, cuyo propósito consistió en generar una solución práctica, eficiente y sostenible al reto identificado en la operación de calibración de *Skids* de medición en la planta Petromil Río Sogamoso.

El enfoque de nuestro proyecto es cuantitativo, consiste en implementar un nuevo sistema de calibración que reduzca costos a la compañía y reduzca las horas hombre que se requiere para realizar esta labor, también se enfoca en el aumentar la eficiencia del proceso duplicando la cantidad de calibraciones que se realizan en un día.

El proyecto es de tipo no experimental ya que se desarrolla en un entorno natural donde no se puede controlar todas las variables, también nuestro proyecto consiste en observar los beneficios y efectos que producen la instalación del nuevo proceso de calibración.

La implementación de un nuevo sistema de calibración de *skids* de medición espera tener como principal alcance la reducción de costos de la empresa en este proceso, también se espera reducir los riesgos de derrame en un 95% y eliminar el riesgo de seguridad vial durante la realización del proceso de calibración, este proyecto involucra al personal técnico y administrativo que realiza o supervisa este proceso. Uno de los alcances importante de nuestro proyecto es la disminución de la dependencia de personal externo para operar la planta o realizar procesos que puedan afectar la producción de la empresa.

La metodología adoptada se fundamentó en los principios de la Gestión de la Innovación y el enfoque de resolución de problemas centrado en el usuario, los cuales permiten abordar los retos desde una perspectiva centrada en las necesidades del usuario y

en la mejora de los procesos. Este enfoque integra la comprensión del contexto, la ideación de soluciones, el diseño técnico y la validación de la propuesta, con el fin de lograr una solución innovadora y aplicable dentro de la organización.

Tipo y Diseño de Investigación

El estudio se clasificó como una investigación descriptivo-proyectivo. En su componente descriptivo, se analizó el contexto actual de calibración de los *Skids* de medición, considerando los procedimientos empleados, los recursos disponibles y las limitaciones existentes en la organización. En su componente proyectivo, se propuso y se desarrolló una solución técnica innovadora mediante el diseño de un tanque fijo especializado, orientado a la mejora de los procesos internos y al fortalecimiento del desempeño operativo.

Población y Muestra

La población estuvo conformada por el personal técnico, operativo y administrativo vinculado a los procesos de calibración y control de combustibles de Petromil Río Sogamoso.

Resultados

El presente apartado expone los resultados a partir del desarrollo del proyecto orientado al diseño de una solución innovadora para la construcción de un tanque fijo de almacenamiento de combustible en la planta Petromil S.A.S. dichas evidencias del resultado tienen correspondencia al objetivo general y específicos planteados mediante el fundamento de un enfoque metodológico estructurado que permitió analizar de manera integral los retos técnicos, operativos y de gestión asociados a la implementación de una fuente de producto controlado para la calibración y verificación del *Skids* de medición.

Los resultados del proyecto fueron obtenidos a través de la aplicación de 9 fases, las cuales conforman una guía secuencial del proceso, análisis, diseño y toma de decisiones. En este contexto, las fases incluyeron: la desmitificación de la innovación, orientada a establecer un marco conceptual y práctico acorde a las capacidades de la organización; la identificación de los retos empresariales, enfocada en las necesidades operativas y metrológicas de la planta; identificación de tendencias, que permitió incorporar buenas prácticas y referencias técnicas del sector.

Así mismo, se desarrolló un componente práctico mediante salida de campo que permitió validar las condiciones reales de operación, la infraestructura disponible y las restricciones técnicas en la zona de descargaderos. A partir de lo cual se obtuvo el diseño técnico del tanque fijo de almacenamiento que incluyeron conexiones, interconexiones y facilidades operativas para su integración como fuente de producto controlado en los procesos de calibración y verificación de los *skids* de medición. Adicionalmente se incorporó el diseño de los objetivos y resultados claves OKR junto con la validación técnica y la gestión de compras, como elementos que permitieron evaluar la viabilidad, el

impacto metrológico y la eficiencia operativa de la solución propuesta para la planta Petromil S.A.S.

Fases del Proyecto y Desarrollo Metodológico

Fase 1: Desmitificación de la Innovación

Esta fase consistió en la apropiación conceptual y práctica de la innovación enfocada a la generación de ideas disruptivas y la solución efectiva de retos reales en el sector empresarial. Para ello, se abordaron los conceptos fundamentales y los tipos de innovación tanto incremental como disruptiva, así como diversas técnicas para estimular la generación de ideas y el análisis del impacto de la innovación en sectores productivos similares.

Este proceso permitió sentar las bases para abordar el reto de la calibración de *Skids* con un enfoque innovador, comprendiendo la importancia de desarrollar soluciones efectivas, sostenibles y alineadas con las necesidades del entorno organizacional -

Fase 2: Identificación de Retos Empresariales

En esta etapa se aplicaron técnicas para detectar retos empresariales susceptibles de ser resueltos con innovación en productos o servicios. A partir del análisis en la empresa Petromil, se identificó el siguiente reto: “Para realizar la calibración de *skid* de medición, la compañía no cuenta con un tanque de combustible diseñado específicamente para esta actividad, por lo que debe usar carrotanques, lo cual genera costos adicionales y pérdidas por días sin transporte de fluidos.” Las actividades incluyeron entrevistas, revisión de procesos actuales, y análisis de costos, estableciendo un enfoque claro para el diseño de la solución.

Fase 3. Identificación de Tendencias

En esta etapa se aplicó una estrategia de vigilancia tecnológica y competitiva, con el fin de conocer los avances en sistemas de almacenamiento y calibración de combustibles. Se elaboró una bitácora de patentes donde se documentaron innovaciones relacionadas con materiales, configuraciones estructurales, instrumentos de medición y sistemas de seguridad.

Esta información sirvió de base para definir los lineamientos técnicos y de diseño que orientaron el desarrollo del prototipo.

Fase 4. Componente Práctico – Salida de Campo

Se efectuó la visita técnica a la planta Petromil Río Sogamoso a través de videollamada, donde se recopilaron datos operativos y de seguridad.

A partir de esta información se construyeron los siguientes insumos metodológicos relacionados en la figura 11.

Fase 5. Diseño del Producto y del Servicio

En esta fase se implementó la metodología del enfoque de resolución de problemas centrado en el usuario, la cual guio el diseño del producto de manera centrada en el usuario y en las necesidades operativas de la empresa.

A través de la tabla 3, se presenta una síntesis de las etapas y herramientas empleadas para el desarrollo del proyecto, mediante las cuales se identificaron e implementaron las soluciones para gestionar las necesidades de la organización Petromil S.A.S, relacionadas con la calibración de los *skids* de medición.

Figura 11*Ejes analíticos del proyecto*

Nota. El modelo ilustra la interrelación entre los elementos estratégicos y metodológicos que fundamentan el desarrollo y evaluación del proyecto. Elaboración propia.

Fase 6. Diseño de OKR

Se establecieron los Objetivos y Resultados Clave (OKR) como instrumento de seguimiento y medición del impacto de la propuesta de innovación.

Este modelo permitió viabilizar los propósitos generales en metas cuantitativas y cualitativas, facilitando la evaluación del desempeño de cada integrante del equipo de trabajo en relación con la construcción y diseño del tanque fijo de almacenamiento de combustible para calibración de los *skids* de medición en la planta Petromil Río Sogamoso. Los OKR se estructuraron con base en los criterios de eficiencia operativa, sostenibilidad, seguridad industrial y autonomía técnica, alineados con los objetivos estratégicos de la organización. En la tabla 1 se presenta la metodología de enfoque para la resolución de

problemas, aplicado a la percepción del usuario con el fin de identificar los criterios más relevantes y asegurar su alineación con la estrategia corporativa

Tabla 1

Metodología de enfoque de resolución de problemas centrada en el usuario

Etapa	Método/Herramienta	Finalidad
Empatizar	Mapa recorrido del cliente	Analizar la experiencia de los operadores durante el proceso de calibración y detectar oportunidades de mejora.
Definir	Mapa de empatía	Identificar y priorizar las necesidades, percepciones y expectativas de los usuarios internos.
Idear	Lluvia de ideas	Generar alternativas innovadoras para el diseño del tanque, considerando criterios de seguridad y funcionalidad.
Prototipar	Diagramas P&ID	Representar el flujo del sistema, instrumentación y componentes técnicos del tanque fijo.
Probar	Encuesta de satisfacción	Se aplicó una encuesta a los técnicos y operadores para validar la viabilidad y aceptación del diseño

Nota. Contiene el análisis y desarrollo de las fases de la metodología de enfoque de resolución de problemas centrada en el usuario aplicada al proyecto.

Los principales resultados esperados del proyecto incluyen la reducción del 100% en los gastos por alquiler de carrotaques, un aumento en la productividad del 40%, la disminución del 80% en los tiempos muertos operativos y la eliminación del 95% de los riesgos asociados a derrames y accidentes. Así mismo, se proyecta la recuperación total de la inversión en un plazo estimado de 1,62 años, lo que evidencia la viabilidad económica y el impacto operativo de la propuesta.

Informe de Conceptualización. En la tabla 2, se expone la conceptualización de la metodología OKR (*Objectives and Key Results*) utilizada en el desarrollo metodológico del proyecto, con el propósito de identificar los objetivos clave y evaluar el impacto en función de los resultados obtenidos de las acciones implementadas. Esta metodología permite establecer una relación directa entre los objetivos estratégicos de la organización y los resultados operativos, garantizando coherencia en la planificación y ejecución.

Diseño de Objetivos OKR. En este apartado se expone el registro de los objetivos establecidos bajo la metodología OKR (*Objectives and Key Results*) y los indicadores clave correspondientes, con el propósito de facilitar el seguimiento y la evaluación final de la implementación del proyecto. Los resultados asociados a las eficiencias económicas y operativas derivadas de dicha implementación se encuentran desarrollados en el Apéndice B.

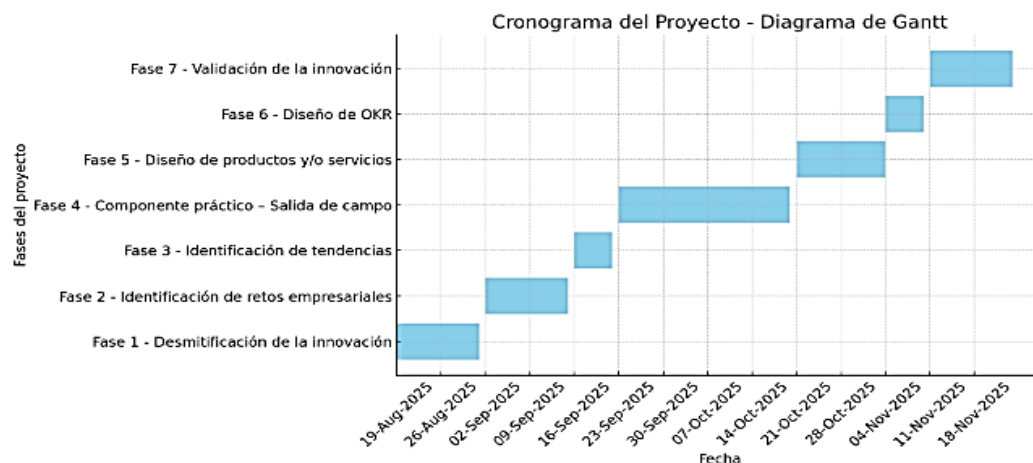
En la figura 12, se representa gráficamente el cronograma de actividades planificado para el desarrollo de cada una de las fases contempladas para el desarrollo metodológico e implementación del proyecto en Petromil S.A.S.

Tabla 2

Conceptualización estructurada de los objetivos OKR establecidos para el proyecto

Concepto	Definición	Características
Objetivo (O)	Método empleado para el seguimiento de objetivos que mediante la definición de resultados clave medibles asociados al objetivo permite que de forma periódica se evalúe el progreso de los objetivos planteados con el fin de identificar y focalizar donde se requiere un fortalecimiento adicional y/o rediseño.	Son diseñados en conjunto con el equipo Pueden ser cuantitativos o cualitativos Se ajustan a los macroobjetivos definidos por la compañía Incluye variables secundarias que impactan el resultado final y el funcionamiento de la organización.
Resultado Clave (KR)	Indicadores clave o resultados clave definidos para cuantificar el progreso del objetivo planteado, estos resultados claves se diseñan limitados en el tiempo para ser medibles periódicamente.	Acciones cuantitativas Limitados en el tiempo Acciones concretas Acciones medibles

Nota. Conceptualización con las definiciones más relevantes.

Figura 12*Diagrama de Gantt – Cronograma del Proyecto*

Nota. Se hace referencia al cronograma de las fases para el desarrollo del proyecto. Elaboración propia.

Procesamiento y Análisis de la Información. La información recolectada se procesó mediante un análisis descriptivo de los datos cualitativos obtenidas a partir de entrevistas y observaciones, complementado con un análisis comparativo de costos, tiempos y eficiencia antes y después de la propuesta. De igual manera se realizó una evaluación económica orientada a calcular los ahorros anuales y los indicadores de retorno de inversión (ROI), junto con una evaluación técnica destinada a verificar el cumplimiento de las normas de seguridad y operación. Finalmente, los resultados de estos procedimientos fueron integrados para validar la viabilidad técnica, económica y operativa del diseño del tanque fijo.

Fase 7: Validación del Proyecto

La validación del proyecto se llevó a cabo mediante la revisión técnica del diseño P&ID realizad por ingenieros de proceso, complementada con encuestas de percepción aplicadas a los

usuarios finales y con una evaluación de desempeño fundamentada en los OKR previamente definidos. Este enfoque integral permitió verificar la coherencia del diseño, recoger la opinión de los actores involucrados y medir el grado de cumplimiento de los objetivos estratégicos, asegurando así la solidez técnica y la pertinencia operativa de la propuesta.

Cronograma de Actividades. En la tabla 3 de manera clara para el desarrollo de la metodología de cada fase.

Tabla 3

Cronograma de actividades de la ejecución del proyecto

Fase	Inicio	Fin	(días)
Fase 1 - Desmitificación de la innovación	19/08/2025	01/09/2025	13
Fase 2 - Identificación de retos empresariales	02/09/2025	15/09/2025	13
Fase 3 - Identificación de tendencias	16/09/2025	22/09/2025	6
Fase 4 - Componente práctico – Salida de campo	23/09/2025	20/10/2025	27
Fase 5 - Diseño de productos y/o servicios	21/10/2025	04/11/2025	27
Fase 6 - Diseño de OKR	04/11/2025	10/11/2025	6
Fase 7 - Validación de la innovación	11/11/2025	24/11/2025	13

Nota: contiene la información correspondiente al cronograma establecido para las fases del proyecto.

El diseño e implementación del tanque fijo de almacenamiento de ~3.000 galones en la zona de descargadero de la planta Petromil Río Sogamoso, logra transformar los desafíos iniciales planteados en resultados medibles en tres áreas clave, las cuales son: Económica o financiera, operacional o eficiencia operativa y seguridad.

Resultados Económicos y Financieros. El proyecto elimina por completo la dependencia de contratación de tractocamiones como apoyo en la realización de corridas de calibración, generando un impacto económico directo y sustancial:

Ahorro operativo anual: Se proyecta un ahorro anual de \$53.777.000 COP, derivado de la eliminación de costos de alquiler de mulas o carrotanques, gastos logísticos y tiempos improductivos.

Eliminación de costos por alquiler: Se logra eliminar el 100% de los pagos por alquiler de vehículos cisterna, que actualmente ascienden a \$3.900.000 COP por día de operación.

Retorno de inversión: La inversión inicial de \$87.224.840 COP tiene una proyección de recuperación total en un plazo máximo de 1.62 años, sustentada por los ahorros anuales generados por el nuevo sistema.

Resultados Operacionales y de Eficiencia. La solución incrementa la autonomía y optimiza significativamente el trabajo durante las jornadas de calibración:

Optimización del proceso: Se logra un porcentaje del 40% de aumento en la eficiencia del proceso de calibración.

Reducción de tiempos muertos operativos: Se elimina el 100% de los casos de cancelaciones o ausentismos del carrotanque alquilado, y se reducen a cero las horas de espera por disponibilidad de llegada a planta del vehículo externo.

Aumento de Productividad: Se logra reducir la duración promedio de las corridas de calibración (realizadas trimestralmente) de 5 días a 3 días, incrementando la disponibilidad de los skids y la productividad del personal técnico en un 40%.

Tiempo de Alistamiento: Se optimiza el tiempo de alistamiento de los equipos de medición, logrando una reducción aproximada del 80%, esta reducción de tiempo se basa generalmente en el reemplazo de equipo portátil como la instalación de mangueras por conexiones fijas y seguras.

Resultados en Seguridad, Salud y Medio Ambiente. El diseño del sistema fijo disminuye los riesgos inherentes al uso de equipos móviles como vehículo, mangueras y personal externo:

Reducción del Riesgo de Derrames: Se reduce el riesgo de derrames en un 95% mediante la instalación de tuberías de alta calidad y la sustitución de acoples portátiles por tuberías fijas y soldadas.

Reducción del riesgo de explosión: Se logra una reducción de alrededor del 80% en el riesgo de explosiones al eliminar el retorno del producto al vehículo generando saturación de vapores en la zona de descargadero.

Seguridad Vial y Emisiones: Se elimina el riesgo en accidentes de tránsito al prescindir del uso del carrotanque y se reducen las emisiones de CO₂ al no utilizar motores Diésel para el proceso de calibración.

Ergonomía del Personal: Se mejora en cerca de un 90% las condiciones ergonómicas del personal, disminuyendo la probabilidad de lumbalgias asociadas a la manipulación y drenaje de mangueras pesadas.

Determinar el Emplazamiento más Adecuado. Luego de la inspección del área de operaciones de la planta se determina el lugar más adecuado para la construcción de nuestro proyecto, teniendo en cuenta la seguridad del operario y de la operación y el aumento de la eficiencia del proceso comparado con el proceso que hoy en día se utiliza para el proceso de calibración.

Elaborar el Diseño Técnico del Tanque Fijo de Almacenamiento de Combustible. Seguido de la elección del lugar adecuado para la construcción del proyecto se realiza el diseño técnico del proyecto de manera más detallada, incluyendo planos hidráulicos, tuberías y espacios a escala para la puesta en marcha de la construcción de nuestro proyecto.

Gestionar los Proveedores. En conjunto con el personal administrativo se realiza estudio de proveedores activos de la empresa para iniciar proceso de selección del proveedor más apto para realizar el proyecto teniendo en cuenta la calidad y las normas que todo el proyecto debe cumplir para garantizar una etapa de construcción sin accidentes y bajo todos los estándares de calidad que las líneas de fluido requieren para no tener fugas o contaminación de los entornos de la planta más adelante.

Conclusiones

El análisis integral del sistema de calibración permitió identificar oportunidades significativas de mejora en eficiencia, seguridad y autonomía operativa. La incorporación de un tanque fijo de almacenamiento con su respectiva red de tuberías e instrumentación representa una solución concreta y sostenible a las limitaciones presentes en los métodos convencionales basados en carrotanques. Esta transformación no solo optimiza los tiempos de alistamiento y operación, sino que fortalece la confiabilidad de los procesos y reduce la exposición del personal a riesgos físicos y ambientales.

La innovación planteada integra un enfoque técnico sólido con principios de ergonomía y seguridad industrial, garantizando condiciones más seguras y productivas para los operarios. Al eliminar la manipulación de mangueras pesadas, se logra una disminución cercana al 90 % en el riesgo de lumbalgias y lesiones musculares, mientras que la sustitución de acoples portátiles por líneas fijas y soldadas reduce en aproximadamente un 80 % la probabilidad de fugas, derrames o explosiones. Estos avances se traducen en una operación más controlada, confiable y alineada con las buenas prácticas de salud, seguridad y ambiente.

Desde el punto de vista operativo, la reducción del tiempo de alistamiento de equipos en un 80 % impulsa la eficiencia del proceso, permitiendo una mayor disponibilidad de los *skids* de medición y una optimización de los recursos humanos y materiales. A su vez, la eliminación de la dependencia de servicios externos genera un impacto económico positivo al reducir los costos recurrentes asociados con el alquiler de vehículos de calibración, mejorando la competitividad y sostenibilidad financiera de la planta.

El enfoque metodológico aplicado permitió que la solución no se limitara a una mejora técnica, sino que se convirtiera en un modelo de gestión de innovación aplicable a otros procesos de la organización. La integración de criterios de sostenibilidad, trazabilidad y responsabilidad ambiental refuerza la visión empresarial hacia una operación más autónoma, eficiente y comprometida con la calidad. Este proceso demuestra que la innovación industrial puede surgir del conocimiento interno y de la comprensión profunda de las necesidades reales de operación, sin depender exclusivamente de soluciones externas o de alto costo tecnológico.

Durante la etapa de investigación para la mejora del proceso de calibración de los equipos el primer obstáculo al que nos enfrentamos fue que la empresa no contaba con un programa de innovación o un paso a paso para informar sobre la idea de innovación a nuestros superiores, así que se creó un link en el cual podemos informar de manera rápida al personal administrativo de la detección de un problema el cual se le puede dar solución mediante un proyecto que aumente la eficiencia de un proceso o reducir los costos de algún procedimiento en la parte operativa.

Al momento de decidir un plan de acción para dar solución al problema encontrado el más grande acierto fue contar en el equipo de trabajo con un supervisor de operaciones que cuenta conocimiento en el proceso a mejorar y que tiene años de experiencia en la planta, esto nos permitió establecer de manera rápida el lugar óptimo para construir nuestro proyecto y diseñar el plano técnico del mismo.

Recomendaciones

Basado en los resultados y la justificación de la innovación, se emiten las siguientes recomendaciones clave para el equipo operativo de planta Petromil Rio Sogamoso:

Implementación y Seguimiento Estratégico

Priorizar la Ejecución del Plan de Inversión: Dado el rápido retorno proyectado (1.62 años) y el ahorro anual de \$53.777.640 COP, se recomienda la aprobación inmediata del presupuesto para la construcción e instalación del tanque de ~3.000 galones en la zona de descargadero.

Integración de OKR en el sistema de gestión: Se debe adoptar formalmente la metodología OKR diseñada en la fase 6 para el seguimiento trimestral de los resultados. La meta de reducir a cero el gasto anual en contratación de servicios de calibración externa (KR.1.1) debe ser el principal pilar de lanzamiento del proyecto.

Estandarización Operativa y Procedimental

Requisitos operativos de construcción: Realizar construcción de tanque sobre pollo de concreto elevado, con el objetivo de aumentar la presión hidrostática sobre el patín de medición, el diámetro de las tuberías no debe exceder las 4 pulgadas, las válvulas utilizadas que sean tipo bola, las cuales brindan una mayor facilidad en la apertura y cierre, instalar cheque antirretorno en líneas que conducen a tanques de almacenamiento.

Desarrollo de instructivos internos: Crear nuevo instructivo operativo estandarizado que capacite en el manejo de la nueva infraestructura. Esto debe incluir la capacitación del personal en el manejo del nuevo sistema de tuberías fijas como apoyo al sistema de corridas de calibración.

Fortalecimiento en Seguridad Operativa

Una vez instalado el sistema de tuberías fijas y soldadas, se recomienda realizar una revisión y prueba controlada que ratifique la mitigación del riesgo de derrames y explosiones, como se proyecta en los OKR, para fortalecer la seguridad operativa de la planta.

Referencias bibliográficas

- American Petroleum Institute. (2021). *API 650: Welded Steel Tanks for Oil Storage (2021 ed.)*.
API.
https://haisms.ir/images/iso/638223455526243194API%20650%202021.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Barona López, G., & Velasteguí, L. E. (2021). *Automatización de procesos industriales mediante Industria 4.0. Alfa Publicaciones*, 3(3.1), 98–115. <https://doi.org/10.33262/ap.v3i3.1.80>
- Borja Torres García, A. (2020). *Diseño de tanques de almacenamiento*. Repositorio Institucional de la Universidad de La Laguna. <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/20638>
- Brunetta, H. (2023). *OKRs y métricas de negocios: metodologías ágiles para resultados exitosos. ¿Qué es un OKR? Pp. (26 – 31) Pluma Digital Ediciones*. <https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/ereader/unad/231789>
- Brunetta, H. (2023). *OKRs y métricas de negocios: metodologías ágiles para resultados exitosos. Como introducir la metodología OKR en una organización Pp. (51 – 69) Pluma Digital Ediciones*. <https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/ereader/unad/231789>
- Elías Suárez, A., Jiménez Borge, R., Castillo Alvare, Y. & Iturralde Carrera, L.A., (2022). *Sistema de recirculación para mejorar eficiencia en la calibración de caudalímetros másicos tipo Coriolis*. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(4), 285-290.
<http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v14n4/2218-3620-rus-14-04-285.pdf>
- García González, J. A. (2022). *Diseño e implementación de un sistema automatizado de suministro de combustible ACPM para una planta diésel de emergencia*.
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/55600>

GIM Institute, (2013), *Introducción al Proceso de Innovación*.

<https://certifications.giminstitute.org/mod/resource/view.php?id=10144>

Kang, W., Shin, J., Yoon, B., Kil, S., Yim, S., Han, W., & Baek, U. (2022). *Investigation of a Calibration Method of Coriolis Mass Flowmeters by Density- and Pressure-Matching Approaches for Hydrogen Refueling Stations*. *Applied Sciences*, 12(24), 12609.

<https://doi.org/10.3390/app122412609>

León, M. Á. (2021). *De Experto Gestor a Líder Ágil*. *CCA Insight*, 8, 42–45. <https://research-ebsco-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=42b5f99b-ff29-3a00-95ff-a635756033dd>

Martínez, A. F. (2021). *Aplicación computacional para el control de llenado de tanques de almacenamiento y mezclas de combustibles con aditivos*.

<http://hdl.handle.net/11349/28344>

Meškuotienė, A. (2022). *Calibration Periodicity of Fuel Tanks Assigned to Legal–Metrological Supervision*. *Sustainability*, 14(16), 9817. <https://doi.org/10.3390/su14169817>

(OKR review) López, M. K. (2025). *OKRs as a results-focused management model: systematic literature review*. (Revisión/Artículo).

https://www.researchgate.net/publication/364701997_OKRs_as_a_results-focused_management_model_a_systematic_literature_review

Petromil S.A.S. (s. f.). *¿Qué hacemos? – Propuesta 2025*. <https://www.petromil.com/que-hacemos-propuesta-2025/>

Petromil S.A.S. (s. f.). *Quiénes somos*. <https://www.petromil.com/quienes-somos/>

Petromil S.A.S. (s. f.). *Grupo Petromil*. <https://www.petromil.com/>

Petromil: 11 años de compromiso con la RSE. (2024). World Confederation of Businesses.

<https://worldcob.org/es/petromil-11-anos-de-compromiso-con-la-rse/>

Petróleos del Milenio S.A.S. (Petromil). (2025). *Registro de empresa.* Ministerio de Minas y

Energía. https://www.minenergia.gov.co/documents/5278/E._31040.pdf

SMAR. (s. f.). *Medición de flujo (fluido).* <https://www.smar.com.br/espanol/articulos->

[tecnicos/medicion-de-flujo](https://www.smar.com.br/espanol/articulos-tecnicos/medicion-de-flujo)

Tapia Esquivias, E., et al. (2024). *Sistemas de medición: definición y calidad de datos.* *Revista*

ECI, 13(25).

https://www.reci.org.mx/index.php/reci/article/download/113/429/?utm_source=chatgpt.c

[om](#)

Apéndice A

Tabla relacional de antecedentes teóricos, técnicos y normativos del proyecto

Fuente/Año	Titulo	Metodología	Resultados	Aporte al proyecto
Suárez et al. 2022	Sistema de recirculación para mejorar la eficiencia en la calibración de caudalímetros básicos tipo Coriolis.	Investigación aplicada mediante pruebas experimentales en bancadas de calibración	Identificó que los sistemas de recirculación reducen significativamente pérdidas de producto y estabilizan las condiciones de caudal	Diseñó e implementación un sistema de recirculación para mejorar la eficiencia y la repetibilidad en procesos de calibración industrial.
Kang et al. 2022	<i>Investigation of a Calibration Method of Coriolis Mass Flowmeter.</i>	Estudio experimental comparativo utilizando <i>Density Matching</i> y <i>Pressure Matching</i> .	Determinó que los métodos alternativos de calibración incrementan la exactitud y disminuyen la incertidumbre en condiciones variables, contribuyendo al diseño de	Procedimientos trazables para condiciones especiales (p. ej. hidrógeno). Aporta criterios metrológicos y metodológicos

			protocolos de calibración más robustos	aplicables a validación de <i>skids</i>
<i>American Petroleum Institute</i> (API 650, ed. 2021)	<i>Welded Steel Tanks for Oil Storage.</i>	Estándar basado en requisitos estructurales y ensayos.	Definió parámetros críticos de seguridad y diseño que aseguran estabilidad estructural y una mayor vida útil del tanque en operación industrial.	Lineamientos técnicos para el diseño de tanques soldados de hidrocarburos, base para su dimensionamiento, materiales y seguridad.
Revisiones metodológicas sobre OKR. 2025	Revisiones metodológicas sobre OKR.	Revisión sistemática de literatura.	Evidenció que la adopción de OKR permite mejorar el seguimiento de metas operativas, facilitar la alineación estratégica y promover la mejora continua en proyectos técnicos.	Evidencia de uso de OKR como herramienta de seguimiento de resultados operativos e innovación en organizaciones.

Apéndice B

Tabla que evidencia el registro detallado de los OKR diseñados para el seguimiento y evaluación del proyecto

Objetivo (O)	Resultados Clave (KR)
<p>O.1. Construir tanque de almacenamiento de combustible para la eliminación de la dependencia de terceros en la realización de corridas de calibración de planta Petromil Rio Sogamoso.</p>	<p>KR.1.1. Reducir el gasto anual en contratación de servicios de calibración externa a 0 COP, al entrar en operación el tanque.</p> <p>KR.1.2. Aumento de calibraciones diarias al pasar de un <i>Skid</i> con 1 producto calibrado a 1 <i>Skid</i> con dos productos calibrados.</p> <p>KR.1.3. Reducir en un 80% los tiempos muertos durante las jornadas de calibración por dependencia de terceros.</p>
<p>O.2. O Reducir los tiempos muertos operativos en las corridas de calibración de equipos con vehículo patrón, mediante la construcción de un tanque de almacenamiento de combustible patrón que cumpla con todos los estándares de calidad, permitiendo</p>	<p>KR. 2.1. Reducir a cero las horas de espera por disponibilidad del vehículo requerido para calibración.</p> <p>KR. 2.2. Disminuir en un 50 % el tiempo promedio de cargue del producto para la calibración.</p>

una optimización de la programación y garantizando un uso eficiente de los recursos.

O.3. Diseñar e implementar un sistema propio de almacenamiento de combustible que permita reducir en al menos un 90 % los costos operativos asociados a la calibración y verificación de los *skids* de medición, eliminando el alquiler de mulas o carrotanques, incrementando la eficiencia del proceso en un 40 % y garantizando autonomía, disponibilidad y sostenibilidad operativa de la planta.

KR. 2.3. Eliminar el 100 % de los casos de cancelaciones o ausentismos del proveedor durante las calibraciones.

KR. 3.1. Eliminar el 100 % de los pagos por alquiler de mulas o carrotanques utilizados en la calibración de los *skids* de medición (actualmente \$3.900.000 por día de operación).

KR 3.2. Reducir la duración promedio de las corridas de calibración de 5 días a 3 días por trimestre, aumentando la productividad del personal técnico y la disponibilidad de los *skids* en un 40 %.

KR 3.3. Generar un ahorro anual estimado de \$53.777.000, derivado de la eliminación de costos de alquiler, gastos logísticos y tiempos improductivos.

KR 3.4. Alcanzar la recuperación total de la inversión inicial de \$87.224.840 en un plazo máximo de 1,62 años, sustentada en los ahorros anuales del nuevo sistema.

O.4 Disminuir accidentes mientras se realiza la calibración de los *Skids* debido a que se realiza por el personal interno de la empresa que cuenta con alta capacitación en HSEQ y cuenta con todos lo EPPs necesarios y en buen estado para realizar esta labor.

O.5. Implementar un sistema fijo de suministro de combustible para calibración que permita disminuir el tiempo de alistamiento de equipos portátiles y eliminar la necesidad de drenaje manual de mangueras, optimizando la seguridad, ergonomía y eficiencia operativa del proceso.

KR 4.1 Eliminar el riesgo en seguridad vial ya que se elimina el camión cisterna utilizado anteriormente para el procedimiento de calibración.

KR 4.2 Reducir las emisiones de CO₂ ya que no se utilizan motores Diesel para realizar la maniobra.

KR 4.3 Reducir el riesgo de derrames en un 95% ya que el proyecto cuenta con la instalación de tuberías de alta calidad e instalada por personal capacitado en soldadura especializada.

KR 5.1 Optimizar el tiempo de alistamiento de los equipos, logrando una reducción aproximada del 80%

KR 5.2 Mejorar las condiciones ergonómicas del personal operativo, disminuyendo en cerca de un 90% la probabilidad de lumbalgias asociadas a la manipulación y drenaje de mangueras pesadas.

KR 5.3 Incrementar la seguridad del sistema de calibración, con la reducción de un 80% el riesgo de explosiones o derrames mediante la sustitución de acoples portátiles por tuberías fijas y soldadas.
