



**Universidad
Norbert Wiener**

Powered by **Arizona State University**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y
DE GESTIÓN EMPRESARIAL**

Trabajo de Suficiencia Profesional

Implementación de techo interno flotante para reducir la pérdida de combustible en
tanques de almacenamiento para una empresa pública, Piura 2023

**Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial y de Gestión Empresarial**

Presentado por:

Autora: Auris Quispe, Alison Valeria


Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8452-2477>

Asesor: Mg. Girao Silva, Daves

Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0351-3666>

Lima – Perú

2025

 Universidad Norbert Wiener	DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA Y DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	
	CÓDIGO: UPNW-GRA-FOR-033	VERSIÓN: 01 REVISIÓN: 01

Yo, Alison Valeria Auris Quispe egresado de la Facultad de **Ingeniería** y Negocios, Escuela Académica Profesional de **Ingenierías** de la Universidad privada Norbert Wiener declaro que el trabajo de investigación "**Implementación de techo interno flotante para reducir la pérdida de combustible en tanques de almacenamiento para una empresa pública, Piura 2023.**" Asesorado por el docente: Mg. Daves Girao Silva, DNI 42259042, ORCID 009-0005-0351-3666 tiene un índice de similitud de **8 (ocho) %** con OID: 14912:420310672, verificable en el reporte de originalidad del software Turnitin.

Así mismo:

1. Se ha mencionado todas las fuentes utilizadas, identificando correctamente las citas textuales o paráfrasis provenientes de otras fuentes.
2. No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquella señalada en el trabajo.
3. Se autoriza que el trabajo puede ser revisado en búsqueda de plagios.
4. El porcentaje señalado es el mismo que arrojó al momento de indexar, grabar o hacer el depósito en el turnitin de la universidad y,
5. Asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión en la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas del reglamento vigente de la universidad.



.....
 Firma de autor 1
 Alison Valeria Auris Quispe
 DNI:47504660

.....
 Firma de autor 2
 Nombres y apellidos del Egresado
 DNI:



.....
 Firma
 Nombres y apellidos del Asesor: Daves Girao Silva
 DNI: 42259042

Índice general

RESUMEN.....	VIII
INTRODUCCIÓN	X
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EXPERIENCIA	12
1.1. RESEÑA DE LA EMPRESA	12
1.2. UBICACIÓN Y ACTIVIDAD EMPRESARIAL.....	13
1.3. MISIÓN, VISIÓN Y VALORES DE LA EMPRESA	13
1.3.1. Misión	13
1.3.2. Visión	13
1.3.3. Valores de la empresa	14
1.4. DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DESARROLLADO Y SU ENTORNO	14
1.5. PROBLEMÁTICA Y OBJETIVOS TRAZADOS	17
1.5.1. Problema general.....	19
1.5.2. Problemas específicos	20
1.5.3. Objetivo general	20
1.5.4. Objetivos específicos.....	20
CAPÍTULO II. FUNDAMENTO DEL TEMA ELEGIDO	21
2.1. BASES TEÓRICAS	21
2.1.1. La teoría de la flotabilidad.....	21
2.1.2. La teoría de la seguridad industrial	22
2.1.3. La teoría de sistemas	23
2.1.4. La teoría del caos.....	25
2.1.5. La teoría del control	26
2.1.6. La teoría de contingencia	27
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	27
2.2.1. Techo interno flotante	27
2.2.1.1. Material del Techo Interno Flotante.....	32
2.2.1.2. Diseño del Techo Interno Flotante	32

2.2.1.3.	Método de instalación para un Techo Interno Flotante	33
2.2.1.4.	Características de un Techo Interno Flotante	33
2.2.1.5.	Tipos de techo interno flotante.....	34
2.2.1.6.	Ventajas del Uso de Techos Internos Flotantes.....	36
2.2.2.	Tanque de almacenamiento de hidrocarburos	36
2.2.2.1.	Aspecto Físico del Tanque de Almacenamiento de Hidrocarburo	38
2.2.2.2.	Aspectos operativos del Tanque de Almacenamiento de Hidrocarburo.....	38
2.2.2.3.	Aspecto de seguridad del Tanque de Almacenamiento de Hidrocarburo	39
2.2.2.4.	Tipos de tanques de almacenamiento de hidrocarburos	39
2.2.2.5.	Características del Tanque de Almacenamiento de Hidrocarburo	40
2.2.3.	Programa Tanks 4.09.....	41
2.3.	ANTECEDENTES	42
2.4.	JUSTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ELEGIDA.	44
2.4.1.	Justificación teórica.....	44
2.4.2.	Justificación Practica.....	45
2.4.3.	Justificación Metodológica.....	45
CAPÍTULO III: APORTE Y DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA		47
3.1.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	47
3.2.	DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA	48
3.2.1.	Etapas de Diseño.....	51
3.2.2.	Etapas de instalación del Techo Interno flotante	60
3.2.2.1.	Recursos requeridos	60
3.2.2.2.	Procedimiento.....	62
3.2.3.	Etapas Prueba de flotabilidad.....	69
3.3.	MODELADO DE LA PROPUESTA O SOLUCIÓN	70
3.4.	RESULTADOS	73
CONCLUSIONES		76
RECOMENDACIONES		76

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 78

Índice de tablas

Tabla 1 Resumen de Versatilidad.....	54
Tabla 2 Características del tanque 11D-8.....	60
Tabla 3 Características Obtenidas del Programa.....	73
Tabla 4 Costo Actuales de Productos.....	74
Tabla 5 Costo Total por Galones.....	74
Tabla 6 Perdida Económico por el Costo de los Galones.....	74

Índice de figuras

Figura 1 Ubicación en Google Maps.....	13
Figura 2 Organigrama del proyecto en la empresa CIME ingenieros SRL.....	16
Figura 3 Bosquejo del Techo Flotante y su Cubierta Interna.....	28
Figura 4 Proceso de Evaporación de petróleo en tanque de almacenamiento.....	29
Figura 5 Techo flotante de cubierta interna del tanque de almacenamiento de combustible	29
Figura 6 Ejemplo de Techo Interno Flotante.....	30
Figura 7 Esquema de Funcionalidad del Techo Flotante	30
Figura 8 Tanque con Techo Fijo	31
Figura 9 Tanque de Techo Flotante Interno	31
Figura 10 Árbol de problemas.....	47
Figura 11 Árbol de Causa - Efecto	48
Figura 12 Oleoducto Norperuano.....	49
Figura 13 Terminal Bayóvar	50
Figura 14 Evaluación de la verticalidad de un cilindro.....	52
Figura 15 Diagrama polar.....	52
Figura 16 Gráfica de un análisis de la redondez.....	53
Figura 17 Diseño completo techo Universal	55
Figura 18 Orientación Techo Interno Flotante	55
Figura 19 Disposición de vigas	56
Figura 20 Disposición de pontones	56
Figura 21 Disposición de láminas de aluminio de cubierta.....	57
Figura 22 Diseño de riel	57
Figura 23 Diseño de pontones vista 1	58
Figura 24 Diseño de pontones	58

Figura 25 Gráfico Metodológico del Procedimiento.....	59
Figura 26 Instalación de Soportes Regulables.....	63
Figura 27 Ingreso del Ring Plate.....	65
Figura 28 Levantamiento del Rim Plate.....	65
Figura 29 Instalación y Presentación de los Rieles.....	66
Figura 30 Presentación e Instalación de los Pontones Principales.....	66
Figura 31 Presentación e Instalación de Zapatas Metálicas.....	67
Figura 32 Colocación de Rieles.....	67
Figura 33 Diagrama del Flujo del Proceso.....	68
Figura 34 Software TANKS 4.09d.....	73
Figura 35 Grafica de Perdida Anual en Soles.....	75

Resumen

El presente informe tiene como objetivo presentar la solución a la problemática de pérdida de combustible en los tanques de almacenamiento del terminal Bayóvar, perteneciente al oleoducto Nor Peruano de Petroperú – Piura, mediante la instalación de un sistema de techo interno flotante. Este sistema busca reducir la evaporación de combustible dentro del tanque de almacenamiento.

Siguiendo la normativa API 650, se implementó un techo interno flotante adaptado al tipo de tanque ubicado en el terminal Bayóvar (Modelo Ruso), convirtiéndose en el primer TIF instalado en dicha ubicación.

La implementación comenzó con la etapa de diseño, que incluyó un estudio previo de verticalidad y redondez del tanque, el cual fue comparado con los planos del mismo para seleccionar el diseño adecuado del techo interno flotante. En la fase de instalación, se descargaron y revisaron los materiales, y se preparó el interior del tanque mediante protección con plástico y cartón. A continuación, se montó la estructura provisional y se procedió al ensamblaje de las piezas correspondientes. Tras completar este proceso, se retiró la estructura provisional para iniciar las pruebas de flotabilidad, asegurando la estanqueidad y evitando posibles fugas de producto.

Los resultados comparativos, obtenidos mediante el programa Tanks 4.09, muestran que la evaporación de crudo en el tanque sin TIF era de 110,789.52 galones, mientras que con el TIF instalado se redujo a 582.42 galones, alcanzando una eficiencia del 99.5% en la disminución de pérdidas por evaporación.

Palabras clave: Techo interno flotante, evaporización, flotabilidad, crudo

Abstract

The purpose of this report is to present the solution to the problem of fuel loss in the storage tanks of the Bayovar terminal, belonging to the Nor Peruvian oil pipeline of Petroperu - Piura, through the installation of an internal floating roof system. This system seeks to reduce fuel evaporation inside the storage tank.

Following API 650 standards, a floating internal roof adapted to the type of tank located at the Bayovar terminal (Russian Model) was implemented, becoming the first TIF installed at that location.

The implementation began with the design stage, which included a previous study of the verticality and roundness of the tank, which was compared with the tank drawings to select the appropriate design of the internal floating roof. In the installation phase, the materials were unloaded and checked, and the inside of the tank was prepared with plastic and cardboard protection. Next, the temporary structure was assembled and the parts were assembled. After completing this process, the provisional structure was removed to start the buoyancy tests, ensuring watertightness and avoiding possible product leaks.

The comparative results, obtained using the Tanks 4.09 program, show that crude evaporation in the tank without TIF was 110,789.52 gallons, while with the TIF installed it was reduced to 582.42 gallons, reaching an efficiency of 99.5% in the reduction of evaporation losses.

Keywords: Internal floating roof, evaporation, buoyancy, crude oil

Introducción

El almacenamiento de combustibles en el sector de hidrocarburos representa una etapa crucial dentro de la cadena de valor del petróleo, funcionando como un punto intermedio entre la extracción y la distribución. Sin embargo, esta etapa enfrenta desafíos significativos debido a las pérdidas económicas y ambientales generadas por la evaporación de los hidrocarburos durante el almacenamiento. Estas pérdidas no solo impactan la eficiencia operativa, sino que también contribuyen al deterioro ambiental a través de la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV) a la atmósfera. En este contexto, la implementación de tecnologías innovadoras como los techos internos flotantes surge como una solución efectiva para mitigar estos problemas y optimizar las operaciones.

Los techos internos flotantes (TIF) han demostrado ser una herramienta clave para reducir las pérdidas por evaporación en los tanques de almacenamiento. Su diseño, que permite el contacto directo con la superficie del combustible, minimiza significativamente la exposición al aire y, con ello, la emisión de vapores. En países como Perú, donde las altas temperaturas agravan este problema, los TIF representan una oportunidad no solo para incrementar la eficiencia económica, sino también para cumplir con normativas ambientales cada vez más estrictas. Este informe detalla el desarrollo de un proyecto que implementa esta tecnología en el tanque 11D8 del Terminal Bayóvar, perteneciente al Oleoducto Norperuano.

El proyecto se desarrolló siguiendo los estándares establecidos por la norma API 650, asegurando la calidad y seguridad en el diseño, instalación y operación del sistema de techo interno flotante. Las etapas del proyecto incluyeron un análisis técnico inicial del tanque, el diseño y fabricación del TIF, la instalación y las pruebas de flotabilidad, logrando una eficiencia del 99.5% en la reducción de pérdidas por evaporación. Este logro no solo se

traduce en beneficios económicos significativos, sino también en una mejora sustancial del impacto ambiental, alineándose con los objetivos de sostenibilidad de la industria.

Finalmente, el informe expone los resultados obtenidos, las conclusiones derivadas del análisis y una serie de recomendaciones prácticas para garantizar la sostenibilidad y efectividad de esta solución a largo plazo. Este trabajo resalta la importancia de adoptar tecnologías modernas en la industria de hidrocarburos y su potencial para mejorar la eficiencia operativa mientras se minimiza el impacto ambiental, contribuyendo al desarrollo sostenible del sector energético.

CAPÍTULO I: Antecedentes y descripción general de la experiencia

1.1. Reseña de la empresa

La organización CIME ingenieros SRL cuenta con más de 35 años en el mercado industrial, de los cuales ha ido desarrollándose en diferentes sectores tales como, metalmecánicos, construcción civil, fabricación de tanques de almacenamiento de hidrocarburos, instalación y montaje de equipos mecánicos, gas natural y estructuras metálicas, así también el desarrollo de buenas prácticas en la gestión de proyectos. Siendo una de sus prioridades la mejora continua en sus procesos, el Sistema Integrado de Gestión de la compañía cuenta con las certificaciones de las normas ISO 9001:2015 (Sistemas de Gestión de Calidad), ISO 45001:2018 (Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo) e ISO 14001:2004 (Sistema de Gestión Ambiental) (CIME, 2017). La sede principal de la empresa se ubica en Av. Gamma 180 Parque Internacional, Callao.

RUC: 20101387101

Razón Social: CIME INGENIEROS SRL

Tipo Empresa: Sociedad de Responsabilidad Limitada

Condición: Activo

Fecha Inicio Actividades: 19 / Diciembre / 1985

CIU: 28124

Tipo de Facturación: Digital

Tipo de Contabilidad: Digital

Dirección Legal: Parque industrial, Calle Gamma 180

Distrito / Ciudad: Callao

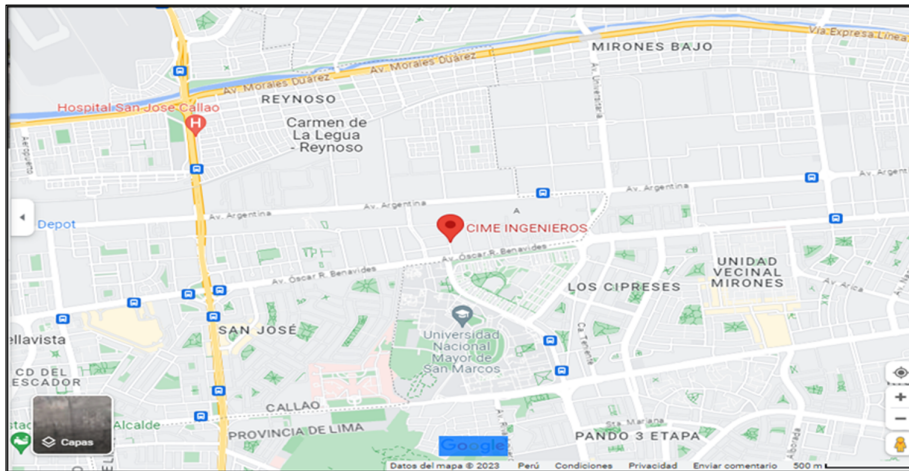
Departamento: Callao / Callao

1.2. Ubicación y actividad empresarial

La oficina central de Cime ingenieros SRL, se encuentra ubicada en Parque industrial calle Gamma 180 Callao – Callao.

Figura 1

Ubicación en Google Maps



Nota. Croquis extraído de Google Maps. 2023

1.3. Misión, visión y valores de la empresa

1.3.1. Misión

La organización CIME INGENIEROS SRL, es una contratista de capitales peruanos con miras internacionales, cuyo rol es el desarrollar proyectos que abarcan servicios de construcción, fabricación, montaje y/o mantenimiento de obras civiles y metalmecánicas; con realce en fabricación y montaje de tanques de almacenamiento de hidrocarburos y sistemas de tuberías. Para satisfacer las exigencias de sus clientes, y alcanzar sus objetivos como empresa, se apoya en un equipo de colaboradores con altas cualidades personales y profesionales, los cuales cuentan con el cumplimiento de los más exigentes estándares de seguridad, calidad y protección del medio ambiente.

1.3.2. Visión

Establecer a CIME INGENIEROS SRL a ser una de las empresas nacionales de mayor importancia en la fabricación de tanques de almacenamiento, obras civiles, montaje

y mantenimiento de tanques de almacenamiento, sistemas de tuberías y estructuras metálicas; con la consistente proyección de liderar el mercado nacional e incursionar activamente en el mercado internacional. Reconocidos por su desempeño eficiente, seguro y socialmente responsable; mejorando continuamente nuestros procesos y gestión para lograr la satisfacción del cliente.

1.3.3. Valores de la empresa

Entre los principales valores con los que cuenta CIME ingenieros se puede mencionar la transparencia de actuar en un modo sincero, el respeto que se ejerce al comprender y aceptar las condiciones que tiene cada persona como seres humanos, la lealtad al compromiso que se asume aun ante las condiciones cambiantes, el sentido de la pertenencia al mantener el constante deseo y motivación de apoyar al desarrollo y crecimiento de la organización, la solidaridad con la voluntad de apoyar al compañero cuando necesite ayuda, por último se cuenta con la responsabilidad social que se toma en cada proyecto que se ejecuta brindando el máximo cuidado con las poblaciones aledañas y medio ambiente sobre el que se trabaja.

1.4. Descripción del puesto desarrollado y su entorno

Mi desempeño laboral en CIME ingenieros comenzó en octubre del año 2020, donde en un inicio desempeñe el cargo como Administradora de obra, donde me encargaba de la logística de obra, así también en la adquisición y compra de equipos y materiales que se solicitaban, control y seguimientos de los requerimientos de materiales, servicios y económicos solicitados a Lima, manejo de caja chica y control de ingreso al personal (planilla). A partir de junio del 2021 pude desempeñarme como supervisora de campo en el mismo proyecto, realizando un trabajo de control y seguimiento a los distintas áreas que se desempeñaba el personal obrero (metalmecánica, pintura, montaje de techo interno flotante, montaje de tuberías contra incendio y línea de espuma) parte de mi labor requería generar

reportes diarios, donde se me solicitaba registrar los avances de los trabajos realizados en campo, así también la planificación de las labores del día siguiente y el control y seguimiento a la generación de los permisos de trabajos diarios que se solicitaban al cliente.

Los cargos que se describirán a continuación pertenecen solo al proyecto desarrollado en el presente informe son los siguientes:

- **Gerente de proyectos:** Único autorizado para la aprobación de requerimientos económicos, de servicio o de materiales solicitado por obra, encargado de armar el equipo de trabajo enviado a las diferentes obras, designar labores a cada área correspondiente.
- **Coordinador de proyecto:** Mediador con gerencia en la toma de decisiones de requerimientos trabajos adicionales o correctivos que se tengan que realizar en obra, coordinación de calificación de ingreso de personal de staff.
- **Residente de proyecto:** Responsable de la ejecución, toma de decisiones y vigilancia del proyecto en temas contractuales, así también es el responsable de la realización de las valorizaciones, adicionales y de los avances en obra, es el intermediario entre Petroperú (cliente) y CIME (contratista).
- **Supervisor de campo:** Encargado de la ejecución y avances en campo, interacción con el personal, reportes diarios al residente, planificación de labores diarias, organización del personal, solicita requerimientos de herramientas y materiales.
- **Ingeniero de operaciones junior:** Responsable de reportes diarios, solicitud de requerimientos, apoyo en supervisión al personal, replanteo de planos, solicitud de maquinaria y equipos.
- **Control de calidad:** Garantiza la ejecución del trabajo en base a normas de procedimiento solicitadas por el cliente, preparación de dossier con los certificados y protocolos correspondientes a la ejecución de los trabajos, requerimientos de

calibración de quipos de calidad a emplear, proceso de pruebas de calidad con el cliente.

- **Responsable SSOMA:** Responsable de la seguridad ocupacional y salud en trabajo, solicitud de facilidades como equipos de medición de seguridad, EPPS, etc. Brinda charla de seguridad diaria al personal y dos capacitaciones al mes, registro de herramientas y equipos en buen estado, verificación de área de trabajo segura y adecuada para el personal, preparación de Dossier de seguridad
- **Administradora de proyecto:** Responsable de la logística en general, RRHH, control de almacén, contratos de proveedores, rentas de maquinarias, tareo y planilla del personal y se encarga de los viáticos del personal.

Figura 2

Organigrama del proyecto en la empresa CIME ingenieros SRL



Nota. Elaboración Propia

1.5. Problemática y objetivos trazados

El almacenamiento de combustible en el sector de hidrocarburos desempeña un papel clave en el proceso de transformación del crudo, ya que funciona como un punto intermedio entre la extracción y el transporte. Durante el tiempo que el combustible permanece almacenado, pueden ocurrir pérdidas, principalmente a causa de la evaporación. Este problema, además de implicar pérdidas económicas significativas, también tiene un impacto ambiental considerable. Afortunadamente, hoy en día existe una solución efectiva: los sistemas de techo interno flotante. Estos consisten en una estructura que se mantiene en contacto directo con el combustible, reduciendo al mínimo la liberación de gases volátiles. Así, no solo se disminuyen las pérdidas económicas, sino que también se contribuye a proteger el medio ambiente (Otoya & Neira, 2019).

Los techos internos flotantes (TIF) son una tecnología muy utilizada en el sector de los hidrocarburos para almacenar combustibles. Estos tanques son especialmente comunes para el almacenamiento de petróleo liviano, productos derivados del petróleo y químicos. Su diseño incluye una plataforma flotante que reduce considerablemente el área de evaporación de los líquidos almacenados, limitando la pérdida de aceite y disminuyendo la liberación de vapores al ambiente. Sin embargo, aunque los TIF cuentan con un sistema de sellado en el espacio entre la plataforma flotante y la pared interior del tanque, no pueden lograr un aislamiento completo entre la superficie del líquido y el espacio de gas. Esto se debe a que la plataforma flotante necesita moverse hacia arriba y hacia abajo con facilidad para adaptarse al nivel del líquido almacenado (Rivera et al., 2021).

Valencia (2019) indica que el uso de techos internos flotantes ha demostrado ser una solución muy valiosa para la industria de almacenamiento de hidrocarburos a nivel global. En Europa, las normativas exigen la instalación de esta tecnología en tanques de gran tamaño, ya que contribuye de manera significativa a reducir las emisiones de compuestos

orgánicos volátiles (COV) y optimiza la eficiencia operativa de los sistemas de almacenamiento.

En América, los techos flotantes de los tanques de almacenamiento se diseñan para moverse libremente hacia arriba y hacia abajo, adaptándose al nivel del líquido almacenado. Esta tecnología es esencial para reducir de manera segura las pérdidas por evaporación. Por lo general, se emplean pontones anulares equipados con una junta de goma en el borde del techo, lo que ayuda a estabilizar su movimiento y garantizar un funcionamiento eficiente (Valencia, 2022).

En el caso de Perú, se estima que no actuar ante estos desafíos podría provocar una disminución del 20% en la calidad del aire en las áreas urbanas. En Lima, específicamente, se proyecta que la falta de acciones correctivas podría incrementar en un 15% los casos de contaminación del suelo durante el próximo año (CEPLAN, 2023). Por lo tanto, con el pronóstico negativo de no tomar en cuenta la solución de los problemas de la evaporación de combustible y techo interno flotante en tanques de almacenamiento en el sector hidrocarburos, es fundamental reconocer que la inacción frente a estos desafíos podría tener repercusiones devastadoras a largo plazo, tanto en términos de salud pública como de sostenibilidad ambiental y pérdidas económicas.

Los tanques de almacenamiento de hidrocarburos son fundamentales para la infraestructura energética a nivel mundial, pero también enfrentan diversos problemas que pueden poner en peligro tanto la seguridad como el medio ambiente. La gestión de estos tanques representa un desafío global. En Europa, por ejemplo, se ha registrado un aumento del 15% en incidentes como fugas, derrames y evaporación durante los últimos dos años, lo que subraya la necesidad de medidas más efectivas para abordar estos riesgos (ECOPETROL, 2022).

En Latinoamérica, la situación no es muy diferente, ya que se ha registrado un aumento del 20% en incidentes relacionados con la seguridad y la pérdida de almacenamiento. En Perú, específicamente, se han observado caídas notables en la eficiencia operativa de los tanques, con una reducción del 25% en su capacidad de almacenamiento durante el último año. En Lima Metropolitana, el problema es aún más grave debido a la falta de infraestructura adecuada y a las medidas de seguridad insuficientes en el sector de almacenamiento de hidrocarburos. Esto representa un riesgo considerable tanto para el medio ambiente como para la salud pública en la región (Energynews, 2024).

La evaporación de combustible es uno de los principales desafíos en los tanques de almacenamiento de hidrocarburos. En Europa, este problema alcanza una tasa del 2%, lo que se traduce en pérdidas económicas estimadas en 200 millones de euros anuales (Hernández, 2023).

En Latinoamérica, la evaporación de combustible alcanza una tasa del 3%, lo que genera pérdidas económicas de alrededor de 300 millones de dólares anuales. En Perú, este problema es aún más preocupante, con una tasa del 4% que equivale a pérdidas de 40 millones de dólares al año. La situación es especialmente crítica en Lima Metropolitana, donde la tasa asciende al 5%, representando pérdidas de 50 millones de dólares cada año (BCRP, 2023).

Tomando en cuenta lo analizado anteriormente, se establecen los siguientes problemas generales y específicos, así también los objetivos generales y específicos del caso de estudio:

1.5.1. Problema general

¿De qué manera la implementación del techo interno flotante reduce la pérdida de combustible en tanques de almacenamiento, Piura, 2023?

1.5.2. Problemas específicos

- ¿De qué manera el diseño del techo interno flotante reduce la pérdida de combustible en tanques de almacenamiento, Piura, 2023?
- ¿De qué manera la instalación y pruebas del techo interno flotante reduce la pérdida de combustible en tanques de almacenamiento, Piura, 2023?

1.5.3. Objetivo general

Determinar de qué manera la implementación del techo interno flotante reduce la pérdida de combustible en tanques de almacenamiento, Piura, 2023.

1.5.4. Objetivos específicos

- Determinar de qué manera el diseño del techo interno flotante reduce la pérdida de combustible en tanques de almacenamiento, Piura, 2023.
- Demostrar de qué manera la instalación y pruebas del techo interno flotante reduce la pérdida de combustible en tanques de almacenamiento, Piura, 2023.

CAPÍTULO II. Fundamento del Tema elegido

2.1. Bases teóricas

Las teorías de respaldo que fundamentan a la variable Techo interno flotantes son:

- Teoría de la flotabilidad
- Teoría de la seguridad industrial.
- Teoría de sistemas

2.1.1. La teoría de la flotabilidad

La teoría de la flotabilidad es un principio esencial en la física y la ingeniería, que describe cómo y por qué los objetos pueden flotar o hundirse cuando se sumergen en un fluido, ya sea líquido o gas. Según Olivella (2021), la primera dimensión fundamental de esta teoría es el principio de Arquímedes, que explica el fenómeno de la flotabilidad. Este principio establece que cualquier objeto sumergido parcial o totalmente en un fluido, ya sea líquido o gas, experimenta una fuerza ascendente. Esta fuerza, conocida como empuje, equivale al peso del fluido que el objeto desplaza. En términos más simples, esto significa que cuanto mayor sea el volumen del fluido desplazado, mayor será la fuerza que empuja al objeto hacia arriba. Este principio no solo ayuda a entender por qué algunos objetos flotan mientras otros se hunden, sino que también es crucial para el diseño de barcos, submarinos y otras estructuras que deben interactuar con fluidos. Por ejemplo, un barco flota porque su forma permite desplazar suficiente agua para generar un empuje que contrarreste su peso.

Por otro lado, Garcia et al. (2023) mencionan que la segunda dimensión de esta teoría se centra en la relación entre la velocidad de un fluido y la presión que este ejerce, un concepto clave conocido como el principio de Bernoulli. Este principio establece que, a medida que la velocidad de un fluido aumenta, su presión disminuye. Este fenómeno es crucial para entender cómo se genera la sustentación en objetos aerodinámicos, como las alas de un avión. En términos prácticos, las alas están diseñadas de manera que el aire fluye

más rápido sobre su superficie superior y más lento por debajo. Esta diferencia de velocidades crea una región de baja presión en la parte superior del ala y una región de mayor presión en la parte inferior, lo que produce una fuerza hacia arriba conocida como sustentación. Esta fuerza es lo que permite a los aviones y otros vehículos aéreos mantenerse en el aire.

Por último, Santiago (2022) menciona que la tercera dimensión de esta teoría se centra en la ley de Stokes, un principio que describe cómo una partícula se mueve a través de un fluido viscoso. Según esta ley, la fuerza de arrastre que experimenta una partícula está directamente relacionada con su tamaño, su velocidad y las propiedades del fluido que la rodea, como su viscosidad. En términos más simples, cuando una partícula se desplaza por un fluido espeso, como miel o aceite, la resistencia al movimiento será mayor que si se moviera a través de un fluido menos viscoso, como el agua. Asimismo, partículas más grandes o que se muevan más rápido enfrentarán un mayor arrastre que las más pequeñas o más lentas. Esta relación es fundamental para entender cómo objetos y partículas interactúan con fluidos en diferentes contextos.

2.1.2. La teoría de la seguridad industrial

Es un marco conceptual que busca prevenir y gestionar los riesgos laborales en los entornos de trabajo. Según Benitas (2021), esta teoría se estructura en tres dimensiones clave, siendo la primera la dimensión organizativa. Este aspecto pone el énfasis en cómo las organizaciones diseñan y gestionan sus estructuras internas, establecen políticas y aplican prácticas específicas con el objetivo de fomentar y garantizar la seguridad en todos los niveles. La dimensión organizativa no solo abarca la implementación de normas y procedimientos claros, sino también la creación de una cultura de seguridad que promueva la conciencia y el compromiso entre todos los miembros de la organización. Esto incluye establecer líneas de comunicación efectivas, proporcionar capacitaciones regulares, realizar

evaluaciones constantes de riesgos y asegurar que los recursos necesarios estén disponibles para prevenir incidentes.

Zambrano et al. (2021) indican que la segunda dimensión es la dimensión humana, que se enfoca en los aspectos psicológicos, cognitivos y conductuales de las personas en el contexto de la seguridad laboral. Este enfoque reconoce que, más allá de las políticas y estructuras organizativas, el comportamiento humano desempeña un papel crucial en la prevención de accidentes y en la promoción de un entorno de trabajo seguro. La dimensión humana aborda factores como la percepción del riesgo, la toma de decisiones bajo presión, la capacidad de atención y el manejo del estrés. También incluye la importancia de actitudes y hábitos, como el compromiso con las normas de seguridad, la disposición a reportar peligros y la colaboración entre compañeros para mantener un ambiente seguro.

De la Peña & Granados (2020) indica que la tercera dimensión es la dimensión tecnológica, que se centra en el diseño, desarrollo e implementación de sistemas, equipos y herramientas diseñados para garantizar la seguridad en el entorno laboral. Este enfoque busca integrar la innovación tecnológica con prácticas de prevención de riesgos, asegurando que la tecnología no solo sea eficiente, sino también confiable y segura para quienes la utilizan. Esta dimensión abarca desde la creación de maquinaria con sistemas de protección avanzados hasta el uso de sensores y automatización para detectar y prevenir fallos antes de que se conviertan en amenazas. También incluye herramientas digitales, como software de monitoreo en tiempo real o inteligencia artificial, que ayudan a identificar riesgos y optimizar los procesos de seguridad.

2.1.3. La teoría de sistemas

Se trata de un enfoque interdisciplinario que tiene como objetivo analizar y entender la complejidad y las dinámicas que operan dentro de los sistemas en una variedad de campos. Este enfoque combina conocimientos y metodologías de diferentes disciplinas para abordar

problemas que no pueden ser resueltos desde una perspectiva única o aislada. Vázquez (2023) señala que esta teoría se basa en tres dimensiones fundamentales, siendo la primera la dimensión de la interdependencia, que destaca la importancia de las relaciones y conexiones entre los diferentes elementos que conforman un sistema. Este enfoque enfatiza que ningún componente opera de manera aislada; por el contrario, cada parte depende de las demás para garantizar el funcionamiento efectivo del conjunto. La dimensión de la interdependencia explora cómo los cambios en un elemento pueden repercutir en todo el sistema, a menudo de formas inesperadas. Por ejemplo, en un ecosistema, la desaparición de una especie puede generar desequilibrios que afecten a todo el entorno. De manera similar, en una organización, la colaboración entre departamentos resulta esencial para lograr los objetivos comunes y mantener un desempeño óptimo.

Por otro lado, Garivia et al. (2023) señalan que la segunda dimensión fundamental es la dimensión de la jerarquía, la cual se centra en la organización estructurada de los sistemas y resalta la presencia de niveles y sub-sistemas dentro de un sistema más amplio. Esta dimensión reconoce que, independientemente de si los sistemas son naturales, sociales o tecnológicos, generalmente están compuestos por múltiples capas que interactúan y dependen entre sí para garantizar un funcionamiento eficiente.

Finalmente, Ramírez (2022) identificó la dimensión de la retroalimentación, que enfatiza la interacción continua y la influencia mutua entre los elementos de un sistema y su entorno. Este concepto resalta que los sistemas no funcionan de manera aislada; por el contrario, reciben información, energía o recursos del entorno, los procesan y generan respuestas que impactan tanto al propio sistema como a su contexto. La retroalimentación puede manifestarse de dos formas principales: positiva o negativa. La retroalimentación positiva amplifica los cambios dentro del sistema, como ocurre con el crecimiento acelerado de una población en condiciones favorables. En contraste, la retroalimentación negativa

actúa para mantener el equilibrio del sistema, como el caso de un termostato que regula la calefacción para conservar una temperatura constante. Este mecanismo es clave para comprender cómo los sistemas se adaptan, evolucionan y se mantienen estables.

Para la variable tanques de almacenamiento se consideró las siguientes teorías:

- Teoría del caos
- Teoría del control
- Teoría de contingencia

2.1.4. La teoría del caos

La teoría del caos es una rama de la matemática y la física que estudia sistemas dinámicos altamente sensibles a sus condiciones iniciales, lo que se conoce como el "efecto mariposa". Esta teoría revela que incluso pequeños cambios en las condiciones de partida pueden generar resultados completamente diferentes, haciendo que el comportamiento de estos sistemas sea impredecible a largo plazo, aunque sigan reglas deterministas. Según Alvarado (2023), la teoría del caos se sustenta en tres dimensiones fundamentales, siendo la primera la sensibilidad a las condiciones iniciales. Esta dimensión pone de manifiesto cómo pequeños cambios en los valores iniciales de un sistema pueden dar lugar a resultados radicalmente diferentes con el tiempo. Este fenómeno, conocido como el "efecto mariposa," ilustra la extrema delicadeza e impredecibilidad que caracteriza a los sistemas caóticos. A pesar de que estos sistemas están regidos por leyes deterministas, su comportamiento resulta prácticamente imposible de predecir a largo plazo debido a la amplificación exponencial de pequeñas variaciones.

La segunda dimensión clave de la teoría del caos es la dependencia de las trayectorias, que destaca cómo las trayectorias futuras de un sistema caótico están profundamente influenciadas por su historia pasada. En otras palabras, el estado actual de un sistema no solo está determinado por sus condiciones iniciales, sino también por el

camino que ha recorrido hasta llegar a ese punto. Este principio enfatiza que los sistemas caóticos no olvidan su pasado, ya que cada evento o cambio deja una huella que contribuye a moldear su evolución (Céspedes et al., 2023).

La tercera dimensión clave de la teoría del caos es la dimensión de los atractores extraños, que se refiere a la existencia de patrones complejos y aparentemente impredecibles en el comportamiento de los sistemas caóticos. Aunque a primera vista el caos puede parecer completamente desordenado, esta dimensión revela que los sistemas caóticos no son un caos absoluto, sino que tienden a organizarse en patrones específicos que, aunque no sean periódicos, tienen una estructura subyacente. Un atractor extraño describe cómo las trayectorias de un sistema caótico, en lugar de dispersarse al azar, convergen hacia una región específica en su espacio de fases, creando formas intrincadas y únicas (Lestayo & Hernández, 2022).

2.1.5. La teoría del control

La teoría del control se centra en cómo los sistemas y organizaciones regulan su funcionamiento para mantener un equilibrio y minimizar desequilibrios o conflictos. Este enfoque reconoce que el control no busca eliminar completamente el caos, sino gestionarlo para lograr un cambio organizado y sostenible. Dentro de este marco, el control social juega un papel clave al establecer regulaciones y límites que promuevan la armonía en las interacciones dentro del sistema. Herramientas como la vigilancia y la fiscalización son elementos esenciales de esta teoría, ya que permiten monitorear y regular actividades organizacionales para garantizar el cumplimiento de normas y objetivos comunes (Franco, 2021).

2.1.6. La teoría de contingencia

La teoría de la contingencia plantea que no existe una única forma ideal de organizar o gestionar, ya que las decisiones y estrategias deben adaptarse a las circunstancias específicas de cada situación. Esta teoría reconoce que las organizaciones operan en un entorno dinámico y cambiante, por lo que es esencial contar con estructuras flexibles que permitan responder a los desafíos y aprovechar las oportunidades del contexto. El enfoque se basa en identificar las variables clave del entorno y ajustar las decisiones para optimizar el desempeño. Es especialmente útil en situaciones de incertidumbre o crisis, ya que promueve la planificación adaptativa, la formación continua y la capacidad de gestionar la complejidad de manera estratégica y eficaz. En esencia, esta teoría subraya la importancia de adaptar soluciones a las condiciones reales de cada organización para garantizar su éxito (Oña, 2020).

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Techo interno flotante

Un techo interno flotante es una estructura utilizada en los tanques de almacenamiento para reducir las pérdidas por evaporación y minimizar las emisiones de gases volátiles al ambiente. Este techo flota directamente sobre la superficie del líquido almacenado, creando una barrera que limita su exposición al aire y ayuda a conservar el producto, además de mitigar el impacto ambiental. Fabricados comúnmente con aleaciones de aluminio, estos techos destacan por ser ligeros, resistentes a la corrosión y de fácil mantenimiento. Su diseño eficiente permite que se adapten a diferentes condiciones operativas, asegurando un mejor control del almacenamiento y una mayor protección del medio ambiente (Rivera et al., 2021).

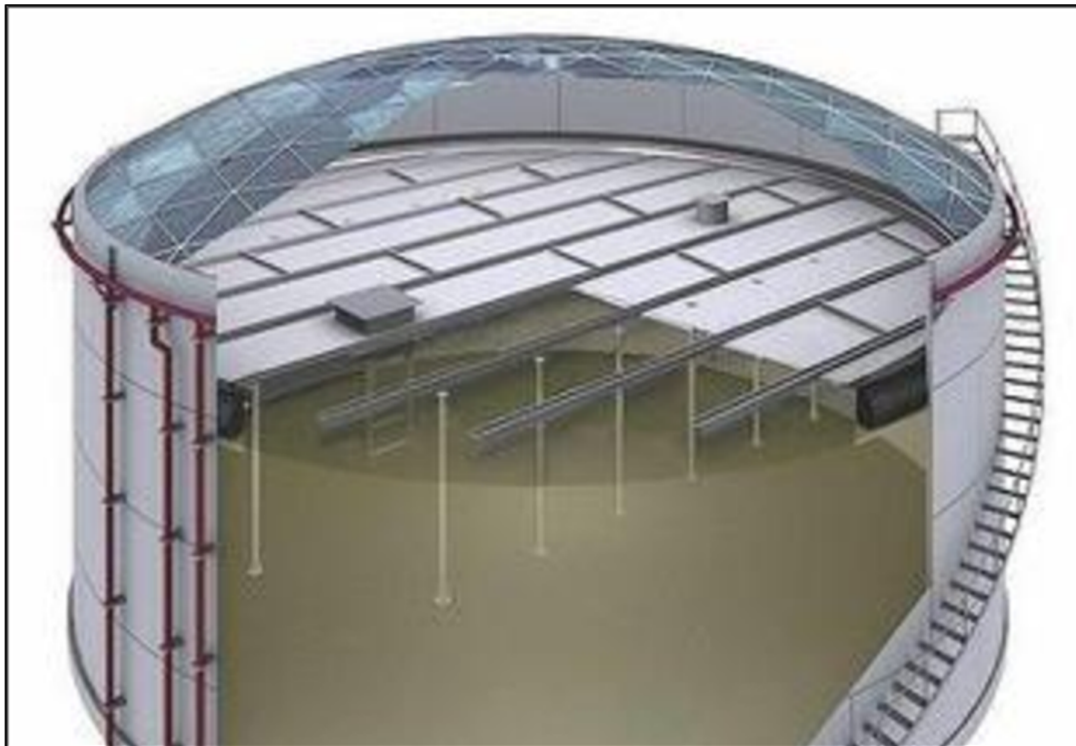
Los techos internos flotantes son estructuras diseñadas para reducir la evaporación y controlar las emisiones en los tanques de almacenamiento de hidrocarburos. Pueden ser de

diferentes tipos según su interacción con el líquido almacenado: algunos tienen contacto directo con la superficie del fluido, mientras que otros se apoyan sobre flotadores, dejando un espacio de vapor (Villavicencio, 2024).

Los techos flotantes internos ofrecen una serie de beneficios clave que los convierten en una solución efectiva para tanques de almacenamiento de hidrocarburos. Entre sus principales ventajas se encuentra la reducción de la evaporación de líquidos almacenados, lo que contribuye a minimizar las emisiones de gases al ambiente, disminuyendo significativamente la contaminación atmosférica. Este diseño también reduce las pérdidas de producto, generando ahorros económicos importantes y mejorando la eficiencia operativa (Muñoz, 2023).

Figura 3

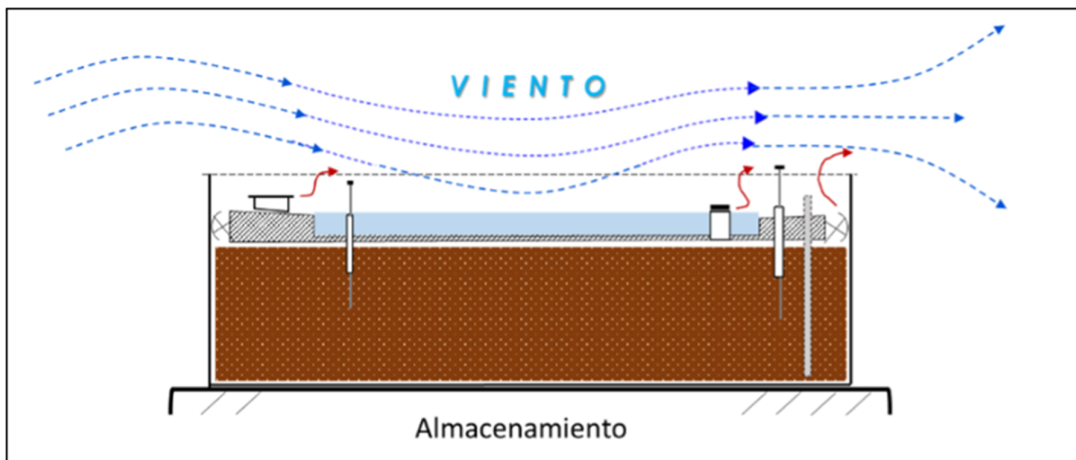
Bosquejo del Techo Flotante y su Cubierta Interna



Nota. Extraído de (J2MECH, 2019)

Figura 4

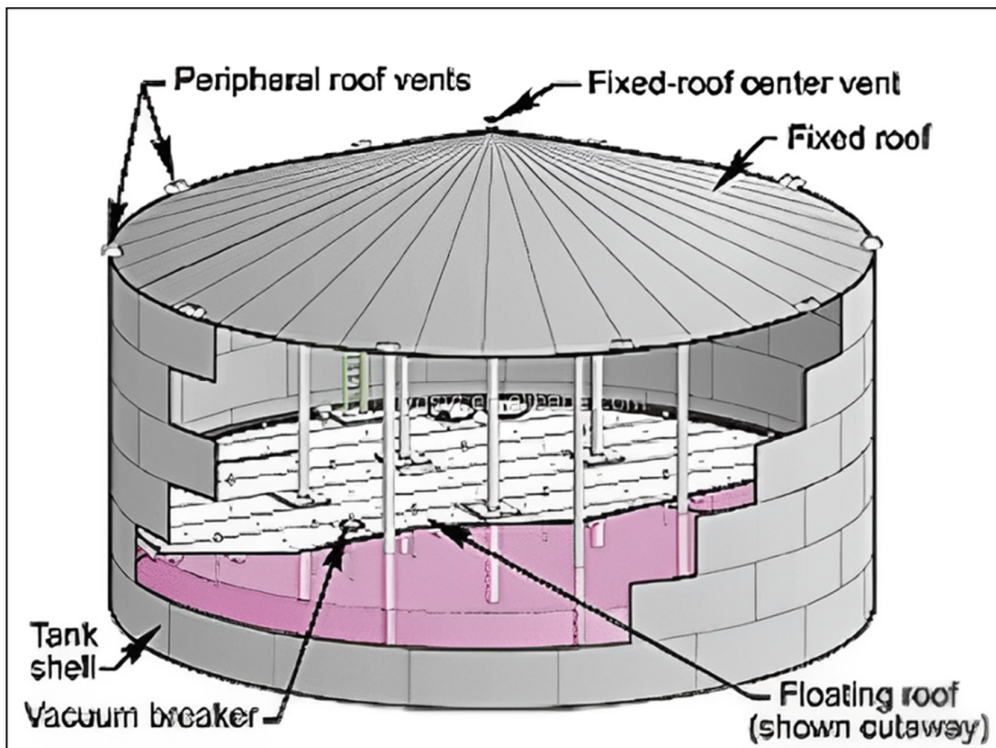
Proceso de Evaporación de petróleo en tanque de almacenamiento



Nota. Extraído de la página "predictiva21.com"

Figura 5

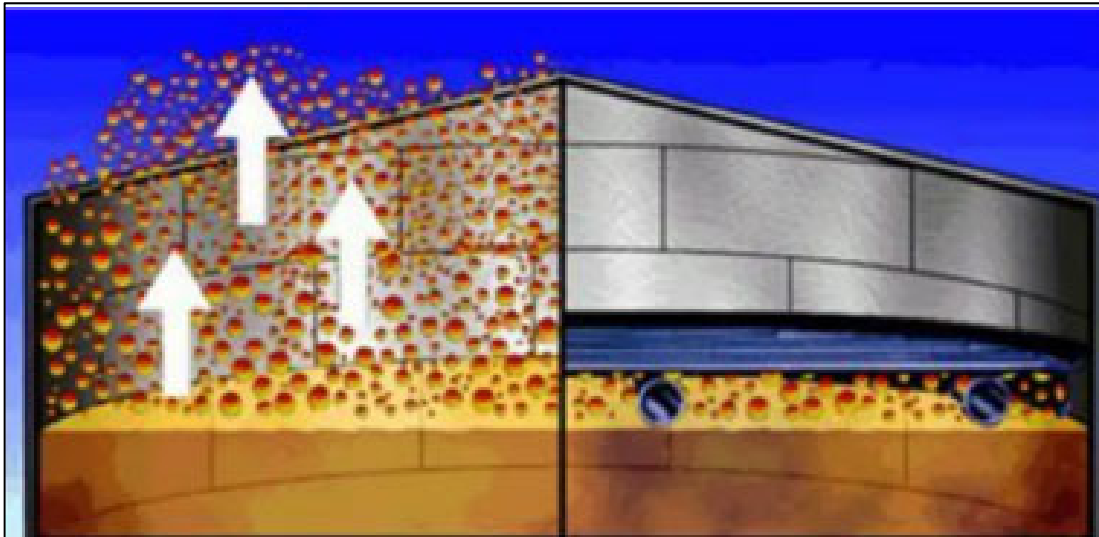
Techo flotante de cubierta interna del tanque de almacenamiento de combustible



Nota. Extraído de "Alibaba.com"

Figura 6

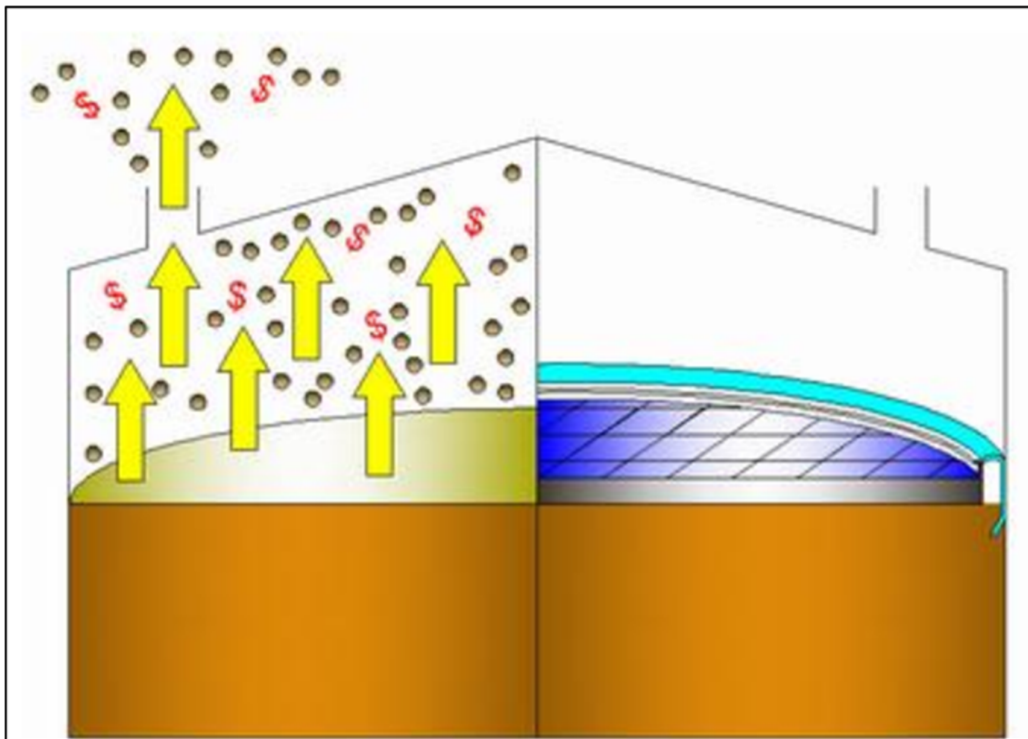
Ejemplo de Techo Interno Flotante



Nota. Extraído de “Diseño de Tanques de Almacenamiento”

Figura 7

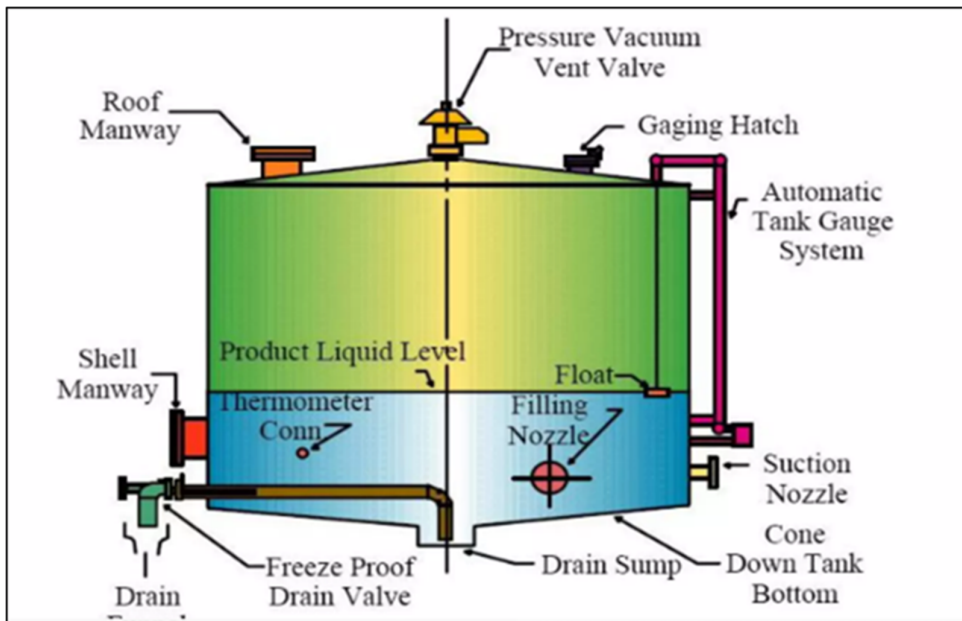
Esquema de Funcionalidad del Techo Flotante



Nota. Extraído de “Tecnovent SL”

Figura 8

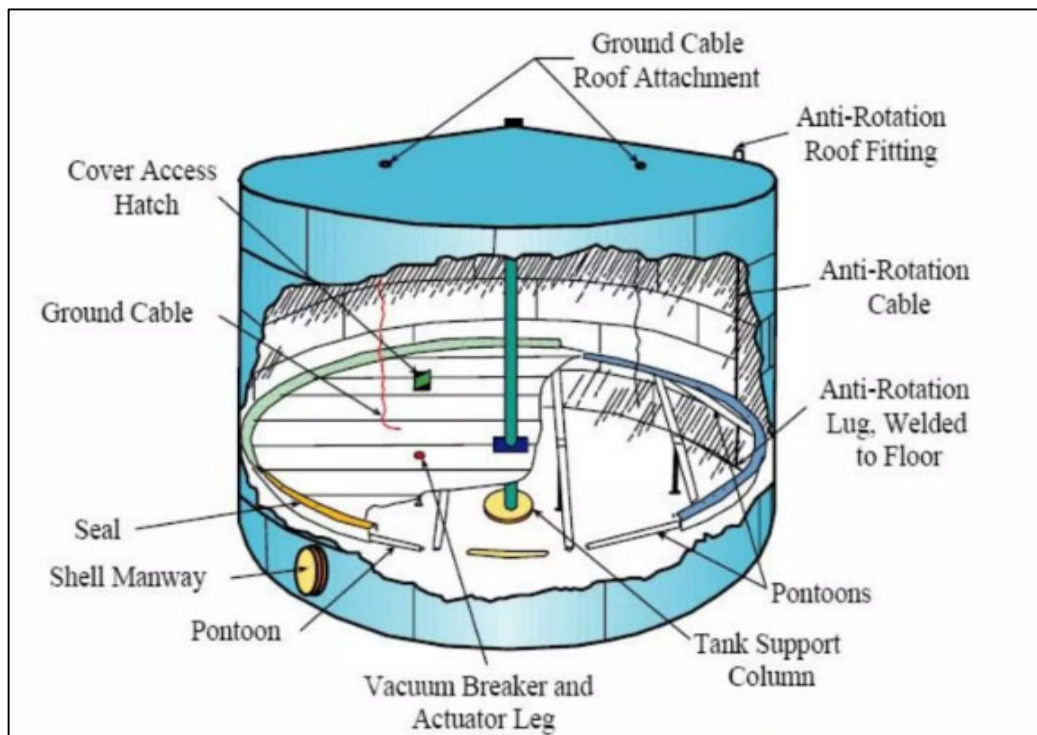
Tanque con Techo Fijo



Nota. Extraído de "Tanques Compres"

Figura 9

Tanque de Techo Flotante Interno



Nota. Extraído de "Tanques Compres"

Los techos internos flotantes (TIF) son estructuras complejas que pueden ser clasificadas según diferentes dimensiones. Las dimensiones más relevantes son las siguientes:

2.2.1.1. Material del Techo Interno Flotante

Los techos internos flotantes están generalmente fabricados con aleaciones de aluminio, un material que destaca por su ligereza, durabilidad y resistencia a la corrosión. Estas aleaciones, como la serie 3003, contienen elementos como manganeso, que aumentan su resistencia mecánica sin afectar su flexibilidad. El aluminio es ideal para este tipo de estructuras debido a su capacidad de formar una capa protectora de óxido en su superficie, que actúa como barrera contra la corrosión y garantiza una mayor durabilidad. Sin embargo, su desempeño puede variar dependiendo de factores como el diseño, las propiedades específicas de la aleación y las condiciones del entorno en el que se utiliza, como la exposición a humedad, oxígeno y otros agentes corrosivos (Rivera et al., 2021).

2.2.1.2. Diseño del Techo Interno Flotante

El diseño de un techo interno flotante se basa en las normativas internacionales, como la API 650, y está orientado a reducir la evaporación y limitar la acumulación de vapores en los tanques de almacenamiento. Este tipo de techo flota directamente sobre la superficie del líquido y cuenta con sellos primarios y secundarios para evitar fugas, así como patas ajustables que permiten su movimiento según el nivel del fluido. Los materiales más comunes incluyen aleaciones de aluminio, reconocidas por su ligereza, resistencia a la corrosión y durabilidad. Además, el diseño incorpora sistemas de drenaje y elementos de seguridad, como plataformas y escaleras, para garantizar un funcionamiento eficiente y un mantenimiento sencillo. En esencia, el techo interno flotante combina funcionalidad y eficiencia para cumplir con las exigencias de almacenamiento moderno (Villavicencio, 2024).

2.2.1.3.Método de instalación para un Techo Interno Flotante

El método de instalación del TIF afecta su costo y su facilidad de mantenimiento. Método de instalación: El método de instalación del TIF afecta su costo y su facilidad de mantenimiento. Método de flotación, es el método más sencillo y económico, pero también es el menos seguro. Método de suspensión, es más seguro que el método de flotación, pero también es más caro. Método de presión: es el método más seguro, pero también es el más caro.

2.2.1.4.Características de un Techo Interno Flotante

El tipo de techo interno flotante utilizado en el proyecto es denominado “Techos flotantes internos metálicos sobre flotadores”, el cual tienen su cubierta sobre el líquido, sostenidos por compartimentos de pontones cerrados para la flotabilidad. Estas plataformas de techo no están en pleno contacto con la superficie del líquido y, por lo general, están construidas con aleaciones de aluminio o acero inoxidable, en el caso del proyecto fue construido con aluminio y cuenta con las siguientes características:

- **Flotabilidad**

La elevación del techo interno flotante es permitida debido que los pontones (tubería de aluminio cerrada de 10”) que sujetan las planchas de aluminio son sumergidos parcialmente hasta la mitad dentro del producto, permitiendo que las planchas de aluminio puedan flotar sin tener un contacto directo con el producto.

- **Sujeto por suspensión**

La suspensión de la sabana flotante sobre el combustible es reforzada por cables acerados suspendidos por puntos de anclaje desde el techo fijo del tanque, que permiten una sostenibilidad para cuando el nivel de combustible sea menor a 1.80 metros de altura, así también es aprovechado cuando se realizan diversos trabajos de mantenimiento dentro del tanque, permitiendo la ascensión del techo hasta en unos 5 metros de altura.

- **Cerramiento para rayos**

Todas las partes conductoras del techo flotante interno deben estar interconectadas eléctricamente y unidas a la estructura exterior del tanque. Esto se logrará mediante derivaciones de conexión eléctrica en el área del sello (un mínimo de cuatro, distribuidos uniformemente) o cables flexibles de múltiples hilos desde el techo externo del tanque hasta el techo flotante interno (un mínimo de dos, distribuidos uniformemente)

2.2.1.5. Tipos de techo interno flotante

Los techos internos flotantes son divididos por el tipo de material que se empleara en la instalación, esto en base a: las condiciones ambientales de la zona, condiciones de operación, temperatura máxima de diseño, presión del vapor del producto y condiciones de corrosión, se menciona a los siguientes tipos:

- **Los techos flotantes internos de bandeja metálica**

Estos techos cuentan con un borde periférico que se sitúa por encima del nivel del líquido, lo que garantiza su flotabilidad. Están diseñados para mantenerse en contacto total con la superficie del fluido almacenado y, por lo general, se construyen con acero debido a su resistencia y durabilidad.

- **Los techos flotantes internos con mamparos abiertos por arriba metálicos**

Estos techos cuentan con compartimientos periféricos abiertos en la parte superior, separados por mamparos que garantizan su flotabilidad. Los compartimientos se distribuyen de manera estratégica según las necesidades operativas. Diseñados para mantenerse en pleno contacto con la superficie del líquido, estos techos suelen estar fabricados con acero, un material que proporciona alta resistencia y durabilidad.

- **Los techos flotantes internos de pontones metálicos**

Estos techos están diseñados con compartimentos periféricos cerrados en la parte superior, separados por mamparos que aseguran su flotabilidad. La distribución de los compartimentos se ajusta según las necesidades específicas de la operación. Permanecen en contacto directo con la superficie del líquido almacenado y, generalmente, se fabrican con acero, lo que les confiere alta resistencia y durabilidad.

- **Los techos flotantes internos de dos pisos metálicos**

Estos techos cuentan con cubiertas superior e inferior completamente cerradas, que alojan compartimentos equipados con cabezas de mamparo para garantizar su flotabilidad. Diseñados para permanecer en pleno contacto con la superficie del líquido almacenado, suelen ser fabricados con acero, un material que les otorga alta resistencia, durabilidad y capacidad para soportar condiciones operativas exigentes.

- **Los techos flotantes internos metálicos sobre flotadores**

Estos techos están diseñados con una cubierta que se mantiene flotando sobre el líquido, sostenida por compartimentos de pontones cerrados que garantizan su flotabilidad. A diferencia de otros diseños, estas plataformas no están en contacto directo con la superficie del fluido. Su construcción suele emplear aleaciones de aluminio o acero inoxidable, materiales elegidos por su ligereza, resistencia a la corrosión y durabilidad en entornos exigentes.

- **Los techos flotantes internos de paneles sándwich metálicos**

Estos techos están compuestos por módulos de paneles metálicos o de materiales compuestos que actúan como compartimentos de flotabilidad. Los paneles pueden incorporar un núcleo de espuma en forma de nido de abeja o de celda cerrada, aunque las paredes internas de estas celdas no se consideran "compartimentos" para fines de diseño e inspección relacionados con los requisitos de flotabilidad. Diseñados para permanecer en

pleno contacto con la superficie del líquido, suelen fabricarse con aleaciones de aluminio o materiales compuestos aprobados por el comprador, garantizando resistencia, durabilidad y adaptabilidad a las especificaciones operativas.

- **Los techos flotantes internos híbridos**

Su estructura incluye compartimentos de mamparos con un pontón perimetral cerrado y un techo abierto, además de compartimentos centrales superiores que proporcionan flotabilidad. Están diseñados para mantenerse en pleno contacto con la superficie del líquido almacenado y, por lo general, se fabrican con acero, asegurando resistencia y durabilidad.

2.2.1.6. Ventajas del Uso de Techos Internos Flotantes

Los techos internos flotantes ofrecen grandes beneficios que los hacen esenciales para el almacenamiento seguro y eficiente de hidrocarburos. Por un lado, ayudan a reducir la pérdida de combustible por evaporación, lo que no solo evita pérdidas económicas, sino que también permite aprovechar al máximo el producto almacenado. Además, son aliados importantes en la protección del medio ambiente, ya que disminuyen la emisión de hidrocarburos al aire y al agua, evitando daños significativos a nuestro entorno. En cuanto a la seguridad, son una solución clave para prevenir riesgos graves, como incendios y explosiones, al impedir que los vapores inflamables se acumulen en el tanque.

2.2.2. Tanque de almacenamiento de hidrocarburos

Un tanque de almacenamiento de hidrocarburos es una estructura diseñada para contener grandes volúmenes de crudo o productos derivados del petróleo de manera segura y eficiente. Por lo general, tienen forma cilíndrica y están contruidos con materiales resistentes, como acero, para soportar las condiciones operativas y ambientales. Estos tanques son esenciales en la industria petrolera, ya que permiten almacenar los hidrocarburos antes de su procesamiento, transporte o distribución. Su diseño incorpora medidas de

protección, como sistemas contra derrames, para garantizar la seguridad y minimizar el impacto ambiental (Castillo, 2023).

Los tanques de almacenamiento de hidrocarburos se caracterizan por su diseño robusto y su capacidad de adaptarse a diferentes necesidades operativas. Generalmente tienen forma cilíndrica o esférica y están contruidos con materiales resistentes, como acero, para garantizar su durabilidad y seguridad. Pueden ser subterráneos o superficiales, siendo los superficiales más comunes por su facilidad de acceso y mantenimiento. Estas estructuras están equipadas con sistemas esenciales como válvulas de seguridad, medidores de nivel y sistemas de ventilación para mantener condiciones óptimas de presión y evitar riesgos. Además, incluyen medidas de contención, como diques y revestimientos impermeables, para prevenir derrames y proteger el medio ambiente. Su diseño y capacidad se ajustan a las necesidades específicas de cada instalación y cumplen con las normativas aplicables para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente (Valencia, 2022).

Los tanques de almacenamiento de hidrocarburos ofrecen múltiples beneficios al garantizar el almacenamiento seguro y eficiente de grandes volúmenes de crudo y sus derivados. Su diseño robusto, generalmente fabricado en acero al carbono, asegura resistencia frente a factores como presión, corrosión y condiciones ambientales adversas. Además, se adaptan a diferentes necesidades operativas, ajustándose en capacidad, diseño y materiales según el tipo de producto almacenado. Estos tanques se clasifican principalmente en subterráneos, ideales para minimizar el impacto visual y proteger el contenido de las variaciones climáticas, y superficiales, que facilitan el acceso para mantenimiento y operaciones. Ambos tipos cumplen con normativas internacionales, como la API 650, lo que garantiza su seguridad y funcionalidad, además de contribuir a la protección del medio ambiente al incluir sistemas de contención para prevenir derrames y riesgos asociados (Meneses & Michelini, 2023).

Los techos internos flotantes (TIF) son estructuras complejas que pueden ser clasificadas según diferentes dimensiones. Las dimensiones de la variable “tanque de almacenamiento de hidrocarburos” pueden ser clasificadas en tres categorías:

2.2.2.1. Aspecto Físico del Tanque de Almacenamiento de Hidrocarburo

Los tanques de almacenamiento se caracterizan por cuatro dimensiones principales: tamaño, forma, material y ubicación. El tamaño se define por la capacidad del tanque, medida en metros cúbicos o barriles, lo que determina el volumen de hidrocarburos que puede almacenar. En cuanto a la forma, los tanques pueden ser cilíndricos, esféricos o rectangulares, dependiendo de los requisitos operativos y de diseño. Los materiales utilizados en su construcción incluyen acero, hormigón y fibra de vidrio, seleccionados por su resistencia y adaptabilidad a diferentes condiciones. Por último, la ubicación del tanque puede ser tanto en tierra como en el mar, lo que responde a necesidades logísticas y operativas específicas. Estas características son fundamentales para garantizar la funcionalidad, seguridad y eficiencia en el almacenamiento de hidrocarburos.

2.2.2.2. Aspectos operativos del Tanque de Almacenamiento de Hidrocarburo

Las dimensiones clave de los tanques de almacenamiento incluyen el tipo de combustible almacenado, el flujo de combustible y las operaciones de mantenimiento, aspectos que determinan su diseño y funcionalidad. Los tanques están diseñados para contener diversos tipos de combustibles, como petróleo crudo, gasolina, gas natural u otros productos derivados del petróleo, según las necesidades específicas de almacenamiento. El flujo de combustible puede ser continuo o intermitente, dependiendo de los procesos operativos asociados. Además, las operaciones de mantenimiento son esenciales para garantizar su seguridad y eficiencia, e incluyen inspecciones regulares, limpiezas y reparaciones. Estas características permiten optimizar el desempeño y la durabilidad de los tanques en diversas aplicaciones industriales.

2.2.2.3. Aspecto de seguridad del Tanque de Almacenamiento de Hidrocarburo

Las dimensiones relacionadas con los sistemas de seguridad en los tanques de almacenamiento están diseñadas para prevenir fugas, incendios y explosiones, garantizando así la protección del entorno y las operaciones. Para prevenir fugas, se implementan medidas como techos flotantes, válvulas de alivio de presión y alarmas que detectan irregularidades. En la prevención de incendios, se utilizan extintores, sistemas de detección y sistemas de supresión que actúan de manera rápida y eficaz ante cualquier incidente. Asimismo, para evitar explosiones, se integran válvulas de alivio de presión, junto con sistemas avanzados de detección y supresión de incendios, que controlan las condiciones críticas que podrían generar explosiones. Estos sistemas trabajan en conjunto para minimizar riesgos y garantizar la seguridad operativa.

2.2.2.4. Tipos de tanques de almacenamiento de hidrocarburos

Básicamente los tanques de almacenamiento de combustibles que funcionan a presión atmosférica se pueden clasificar en:

- **Tanques oscilantes**

Estos tanques se utilizan principalmente para el almacenamiento en las etapas iniciales y finales de los procesos en las refinerías de hidrocarburos. Durante estos momentos, es fundamental supervisar tanto la calidad como la cantidad del producto almacenado para garantizar el cumplimiento de los estándares operativos y comerciales.

- **Tanques sin techo**

Estos tanques se utilizan en servicios hidráulicos, desempeñando un papel esencial en el almacenamiento de agua para sistemas contra incendios, agua de servicio y sistemas de refrigeración.

- **Tanques de techo fijo**

Estos tanques son un tipo de tanque atmosférico diseñado específicamente para almacenar materiales con baja presión de vapor, garantizando su estabilidad y seguridad durante el almacenamiento.

- **Tanques de techo flotante**

Estos tanques están diseñados para almacenar materiales con mayor presión de vapor, ayudando a reducir tanto las pérdidas por evaporación como la formación de mezclas explosivas. Sin embargo, es crucial que la presión de vapor del contenido nunca iguale la presión atmosférica para garantizar su seguridad y funcionalidad.

- **Tanques de techo abovedado**

Estos tanques están diseñados para almacenar materiales con presiones de vapor superiores a la presión atmosférica, pero que no alcanzan niveles tan altos como para requerir tanques especializados, como los esféricos o de tipo bala.

2.2.2.5. Características del Tanque de Almacenamiento de Hidrocarburo

Las características principales de los tanques de almacenamiento de hidrocarburos de techo fijo son:

- **Tamaño**

El tamaño de un tanque se define por su capacidad de almacenamiento, la cual se mide comúnmente en metros cúbicos o barriles, dependiendo de los estándares y requisitos operativos.

- **Forma**

Los tanques pueden tener diferentes formas, como cilíndrica, esférica o rectangular, según las necesidades específicas de almacenamiento y diseño operativo.

- **Material**

Los tanques pueden estar fabricados con diversos materiales, como acero, hormigón o fibra de vidrio, seleccionados según las características del producto almacenado y las condiciones operativas.

- **Ubicación**

La ubicación de los tanques puede variar, siendo instalados tanto en tierra como en el mar, según las necesidades operativas y las condiciones del entorno.

- **Tipo de combustible almacenado**

Los tanques están diseñados para almacenar diversos tipos de combustibles, como petróleo crudo, gasolina, gas natural u otros productos derivados del petróleo, dependiendo de las necesidades específicas de la operación.

- **Sistemas de seguridad**

Los tanques de almacenamiento de hidrocarburos deben cumplir estrictos requisitos de seguridad, que incluyen medidas para prevenir fugas, incendios y explosiones, garantizando la protección tanto del entorno como de las operaciones.

2.2.3. Programa Tanks 4.09

La herramienta tanks 4.09 es un programa informático utilizado para el cálculo de emisiones de gases causantes de la contaminación atmosférica producidas en los tanques de almacenamiento de combustible por causa de largas temporadas de almacenamiento, estos cálculos se realizan mediante una ecuación de cálculo desarrollada por la American Petroleum Institute (API).

Para estimar los cálculos de emisión de gases se requieren ciertos datos de los tanques de almacenamiento que se identifican según el tipo de tanques del que se requiera la información

- **Detalle de tanque**

Se refiere a las características externas, visuales y físicas, así también a sus datos de identificación.

- **Detalle de montaje**

Solo para los tanques que ya cuentan con un techo flotante, existe una pestaña de llenado.

- **Información de sitio**

Son datos obtenidos de información meteorológica de la ciudad donde se encuentra ubicado el tanque de almacenamiento los cuales son necesarios para averiguar ciertas variables de temperatura ambiente, presión atmosférica y velocidad de viento etc.

2.3. Antecedentes

Melgar (2021) en su investigación titulada “Diseño de un tanque y sus conexiones para la recolección de los vapores de gasolina especial provenientes de los tanques de techo fijo de la planta de almacenamiento de combustibles líquidos en la ciudad de Guayaramerín-Beni” tiene como objetivo general minimizar las pérdidas económicas y ambientales derivadas de la evaporación de gasolina especial, mediante la implementación de un sistema de recolección de vapores para su aprovechamiento. La metodología incluye el diseño técnico de un tanque cilíndrico horizontal con casquetes semiesféricos, el desarrollo de un sistema de tuberías para conectar los tanques existentes y la modelación en 3D del sistema. Se realizaron cálculos para estimar que la evaporación de gasolina genera pérdidas de 9,23 m³/mes, equivalentes a un volumen anual de 110,76 m³, con un valor económico de 8.861,52 dólares. A través de la conversión de estos vapores a GLP, el sistema permite recuperar un equivalente a 8,55 toneladas/año de producto, con un ahorro estimado de 7.280 dólares anuales. El análisis de viabilidad económica arrojó un Valor Actual Neto (VAN) positivo de 15.570 dólares y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 19%, confirmando la rentabilidad

del proyecto. En conclusión, el diseño propuesto no solo reduce significativamente las pérdidas económicas y el impacto ambiental, sino que también incrementa la seguridad operativa y contribuye al desarrollo sostenible en la región.

Valencia (2022) en su investigación titulada “Implementación de Domo Geodésico y Membrana Flotante Full Contact en Tanques de Almacenamiento para una Empresa de Distribución y Almacenamiento de Hidrocarburos” tuvo como objetivo principal reducir costos de mantenimiento y pérdidas por evaporación en el almacenamiento de hidrocarburos mediante la instalación de nuevas tecnologías en los tanques. La metodología incluyó el desmontaje del techo flotante de acero, el montaje de un domo geodésico de aluminio, la instalación de una membrana flotante de contacto total y la realización de pruebas hidrostáticas en niveles de llenado (0%, 50%, 75%, y 100%). Los resultados cuantitativos demostraron una reducción significativa en las pérdidas volumétricas por evaporación, que equivalían a 9,23 m³/mes. Además, se lograron ahorros en mantenimiento debido a las propiedades anticorrosivas del domo y la membrana, mejorando la eficiencia operativa. En conclusión, la implementación de esta tecnología demostró ser efectiva no solo en términos económicos y operativos, sino también en la sostenibilidad ambiental, destacándose como una solución integral para optimizar los procesos industriales de almacenamiento de hidrocarburos.

Delgado (2021) en su investigación titulada “Gestión de seguridad y salud ocupacional en la construcción de tanques de almacenamiento de hidrocarburos” estableció como objetivo general fue implementar un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo para prevenir accidentes laborales en la empresa estudiada. La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo, utilizando un diseño cuasiexperimental con mediciones antes y después de la implementación. Entre los resultados cuantitativos, se destacó un aumento del 70% en el conocimiento sobre seguridad ocupacional, una reducción del 85% en los

accidentes laborales (de 40 a 6 casos) y una disminución del 48% en los fallos de máquinas (de 48 a 25). Como conclusión general, se verificó que el sistema de gestión implementado mejora significativamente la seguridad laboral, reduce riesgos y fomenta un entorno más seguro y eficiente para los trabajadores.

Cadena (2021) en su investigación titulada "Elaboración y aplicación de un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional para prevenir accidentes laborales" tuvo como objetivo general desarrollar un sistema que garantice la seguridad de los empleados del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Elena (GADMSE). La metodología empleada fue aplicada y descriptiva, utilizando encuestas y entrevistas para recolectar datos de una muestra de 104 empleados seleccionados de una población total de 527. Los resultados cuantitativos reflejaron que el 68% de los trabajadores desconocía aspectos clave de la normativa legal vigente en seguridad y salud ocupacional, y se reportaron 16 accidentes laborales, de los cuales 6 ocurrieron dentro de las instalaciones y 10 durante actividades externas, incluidos 6 accidentes de tránsito. Como conclusión, la implementación del sistema contribuyó a elevar el índice de gestión de seguridad del trabajo, con el objetivo de alcanzar un nivel del 80% en cumplimiento normativo, fomentando un entorno laboral más seguro y eficiente.

2.4. Justificación de la metodología elegida.

2.4.1. Justificación teórica

La variable "techo flotante interno" o "tanque de almacenamiento de hidrocarburos" es un componente clave en la infraestructura petrolera, diseñado para garantizar una gestión segura y eficiente de los recursos. Según el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP), la implementación de estos dispositivos ha reducido significativamente los riesgos ambientales asociados al almacenamiento de hidrocarburos. Estudios recientes respaldan esta afirmación, destacando la importancia de incorporar tecnologías avanzadas para preservar la integridad

de los tanques y prevenir fugas. En este marco, la teoría de la variable se basa en la premisa de que el uso de techos flotantes internos es esencial para promover la seguridad y la sostenibilidad en el almacenamiento de hidrocarburos a nivel global.

2.4.2. Justificación Práctica

Los techos flotantes internos (TIF) son una tecnología fundamental en los tanques de almacenamiento de hidrocarburos, diseñada para prevenir fugas y optimizar la gestión del combustible. Estos sistemas consisten en una membrana flotante que se mantiene en contacto directo con el combustible almacenado, ofreciendo múltiples beneficios. En primer lugar, reducen significativamente las pérdidas por evaporación, al evitar la liberación de gases al ambiente. Esto no solo disminuye el impacto ambiental al limitar las emisiones de vapores, sino que también refuerza la seguridad al actuar como una barrera física contra incendios provocados por fuentes externas, como fuego abierto o chispas. Adicionalmente, los TIF mejoran la eficiencia energética al retener el calor del combustible, minimizando las pérdidas térmicas habituales en los tanques con techos fijos.

2.4.3. Justificación Metodológica

Para implementar el techo interno flotante en el tanque de almacenamiento de hidrocarburos, se seguirá la normativa americana API 650, reconocida por su eficacia en el control y la minimización de la evaporación de combustible en tanques de almacenamiento. La aplicación de estas directrices contribuye significativamente a reducir las pérdidas económicas y el impacto ambiental asociado a las operaciones de almacenamiento.

La API (American Petroleum Institute), fundada en 1919, es una organización dedicada a establecer estándares para mejorar la seguridad, eficiencia y sostenibilidad en la industria petrolera. En más de un siglo, ha desarrollado más de 700 estándares que han alcanzado reconocimiento global, ampliando su enfoque más allá de lo doméstico para incluir una creciente dimensión internacional.

La norma API 650 abarca todos los aspectos necesarios para el diseño, fabricación y mantenimiento de tanques de almacenamiento de combustible verticales, cilíndricos, sobre el suelo, cerrados o abiertos, soldados y adaptados a una variedad de tamaños y capacidades para presiones internas cercanas a la presión atmosférica. Esta normativa proporciona confiabilidad a la industria de los hidrocarburos, asegurando un uso seguro y eficiente en el almacenamiento de petróleo y sus derivados.

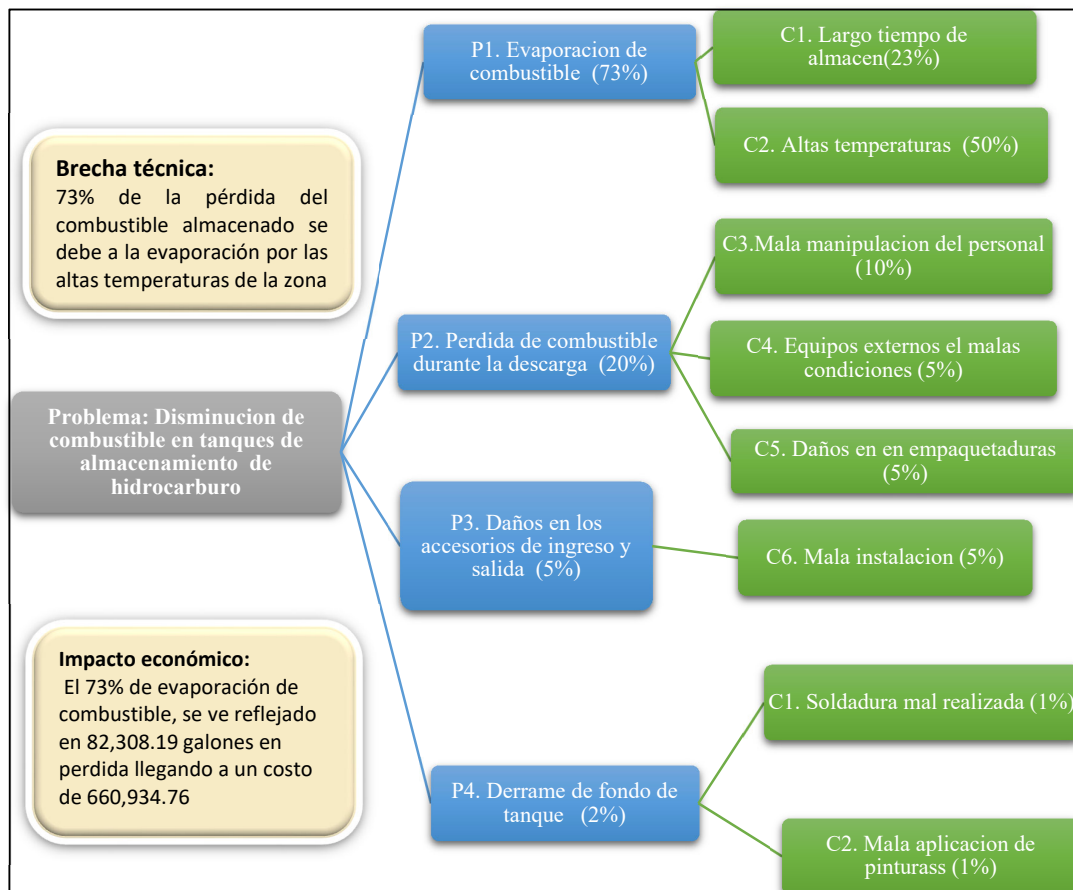
CAPÍTULO III: Aporte y desarrollo de la experiencia

3.1. Diagnóstico de la situación problemática

Se presenta un árbol de problemas para diagnosticar de forma específica la disminución de combustible en tanques de almacenamiento de hidrocarburos, identificando sus principales causas y factores contribuyentes. Entre los aspectos destacados se encuentran la evaporación del combustible, las pérdidas durante la descarga, los daños en los accesorios de ingreso y salida, y los derrames en el fondo del tanque. Cada problema se analiza en función de factores específicos como condiciones operativas, fallas en los equipos, errores de manipulación y deficiencias en la instalación.

Figura 10

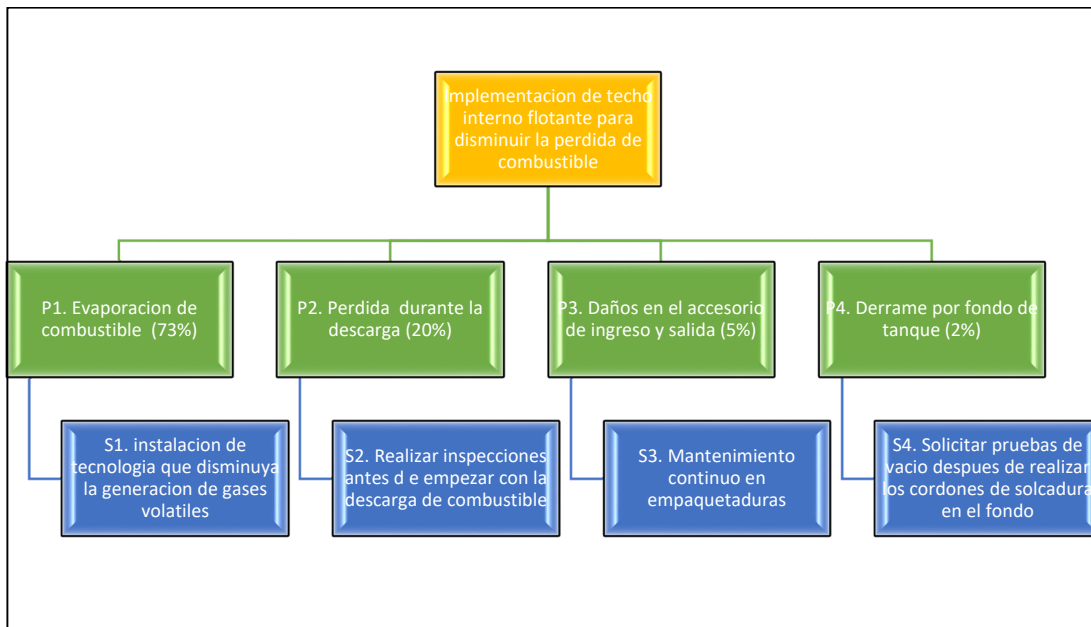
Árbol de problemas



Nota. Elaboración Propia

Figura 11

Árbol de Causa - Efecto



Nota. Elaboración Propia.

Bajo una relación de causa efecto mediante el árbol de problemas se determinó que la evaporación del combustible originada en el tanque de almacenamiento por las altas temperaturas de la zona y el largo tiempo de almacenaje, así también, se reportó pérdidas durante el proceso de descarga por la mala manipulación del personal, equipos externos en malas condiciones y daños constantes en las empaquetaduras, también se pudo determinar la causa de daños en los accesorios de ingreso y salida por una mala instalación, por último, se observó pérdidas por derrames o filtraciones en el fondo del tanque debido a soldaduras mal realizadas y mala aplicación de pintura.

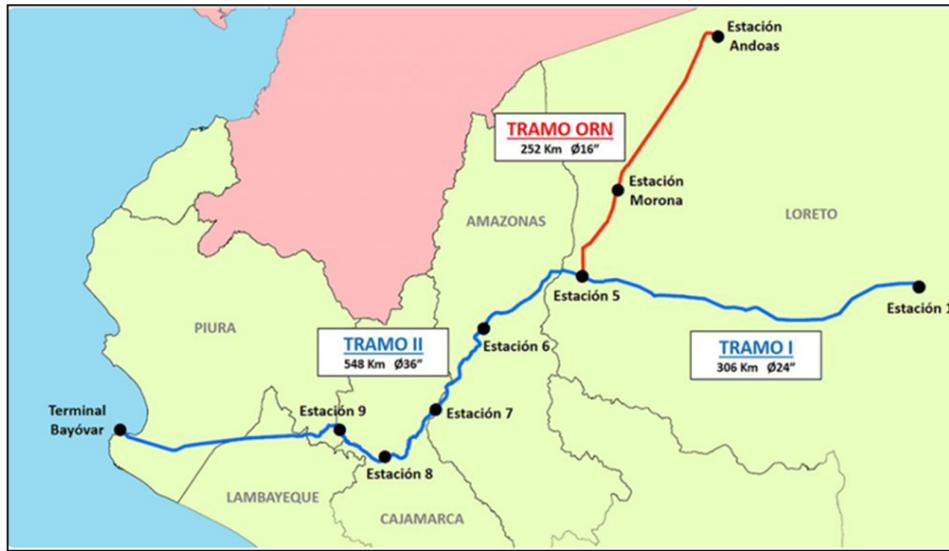
3.2. Desarrollo de la experiencia

El oleoducto Norperuano (ONP) es una infraestructura de transporte de hidrocarburos que cruza el Perú de este a oeste, desde las zonas de explotación petrolera de la Amazonía hasta el terminal de Bayóvar en la costa. Su construcción se inició en 1972 , durante el gobierno militar de Juan Velasco Alvarado, y fue inaugurada en 1978 .

A la fecha, se viene almacenando crudo importado y nacional, para garantizar la continuidad operativa de la refinería Conchán, a la par que brinda el suministro de materia prima para la etapa de arranque y estabilización de la Nueva Refinería Talara.

Figura 12

Oleoducto Norperuano



Nota. Elaboración Propia.

El terminal de Bayóvar cuenta con una capacidad de almacenamiento de 1,7 millones de barriles de crudo, lo que lo convierte en el segundo terminal portuario de hidrocarburos más grande del Perú. También cuenta con un muelle de 27 metros de profundidad, lo que permite el atraque de buques de gran tamaño. El terminal de Bayóvar ha sido fundamental para el desarrollo de la industria petrolera peruana. Ha permitido que el Perú sea un exportador de petróleo crudo, y ha contribuido a la generación de empleo y al desarrollo económico del país. Se ubica en Punta Bappo (provincia de Sechura, región Piura), en el kilómetro 856 del ONP. El Terminal Bayóvar recibió el primer frente de crudo el 24 de mayo de 1977.

Figura 13

Terminal Bayóvar



Nota. Elaboración Propia.

El Terminal Bayóvar enfrenta una pérdida anual estimada de 82,308.19 galones de combustible por cada tanque de almacenamiento, atribuida a la evaporación causada por las altas temperaturas de la región y los prolongados periodos de almacenamiento. Además, las grandes cantidades de vapores generados no solo representan una pérdida económica significativa, sino que también contribuyen de manera considerable a la contaminación atmosférica. Ante esta problemática, Petroperú – Bayóvar ha decidido tomar medidas para mitigar estos impactos ambientales y económicos.

En respuesta, CIME Ingenieros, en alianza con HMT, una empresa estadounidense especializada en la fabricación, diseño, suministro e instalación de accesorios para tanques de almacenamiento, propuso la instalación de techos internos flotantes. Esta solución busca reducir drásticamente las emisiones de gases volátiles dentro de los tanques, minimizando las pérdidas de combustible y disminuyendo el impacto ambiental. Petroperú aprobó esta propuesta como una medida clave para abordar los problemas señalados.

Según lo estipulado en la Partida 3.04.05, que abarca el diseño, suministro e instalación del techo interno flotante, CIME Ingenieros es responsable de llevar a cabo la

instalación de la sábana flotante conforme a los planos técnicos proporcionados por el fabricante, los cuales deben ser revisados y aprobados previamente por el cliente. Este enfoque garantiza que el proyecto cumpla con los estándares de calidad y seguridad requeridos, proporcionando una solución efectiva y sostenible para los desafíos que enfrenta el Terminal Bayóvar.

3.2.1. Etapa de Diseño

Antes de empezar con el diseño del techo interno flotante, se realiza un estudio de verticalidad y redondez al tanque, el cual se realiza a todos los tanques de almacenamiento atmosférico verticales para determinar la geometría dimensional del mismo, es importante mencionado estudio para el diseño, debido a que en base a ello se tomaran las medidas exactas para el diseño del TIF.

- Verticalidad

Para evaluar la verticalidad del cilindro, se realizaron mediciones en 16 cortes distribuidos en los siguientes ángulos: 0° , 22.5° , 45° , 67.5° , 90° , 112.5° , 135° , 157.5° , 180° , 202.5° , 225° , 247.5° , 270° , 292.5° , 315° , y 337.5° . Estas mediciones permitieron analizar de manera precisa las posibles desviaciones respecto a la verticalidad en cada una de las secciones evaluadas.

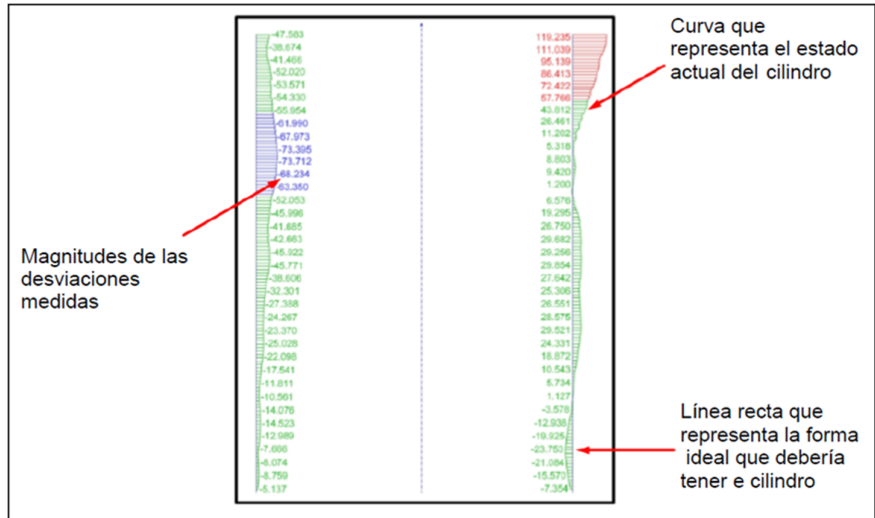
Los resultados del análisis se presentan mediante dos gráficos que muestran las secciones en ángulos opuestos, como por ejemplo 0° - 180° o 45° - 225° . En cada gráfico se detallan las magnitudes de las desviaciones medidas en esas secciones específicas, proporcionando una representación visual clara de los datos obtenidos.

Para facilitar la interpretación, las desviaciones se ilustran utilizando un sistema de colores. El color verde indica que el valor está dentro de la tolerancia aceptada. El rojo señala una desviación hacia el exterior del cilindro que excede la tolerancia permitida, mientras que el azul representa una desviación hacia el interior del cilindro que también está fuera de

tolerancia. Este enfoque visual permite identificar rápidamente si las medidas cumplen con los parámetros establecidos o si se requiere una corrección.

Figura 14

Evaluación de la verticalidad de un cilindro

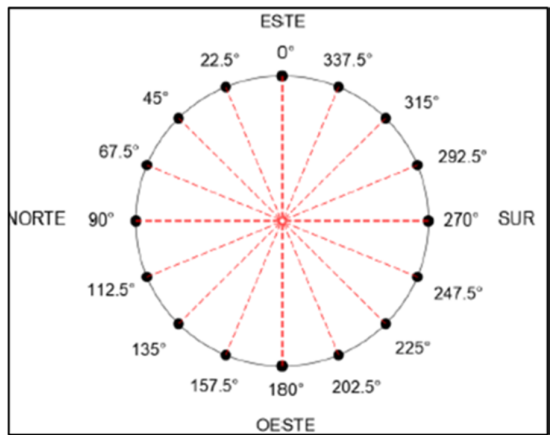


Nota. Elaboración Propia

La verticalidad del cilindro fue evaluada mediante mediciones en 16 cortes distribuidos uniformemente a lo largo de su perímetro, según lo indicado en el diagrama de referencia. Esta metodología permitió analizar con precisión posibles desviaciones en diferentes ángulos, abarcando desde los 0° hasta los 360°, en intervalos regulares.

Figura 15

Diagrama polar



Nota. Elaboración Propia

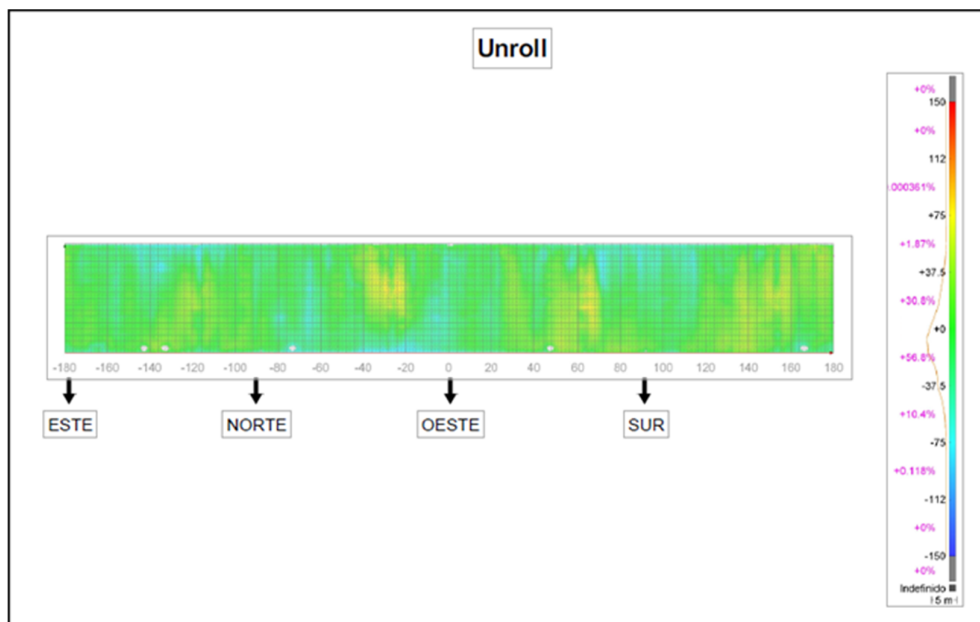
- Redondes

La redondez del tanque fue evaluada conforme a los estándares establecidos en la normativa API 653, sección 10.5.3, la cual regula los requisitos para garantizar la integridad estructural de tanques de almacenamiento. Dado que el tanque en cuestión tiene un diámetro de 131.02 pies (equivalente a un radio de 65.51 pies), el valor de tolerancia permitido para la redondez se calcula en +/- 19.05 mm (o +/- 3/4 de pulgada).

Sin embargo, para las mediciones realizadas en zonas situadas a más de un pie por encima de la soldadura entre el casco y el fondo del tanque, la normativa permite una tolerancia mayor, triplicando el valor inicial. En este caso, la tolerancia se incrementa a +/- 57.15 mm (o +/- 2.25 pulgadas). Este criterio busca asegurar que las desviaciones en la forma del tanque no afecten su funcionalidad ni comprometan la seguridad estructural, considerando las variaciones que pueden ocurrir debido a los procesos de fabricación, las condiciones operativas y el envejecimiento del material.

Figura 16

Gráfica de un análisis de la redondez



Nota. Elaboración Propia

Tabla 1*Resumen de Versatilidad*

Ángulos	Máxima deflexión hacia el interior (in/mm)	Máxima deflexión hacia el exterior (in/mm)	Tolerancia (+/- in/mm)
0°	-1.50 in (-38.04 mm)	0.79 in (20.07 mm)	+/- 5 in (127 mm)
22.5°	-1.91 in (-48.42 mm)	0.36 in (9.03 mm)	+/- 5 in (127 mm)
45°	-2.95 in (-75.02 mm)	1.27 in (32.23 mm)	+/- 5 in (127 mm)
67.5°	-2.49 in (-63.13 mm)	1.34 in (34.05 mm)	+/- 5 in (127 mm)
90°	-1.76 in (-44.60 mm)	0.19 in (4.91 mm)	+/- 5 in (127 mm)
112.5°	-2.28 in (-57.97 mm)	-0.20 in (-5.05 mm)	+/- 5 in (127 mm)
135°	-1.90 in (-48.34 mm)	0.52 in (13.22 mm)	+/- 5 in (127 mm)
157.5°	-4.25 in (-107.88 mm)	2.72 in (69.09 mm)	+/- 5 in (127 mm)
180°	-2.02 in (-51.42 mm)	-0.41 in (-10.34 mm)	+/- 5 in (127 mm)
202.5°	-1.65 in (-41.86 mm)	-0.01 in (-0.15 mm)	+/- 5 in (127 mm)
225°	-1.89 in (-47.94 mm)	0.57 in (14.58 mm)	+/- 5 in (127 mm)
247.5°	-2.15 in (-54.65 mm)	2.53 in (64.32 mm)	+/- 5 in (127 mm)
270°	-2.59 in (-65.68 mm)	0.61 in (15.62 mm)	+/- 5 in (127 mm)
292.5°	-1.83 in (-46.52 mm)	0.65 in (16.43 mm)	+/- 5 in (127 mm)
315°	-1.13 in (-28.72 mm)	1.35 in (34.22 mm)	+/- 5 in (127 mm)
337.5°	-0.63 in (-15.98 mm)	2.15 in (54.73 mm)	+/- 5 in (127 mm)

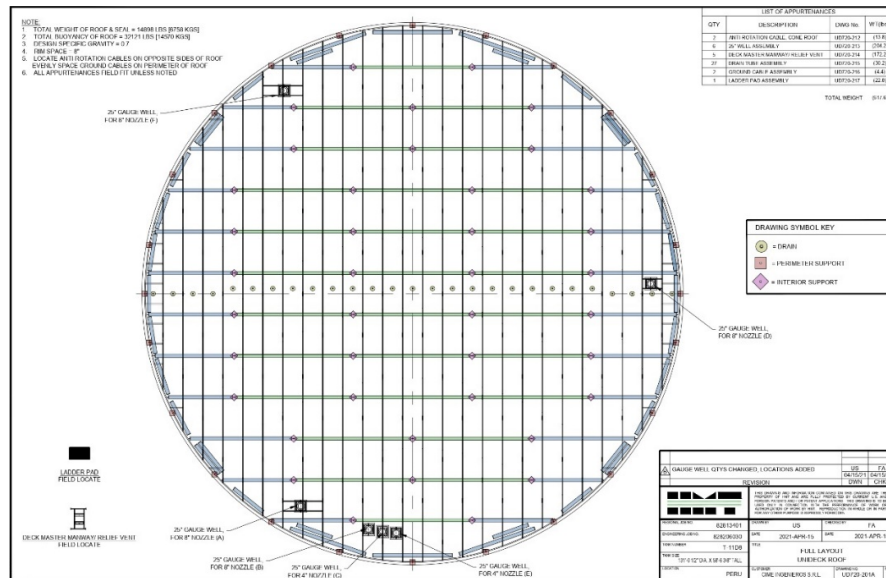
Nota. Elaboración Propia

Una vez entregado el informe de verticalidad y redondez se procede con la elaboración de los planos del techo interno flotante tomando como base a la norma API 650. CIME ingenieros para el diseño y acondicionamiento de materiales terciaria su servicio a la empresa americana HMT, fabricante de accesorios para tanques de almacenamiento más reconocido a nivel mundial por su alta calidad y mejoramiento continuo en la ingeniería y diseños que optimizan la operación de los tanques de almacenamiento en Terminales,

Refinerías, Campos de Producción y Estaciones de Almacenamiento y Bombeo de hidrocarburos. Los cuales presentaron los siguientes planos en base a la condición de los tanques según el estudio mencionado.

Figura 17

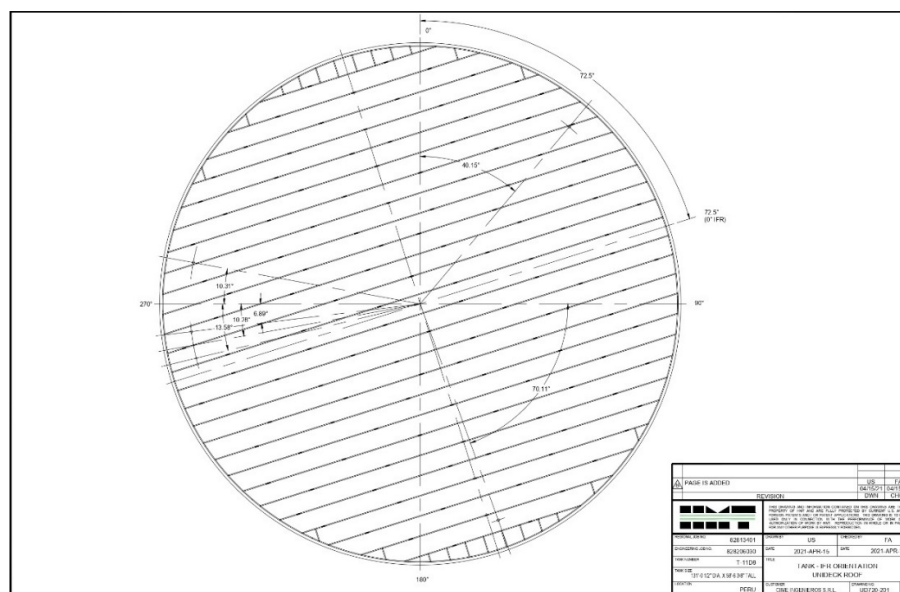
Diseño completo techo Universal



Nota. Elaboración Propia

Figura 18

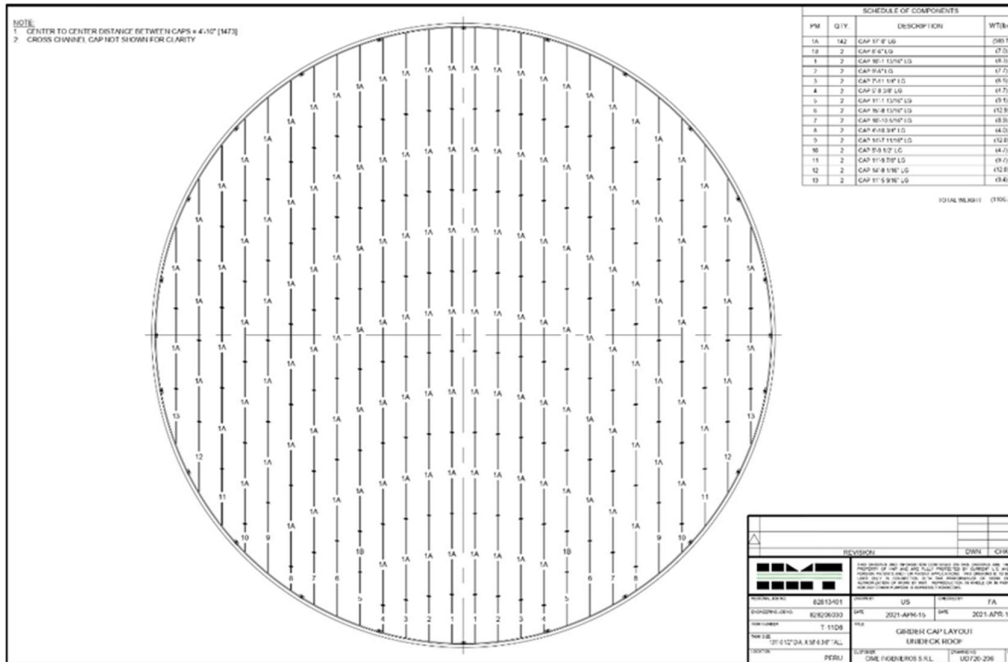
Orientación Techo Interno Flotante



Nota. Elaboración Propia

Figura 19

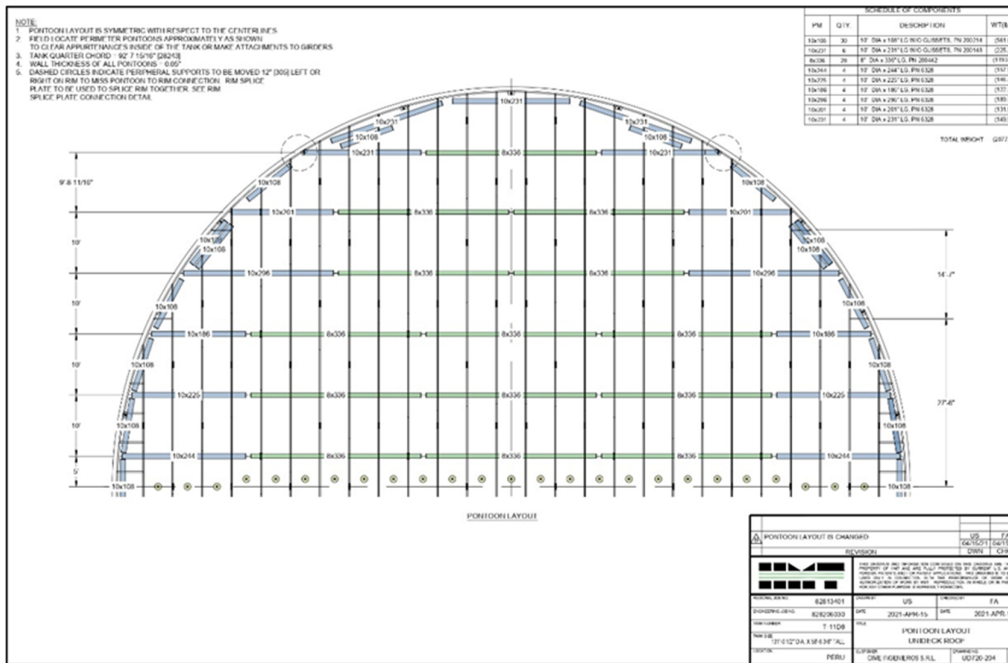
Disposición de vigas



Nota. Elaboración Propia

Figura 20

Disposición de pontones



Nota. Elaboración Propia

Figura 21

Disposición de láminas de aluminio de cubierta

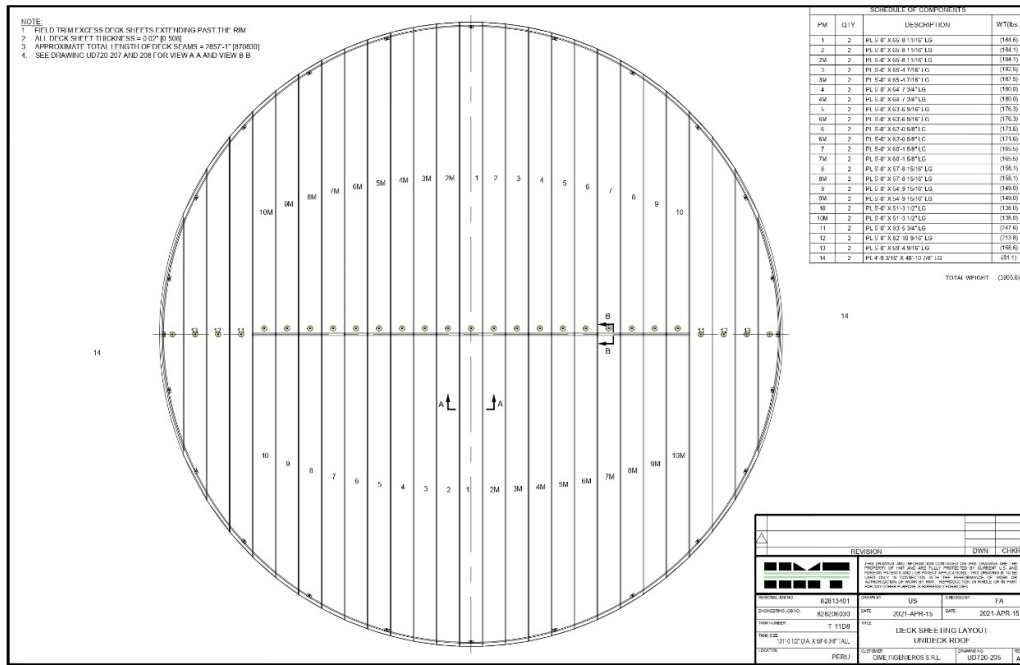
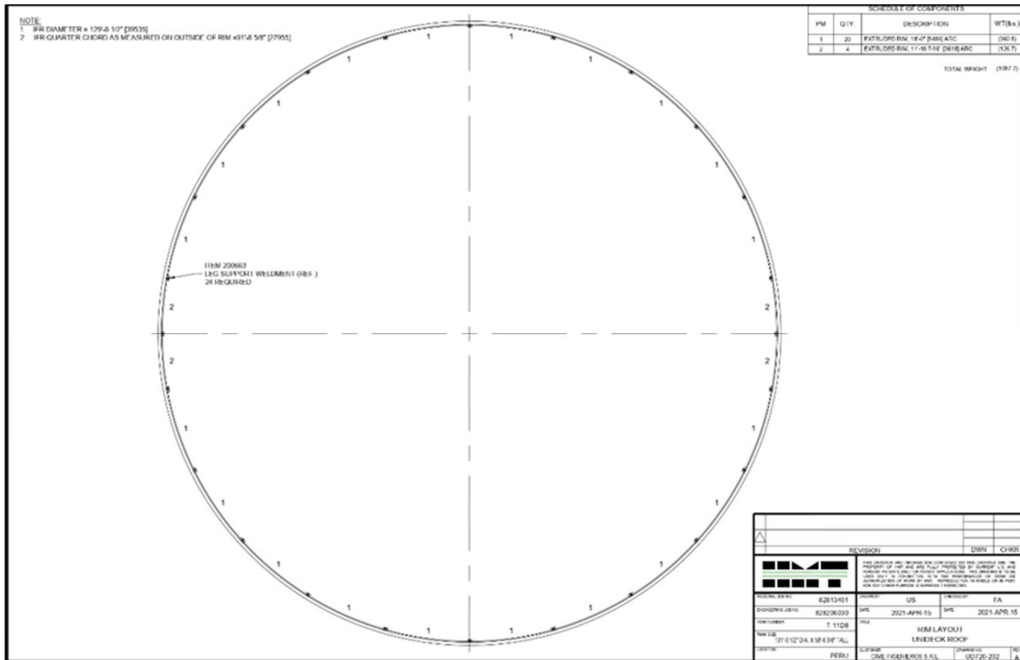


Figura 22

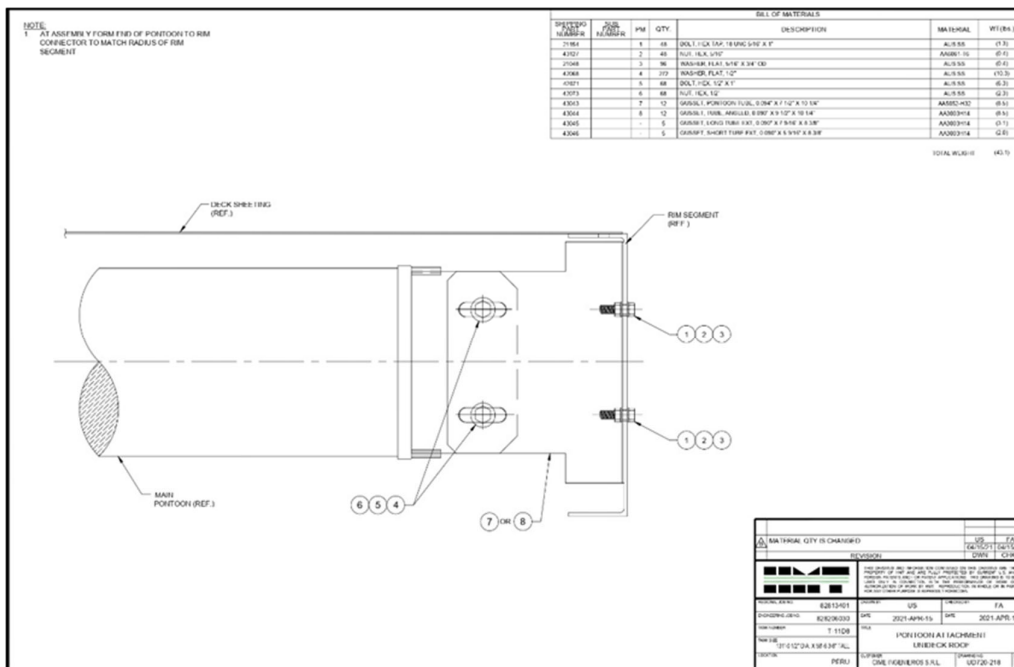
Diseño de riel



Nota. Elaboración Propia

Figura 23

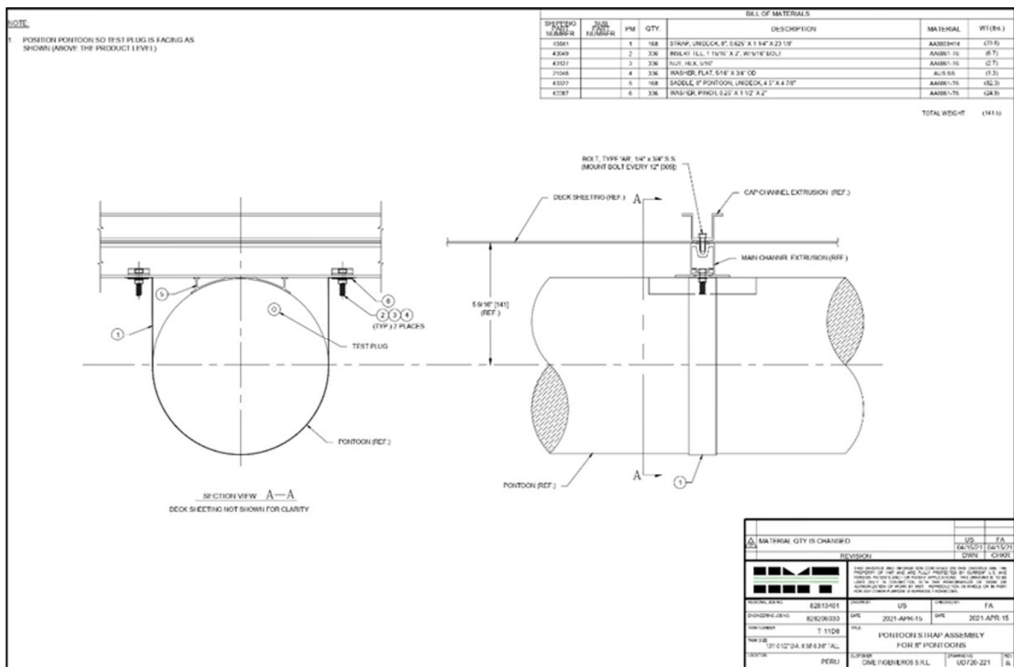
Diseño de pontones vista 1



Nota. Elaboración Propia

Figura 24

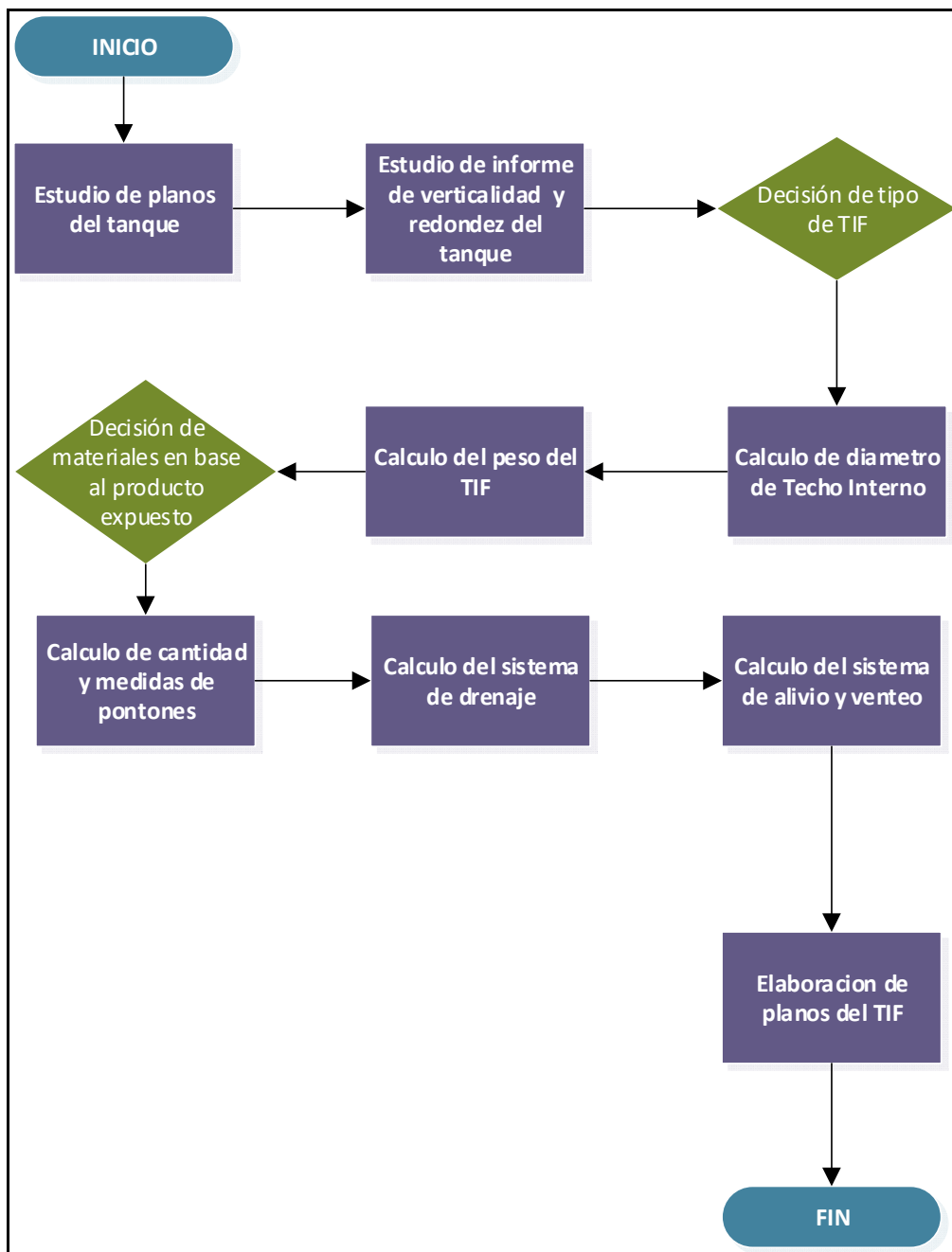
Diseño de pontones



Nota. Elaboración Propia

Figura 25

Gráfico Metodológico del Procedimiento



Nota. Elaboración Propia

Se recopilan y analizan los detalles técnicos específicos del tanque, incluyendo dimensiones, material de construcción, ubicación, capacidad de almacenamiento y

condiciones operativas. Esta información es fundamental para garantizar que el diseño del plano cumpla con los estándares de calidad y seguridad requeridos.

3.2.2. Etapa de instalación del Techo Interno flotante

El presente procedimiento establece los lineamientos que se siguió para la ejecución e instalación, montaje de los techos flotantes internos de forma segura y con calidad, en el tanque 11D-8 del terminal Bayóvar.

Tabla 2

Características del tanque 11D-8

Descripción	Detalle
Tanque	11d-8
Diámetro (m)	39.937
Altura (m)	17.817
Tipo de fluido	Crudo
Temperatura de operación (m)	27°C - 33°C
Temperatura de operación (nuevo alcance)	40°C + 10%

Nota. Elaboración Propia

3.2.2.1. Recursos requeridos

- **Personal:**

El personal requerido para la ejecución del proyecto incluye un equipo multidisciplinario altamente capacitado, liderado por el ingeniero residente, quien supervisará y coordinará todas las actividades. El ingeniero de seguridad garantizará el cumplimiento de los estándares y normativas de seguridad en el sitio, mientras que el supervisor de calidad velará por que los trabajos cumplan con los criterios establecidos y las especificaciones técnicas. El supervisor de campo se encargará de gestionar las operaciones diarias y la correcta ejecución en el área de trabajo. Además, el equipo contará con

especialistas en montaje de techo interno flotante, quienes aportarán su experiencia técnica específica, apoyados por operarios montajistas y oficiales metalmecánicos, responsables de las labores prácticas y la manipulación de materiales, asegurando precisión y eficiencia en cada etapa del proyecto.

- Equipos de protección personal

El equipo de protección personal (EPP) requerido para la realización del proyecto incluye elementos esenciales diseñados para garantizar la seguridad de los trabajadores en cada actividad. Los trabajadores deberán portar un casco de seguridad para proteger la cabeza de impactos, botines con puntera reforzada para salvaguardar los pies contra objetos pesados o peligrosos, y lentes panorámicos que protejan los ojos de partículas o proyecciones. Asimismo, se utilizará una careta facial para brindar mayor protección durante actividades específicas. El uniforme completo con cintas reflectivas asegurará visibilidad en el área de trabajo, especialmente en condiciones de baja luz. Para reducir el riesgo de daño auditivo en entornos ruidosos, se proporcionarán tapones auditivos, y los guantes de cuero cortos protegerán las manos en tareas que impliquen contacto con materiales abrasivos o cortantes. Este conjunto de EPP es fundamental para minimizar riesgos y promover un ambiente laboral seguro.

- Equipos y herramientas

El proyecto contará con una amplia variedad de equipos y herramientas esenciales para asegurar una ejecución eficiente y precisa. Entre los equipos principales se incluye un camión grúa para maniobras pesadas, un grupo electrógeno de 45 kW para garantizar el suministro eléctrico en el sitio, y luminarias Contempo de 400 watts para iluminar adecuadamente las áreas de trabajo. Se dispondrá de un tablero eléctrico y extensiones monofásicas y trifásicas para la correcta distribución de energía.

Para las labores específicas, se emplearán amoladoras de 7" y 4.5", taladros manuales, y diversas herramientas como llaves de impacto, llaves mixtas, llaves dados de diferentes medidas, y llaves tipo ratchet, junto con brocas de cobalto para trabajos de precisión. Se contará también con andamios layer, escaleras de tijera de 5 y 7 pasos, y lonas anti chispas para garantizar seguridad y accesibilidad.

Complementando el equipo, se incluirán herramientas manuales como tijeras ojalateras, prensas tipo C de 5" y 7", martillos de goma, cordeles de nylon, plomadas, y arcos de sierra. También estarán disponibles instrumentos de medición como flexómetros de 8 m, 30 m, y 50 m, para garantizar precisión en todas las actividades. Este conjunto de equipos y herramientas permitirá cumplir con los más altos estándares de calidad y seguridad en el desarrollo del proyecto.

3.2.2.2.Procedimiento

- Trabajos Preliminares

Los trabajos preliminares incluyen actividades clave para garantizar que las condiciones iniciales del proyecto sean óptimas y seguras. Se realizará el traslado de materiales, herramientas y personal hacia la zona de trabajo, asegurando que todos los recursos necesarios estén disponibles en el lugar. Posteriormente, se llevará a cabo un Checklist de los equipos de embalaje, con el objetivo de verificar que los elementos del techo interno flotante estén en buen estado y listos para el montaje.

Como parte del cumplimiento de normativas y protocolos, se procederá a tramitar las firmas del permiso de trabajo y el Análisis de Trabajo Seguro (ATS), asegurando que todas las actividades cuenten con las autorizaciones correspondientes. Finalmente, se verificará cuidadosamente la limpieza de la zona de trabajo, asegurándose de que esté completamente libre de polvo, escombros o cualquier elemento que pueda interferir con el proceso de

montaje del techo interno flotante. Estas actividades preliminares son fundamentales para garantizar un inicio ordenado, eficiente y seguro del proyecto.

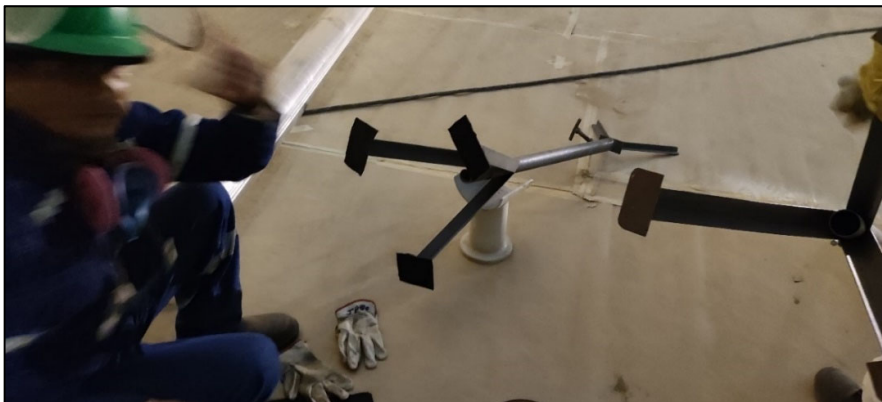
- **Trabajos pre liminares en instalación de sabana flotante**

El Supervisor de Campo gestiona la firma del Permiso de Trabajo en Caliente y del Permiso de Ingreso a Espacio Confinado, verificando previamente las concentraciones de gases como H₂S, CO, CO₂, explosividad y oxígeno. Estas mediciones las realizan el Supervisor del Área de Mantenimiento y el Operador (MODEPRO) para garantizar condiciones seguras durante el montaje de la sábana flotante en el interior del tanque, utilizando herramientas neumáticas. El Jefe de Grupo, junto con los trabajadores y con la asesoría del responsable de Seguridad, llena el Formato de Análisis de Trabajo Seguro (ATS) antes de ejecutar las labores. Este documento permite identificar y controlar los riesgos asociados al trabajo en espacio confinado y al uso de herramientas especializadas.

Antes del ingreso al tanque, se instalan soportes regulables, conocidos como "falsa obra", que se ajustan entre el techo y el fondo del tanque. Estos soportes evitan cualquier caída inesperada de la sábana flotante durante su montaje, asegurando tanto la seguridad de los trabajadores como la integridad del equipo. Este procedimiento se realiza siguiendo estrictos estándares de seguridad y eficiencia operativa.

Figura 26

Instalación de Soportes Regulables



Nota. Elaboración Propia

El montaje de la sábana flotante comienza utilizando escaleras de aluminio, así como herramientas manuales y neumáticas equipadas con dados de ½”, 7/16” y 9/16”. Estas herramientas son seleccionadas específicamente para garantizar un ensamblaje preciso y seguro de las piezas. Las diferentes partes de la sábana flotante, que incluyen pontones, láminas de aluminio, patas ajustables, sello perimetral, cajas de columna, cajas de cubierta, rimplay y rieles, se introducen cuidadosamente a través de los manholes del tanque. Durante este proceso, se realizan maniobras controladas y coordinadas para evitar cualquier daño en la pintura del fondo del tanque, lo que podría comprometer su protección contra la corrosión. El montaje se realizará de la siguiente manera:

- **Trabajos de montaje e instalación de sabana flotante**

Una vez terminados los trabajos complementarios tanto en el cilindro, fondo y techo del tanque se procede al armado de la sabana flotante con los siguientes pasos:

El trazo y replanteo para la ubicación de los pontones de la sabana flotante incluyó una serie de actividades detalladas para garantizar la precisión y funcionalidad del montaje. En primer lugar, se procedió a verificar el diámetro del tanque, asegurando que las medidas coincidan con las especificaciones del diseño y permitan un ajuste correcto de los pontones.

Además, se comprobó que todas las columnas estuvieran plomadas, ya que cualquier desviación podría comprometer la estabilidad y el alineamiento de la sabana flotante. Finalmente, se realizó una inspección minuciosa para comprobar que las paredes del tanque estuvieran completamente limpias, eliminando restos de soldadura, rebabas o cualquier imperfección que pudiera obstruir o dificultar el movimiento de la sabana dentro del cilindro del tanque. Estas tareas son esenciales para establecer un punto de partida preciso y libre de interferencias para la instalación del sistema.

Ingreso del ring plate para su presentación y armado asegurándose del estado en que se encontraron.

Figura 27

Ingreso del Ring Plate

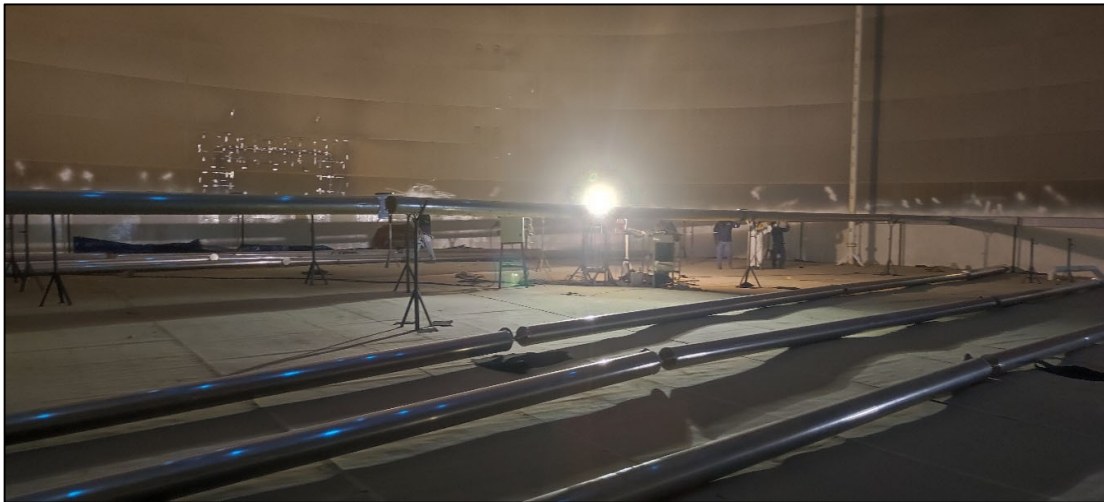


Nota. Elaboración Propia

Levantamiento del rim plate y colocación de los soportes de la sabana (patas), teniendo en cuenta de la disposición apropiada de las patas como se observa en la figura 28.

Figura 28

Levantamiento del Rim Plate



Nota. Elaboración Propia

Instalación y presentación de los rieles como parte de la estructura, teniendo en cuenta la disposición apropiada de las vigas como se observa en la figura 29.

Figura 29

Instalación y Presentación de los Rieles



Nota. Elaboración Propia

Presentación e instalación de los pontones principales realizando a la vez un chequeo visual de todos los pontones para asegurarse que ninguno este dañado.

Figura 30

Presentación e Instalación de los Pontones Principales



Nota. Elaboración Propia

Presentación e instalación de zapatas metálicas con sus pantógrafos como se observa en la figura 31.

Figura 31

Presentación e Instalación de Zapatas Metálicas



Nota. Elaboración Propia

Se procede a la colocación de los rieles en toda el área de la sábana flotante, asegurándose de que estén correctamente alineados y fijados para garantizar su estabilidad y funcionalidad. Este proceso es crucial, ya que los rieles actúan como elementos estructurales que soportan y guían el sistema flotante, permitiendo un movimiento adecuado en función del nivel del líquido almacenado.

Figura 32

Colocación de Rieles



Nota. Elaboración Propia

El proceso de montaje continúa con el tendido de las láminas de aluminio en toda el área circunferencial de la sábana flotante. Estas láminas se colocan cuidadosamente, asegurando un ajuste preciso y uniforme para garantizar su funcionalidad y resistencia a las

condiciones operativas. Durante esta etapa, se supervisa que no se produzcan daños en las láminas, como deformaciones o rayones, que puedan comprometer su desempeño.

A continuación, se procede a la instalación del sello primario, el cual es fundamental para minimizar las fugas de vapor y garantizar la estanqueidad del sistema. Este sello se coloca siguiendo las especificaciones técnicas del diseño, asegurando que quede perfectamente ajustado a la circunferencia del tanque.

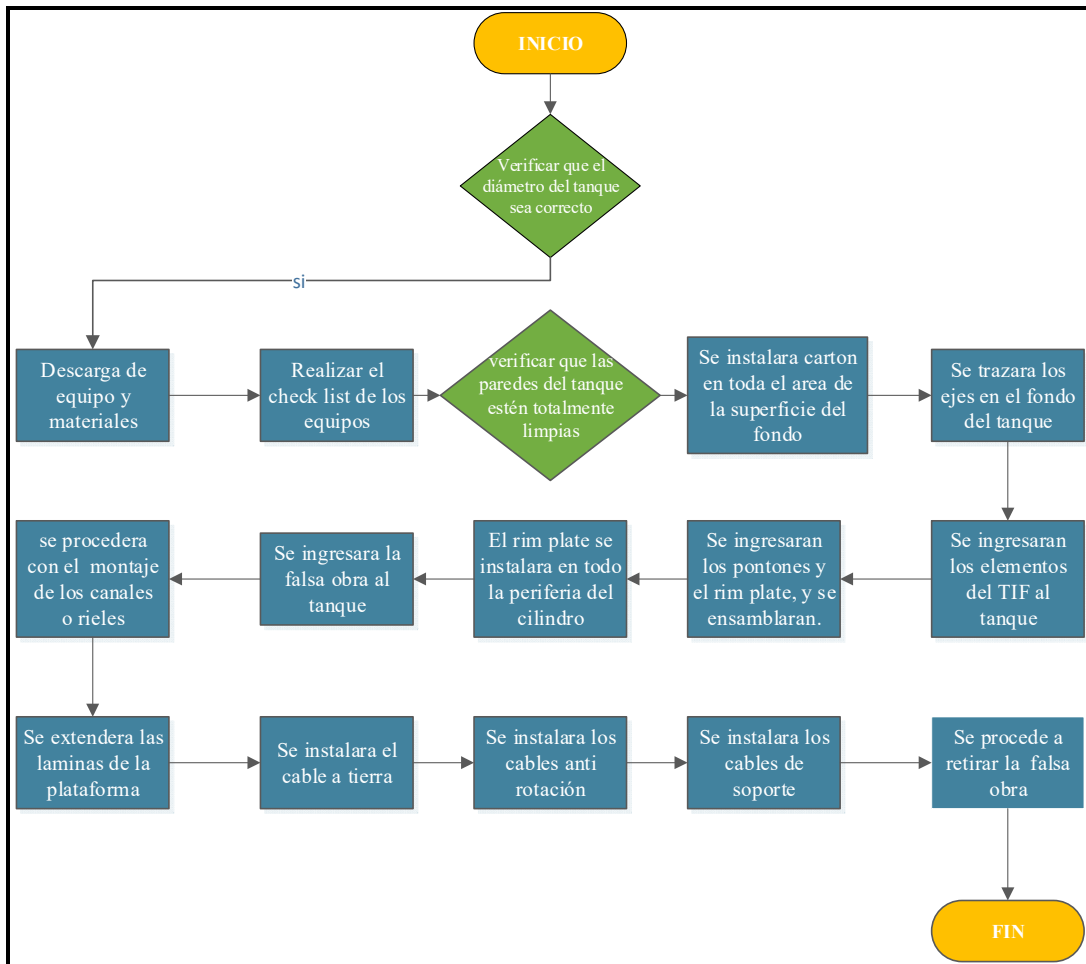
Seguidamente, se instalan las cajas de paso y el manhole, elementos clave para permitir el acceso y la conexión de componentes adicionales. Estas piezas se fijan cuidadosamente para garantizar su funcionalidad y cumplimiento con los estándares de seguridad.

El proceso incluye también la instalación de los accesorios de la sábana flotante, como las válvulas de presión y vacío, drenajes, cables anti-rotacionales y el cable a tierra. Cada uno de estos componentes se ensambla y ajusta con precisión para garantizar la estabilidad del sistema, la seguridad operativa y la protección contra descargas eléctricas.

Finalmente, se realiza una última revisión integral de todo el montaje, verificando que cada componente esté correctamente instalado y cumpla con los parámetros de diseño. Una vez aprobada esta inspección, se procede a iniciar la prueba de flotabilidad, asegurando que la sábana flotante opere correctamente bajo las condiciones de trabajo previstas.

Figura 33

Diagrama del Flujo del Proceso



Nota. Elaboración Propia

3.2.3. Etapa Prueba de flotabilidad

Antes de iniciar la prueba de flotabilidad, es fundamental realizar una inspección visual exhaustiva y un control de calidad detallado de la instalación final. Este paso asegura que todo esté en condiciones óptimas y con un ajuste seguro. En esta etapa, se debe confirmar que todos los pines de las patas estén correctamente instalados en el agujero correspondiente al nivel bajo de las patas. Además, es necesario verificar que todos los accesorios de la sábana flotante estén correctamente montados y ajustados.

Para la prueba, se debe utilizar exclusivamente agua no contaminada con un pH neutro. Es crucial evitar el uso de agua con altas concentraciones de sales o contaminantes,

ya que estos pueden afectar tanto la integridad del sistema como la precisión de los resultados.

Antes de iniciar el llenado del tanque, se debe garantizar que todas las entradas y accesos, como las bocas de hombre (manholes) y las tuberías de ingreso, estén debidamente aseguradas. Esto es esencial para prevenir fugas y garantizar la seguridad de las operaciones.

Durante el llenado, se debe controlar que el régimen de llenado sea menor o igual al 50 % del caudal normal. Este flujo reducido debe mantenerse hasta que el techo del tanque comience a flotar sobre los pontones. Simultáneamente, se debe realizar una inspección visual constante para asegurarse de que la sábana flotante se mantenga nivelada y que no haya acumulaciones de agua sobre su superficie.

Una vez verificadas las primeras condiciones de flotabilidad, se procede a llenar el tanque hasta alcanzar su capacidad máxima de operación. Durante esta etapa, es fundamental monitorear de cerca para evitar derrames de agua por los rebosaderos y garantizar que el llenado sea seguro.

En el punto máximo de llenado, se debe realizar una inspección visual detallada de toda la sábana flotante. Esto incluye verificar el estado del sello, la correcta posición y ajuste de las zapatas, y el estado de las cajas de paso. Cualquier anomalía detectada durante esta fase debe corregirse de inmediato para evitar complicaciones posteriores.

Finalmente, es recomendable documentar cada paso del proceso, incluyendo las verificaciones y observaciones realizadas, para generar un informe completo de la prueba de flotabilidad. Este procedimiento asegura que el tanque y sus componentes críticos funcionen de manera segura y eficiente.

3.3. Modelado de la propuesta o solución

Para analizar la cantidad de combustible perdido por evaporación en el tanque 11D8 del Terminal Bayóvar, se utilizó la herramienta TANKS 4.09, un software especializado diseñado para estimar las emisiones al aire de líquidos orgánicos almacenados en tanques. Este programa fue desarrollado y es mantenido por la Oficina de Planificación y Normas de Calidad del Aire (OAQPS) de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos. Su propósito es ayudar a agencias gubernamentales, consultores e industrias a calcular las emisiones atmosféricas generadas por diversas fuentes, proporcionando un método confiable para evaluar el impacto ambiental y las pérdidas por evaporación.

El software TANKS 4.09d, versión empleada para este análisis, permite realizar cálculos detallados de las emisiones de vapores orgánicos basándose en información específica de los tanques de almacenamiento. Los resultados se expresan en unidades de libras, lo que facilita la cuantificación de las pérdidas y la planificación de medidas para mitigarlas. La precisión del cálculo depende de los datos proporcionados sobre las características del tanque y del líquido almacenado como se observa en la figura 34.

El programa solicita varios parámetros básicos para identificar los tanques, independientemente de su tipo. Entre estos datos se incluyen: el número de identificación único del tanque, la descripción opcional del tanque, la ciudad donde está ubicado, el estado o condición del tanque (opcional) y la compañía propietaria. Estos datos permiten registrar y diferenciar cada tanque dentro del sistema.

En el caso del tanque 11D8, que es de tipo TECHO FIJO VERTICAL, el programa requiere información más detallada para realizar sus estimaciones. Algunos de los parámetros esenciales incluyen la altura y el diámetro del tanque, ambos medidos en pies, que definen sus dimensiones principales. También se solicita la altura máxima del líquido, utilizada para calcular el volumen máximo de trabajo, y la altura promedio del líquido, que

representa el nivel promedio del contenido en el tanque. El volumen de trabajo se calcula automáticamente a partir del diámetro y la altura máxima del líquido.

Adicionalmente, se debe ingresar la facturación por año, que se calcula en función de las rotaciones anuales del tanque, obtenidas al dividir el rendimiento anual entre el volumen de trabajo. En tanques de almacenamiento estático, este valor es "0", mientras que, para tanques de compensación o nivel constante, el número de rotaciones se calcula multiplicando el rendimiento por el volumen de trabajo. El programa también estima el rendimiento neto anual en galones si se han ingresado correctamente el volumen de trabajo y el número de rotaciones por año. Otro dato importante es si el tanque está sujeto a calentamiento, aislamiento o regulación térmica, en cuyo caso se debe especificar que las condiciones de temperatura ambiente no son los únicos factores que afectan la temperatura del líquido.

Para completar el análisis, el programa requiere información detallada del líquido almacenado. Esto incluye la identificación de los componentes químicos presentes en el líquido y sus propiedades, como la densidad y la presión de vapor. Estas características son cruciales para determinar la presión de vapor general del líquido y los componentes que pueden contribuir a las emisiones atmosféricas. También es necesario indicar los períodos de tiempo durante los cuales se almacena cada producto químico o mezcla en el tanque.

Este análisis detallado, realizado con TANKS 4.09, permite estimar las emisiones de manera precisa y evaluar las pérdidas de combustible por evaporación en el tanque 11D8. Los resultados no solo ayudan a entender el impacto ambiental, sino que también sirven como base para implementar medidas que optimicen las operaciones del tanque, reduzcan las emisiones y mejoren la eficiencia general del sistema de almacenamiento.

Figura 34

Software TANKS 4.09d

Nota. Elaboración Propia

3.4. Resultados

Los resultados generados por el programa se presentan en el Anexo ***, donde se detalla la información obtenida expresada en unidades de libras. Este anexo proporciona un desglose claro y preciso de las emisiones calculadas, permitiendo analizar cada uno de los parámetros involucrados en el proceso de estimación.

Tabla 3

Características Obtenidas del Programa

Unidad de medida	Volumen del tanque	Emisión de vapores anuales sin tif	Emisión de vapores anuales con tif	Diferencia en perdida
LIBRAS	34,402,119.80	686,895.00	3,611.00	683,284.00
GALONES	5,548,729.00	110,789.52	582.42	110,207.10

Nota. Elaboración Propia

Para los resultados en costos se considera según el siguiente cuadro con precios actuales referenciados en la página oficial de Petroperú

Tabla 4

Costo Actuales de Productos

<i>COSTO EN SOLES</i>		
Barril de crudo	S/	337.18
Galón	S/	8.03
Galón + IGV	S/	9.47

Nota. Elaboración Propia

Por lo cual se observa en el siguiente cuadro la perdida en dinero de un tanque sin un techo interno flotante instalado

Tabla 5

Costo Total por Galones

Unidad de medida	Volumen del tanque	Emisión de vapores	Costo	Costo total
GALONES	5,548,729.00	110,789.52	S/ 9.47	S/ 1,049,176.72

Nota. Elaboración Propia

Asimismo, el análisis incluye un detalle de la pérdida económica asociada a las emisiones por evaporación en un tanque con techo interno flotante. Este cálculo resulta esencial para comprender no solo el impacto ambiental, sino también las implicaciones financieras de las pérdidas de combustible almacenado.

Tabla 6

Perdida Económico por el Costo de los Galones

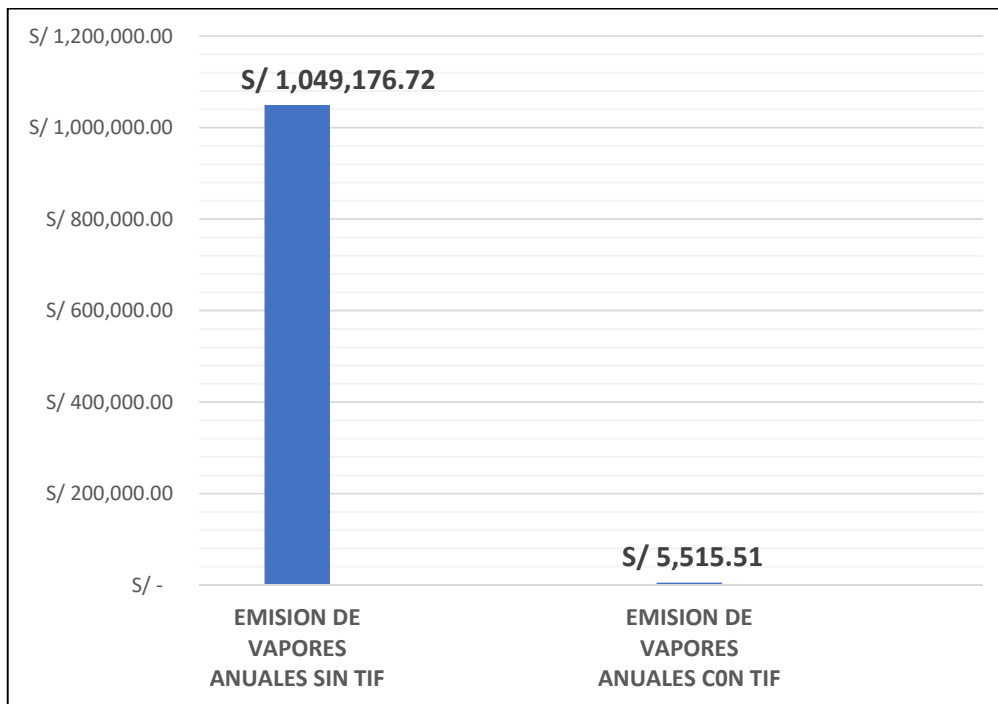
UNIDAD DE MEDIDA	VOLUMEN DEL TANQUE	EMISION DE VAPORES	COSTO	COSTO TOTAL
GALONES	5,548,729.00	582.42	S/ 9.47	S/ 5,515.51

Nota. Elaboración Propia

El gráfico presentado en la figura 35 permite visualizar de manera clara y comparativa la diferencia en la pérdida económica asociada a las emisiones por evaporación. Este análisis gráfico es fundamental para comprender cómo distintos factores, como el diseño del tanque, las características del líquido almacenado y las condiciones operativas, influyen en las pérdidas financieras.

Figura 35

Grafica de Perdida Anual en Soles



Nota. Elaboración Propia

Conclusiones

- Los resultados obtenidos mediante el programa TANKS 4.09 confirman que la instalación del techo interno flotante en el tanque de almacenamiento 11D8 reduciría la evaporación del combustible en un 99.5%, demostrando la efectividad de esta tecnología en minimizar las pérdidas por emisiones volátiles.
- La implementación del techo interno flotante en el tanque 11D8, basada en la metodología de la norma API 650, se llevó a cabo con éxito, cumpliendo los estándares de diseño, construcción y seguridad establecidos.
- La instalación del techo interno flotante permitió reducir las pérdidas económicas anuales por evaporación de 1,049,176.72 soles a solo 5,515.51 soles por tanque, evidenciando un impacto significativo en la eficiencia financiera de la operación.
- La disminución de emisiones de gases volátiles no solo representa un beneficio económico, sino que también genera un impacto ambiental positivo al reducir la contaminación atmosférica y mitigar el efecto de gases evaporados sobre el entorno.
- La prueba de flotabilidad realizada comprobó exitosamente la correcta instalación y operación del techo interno flotante, garantizando su funcionalidad y desempeño conforme a las especificaciones técnicas.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar un monitoreo continuo del techo interno flotante después de su instalación, utilizando los sistemas de tubos de calma integrados en los tanques para verificar su correcto desempeño y detectar cualquier irregularidad.
- Es aconsejable programar un mantenimiento mayor del techo interno flotante como máximo cada 15 años desde su instalación, para prevenir problemas derivados de posibles corrosiones, perforaciones u otros daños ocasionados por el producto almacenado o las condiciones ambientales.

- Para futuras pruebas de flotabilidad, se recomienda utilizar agua dulce de río o canal, evitando agua con alta salinidad, ya que esta podría generar corrosión en los componentes del tanque y afectar su integridad a largo plazo.
- Se sugiere implementar el sistema de techo interno flotante en otros tanques de almacenamiento, especialmente en instalaciones donde se manejen líquidos volátiles, para minimizar las consecuencias ambientales y económicas tanto a corto como a largo plazo.
- Es importante establecer un programa de capacitación para el personal encargado del monitoreo y mantenimiento del techo interno flotante, con el objetivo de garantizar una operación segura y eficiente, maximizando la vida útil de los sistemas instalados.

Referencias Bibliográficas

- Alvarado, J. (2023). Teoría del caos y su incidencia sobre la teoría de gestión. *IPSA Scientia, Revista Científica Multidisciplinaria*, 8(2), 10–23.
<https://doi.org/10.25214/27114406.1592>
- BCRP. (2023). Panorama actual y proyecciones macroeconómicas macroeconómicas 2023 - 2025. In *Reporte de inflación*. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2023/diciembre/reporte-de-inflacion-diciembre-2023.pdf>
- Benitas, F. (2021). *Implementación de un plan de seguridad industrial y salud ocupacional para disminuir los riesgos laborales en la empresa agroindustrial Pomalca S.A.A, Pomalca, 2019*.
[https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/8788/Benites Monja%2C Franco.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/8788/Benites%20Monja%20Franco.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cadena, M. R. (2021). *Diseño de ingeniería para la construcción de un tanque de almacenamiento de etanol anhidro como aditivo de origen vegetal para las gasolinas*.
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/36365/PG-7807.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castillo, M. S. (2023). *Desarrollo de un plan de mantenimiento para tanques de almacenamiento de productos limpios derivados del petróleo de la empresa pública Petroecuador, en el terminal de almacenamiento de productos limpios El Beaterio. TRABAJO*. [https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/25196/1/CD 13689.pdf](https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/25196/1/CD%2013689.pdf)
- CEPLAN. (2023). *Reporte 2024. Riesgos y oportunidades globales y nacionales para el Perú 2024 - 2034*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5590727/4964922-documento-de-trabajo-reporte-2024-riesgos-y-oportunidades-globales-y-nacionales-para-el-peru-2024-2034.pdf>
- Céspedes, S., Vázquez, L., Pacheco, E., Ceja, S., Clara, M., & De León, G. (2023). *Cultura*

- organizacional, competitividad y teoría del caos desde la perspectiva de los profesores en educación superior. *IPSA Scientia, Revista Científica Multidisciplinaria*, 8(1), 43–66. <https://doi.org/10.25214/27114406.1548>
- De la Peña, N., & Granados, O. (2020). Cuarta revolución industrial: implicaciones en la seguridad internacional. *Oasis*, 33, 49–73. <https://doi.org/10.18601/16577558.n33.05>
- Delgado, D. D. (2021). Evaluación cuantitativa de las pérdidas por evaporación producidas en la planta de almacenamiento de combustibles líquidos de Palmasola. In *Universidad Mayor de San Andrés*. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/35943/PG-7713.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ECOPETROL. (2022). *Reporte de métricas – sustainability accounting standards board (sasb) 2022*. <https://saaeuecprdpecp.blob.core.windows.net/web/esp/ECOPETROL-ESP-SASB-20220509.pdf>
- Energynews. (2024). *Petroperu: Financial challenges and government support crucial for the future*. Energynews. <https://energynews.pro/en/petroperu-financial-challenges-and-government-support-crucial-for-the-future/>
- Franco, R. (2021). Las Teorías Del Control Y Evaluación Organizacional Independiente. *Criterio Libre*, 18(32), 71–107. <https://doi.org/10.18041/1900-0642/criteriolibre.2020v18n32.7112>
- García, I., Rodríguez, E. V., Lorenzo, M., & Sesta, V. (2023). *Construyendo modelos precursores sobre la flotabilidad de objetos macizos a los seis años*. <https://ddd.uab.cat/record/272565>
- Garivia, L. F., Guerrero, J., Noreña, F., Marulanda, M. L., Gómez, D., Vargas, L. M., Escobar, C. L., Izquierdo, M. L., & Betancourt, E. (2023). *Revista de Investigación. Revista de Investigación Miradas*, 18, 1–240.

- <https://revistas.utp.edu.co/index.php/miradas/article/view/25276>
- Hernández, A. (2023). *Hidrógeno verde y almacenamiento energético: estado del arte*.
https://oa.upm.es/75295/1/TFG_ADRIAN_HERNANDEZ_FERNANDEZ.pdf
- J2MECH. (2019). Diseño de tanques según API 650. In *J2MECH*.
- Lestayo, Z., & Hernández, J. L. (2022). Aplicaciones de la Teoría del caos en medicina.
Revista Cubana de Informática Médica, 14(2).
<http://scielo.sld.cu/pdf/rcim/v14n2/1684-1859-rcim-14-02-e557.pdf>
- Melgar, Y. (2021). *Diseño de un tanque y sus conexiones para la recolección de los vapores de gasolina especial provenientes de los tanques de techo fijo de la planta de almacenamiento de combustibles líquidos en la ciudad de Guayaramerin - Beni*.
<https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/35944>
- Meneses, K. R., & Michelini, R. P. (2023). Implementación de Sistema de Seguridad y Salud en el trabajo para prevenir accidentes laborales en una empresa constructora de tanques de almacenamiento de hidrocarburos. In *URP*.
https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/7096/T030_72484792_T_MENESES_QUEVEDO%2C_KEVIN_RAUL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Muñoz, C. (2023). *Protección contraincendios en tanques de techo flotantes*.
<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/72630/fichero/TFM-2630+Muñoz+Esquivel.pdf>
- Olivella, J. (2021). *Teoría del buque : flotabilidad y estabilidad : problemas*.
<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.3/36372>
- Oña, B. E. (2020). Teoría de la Contingencia y Teoría de Costos en sectores económicos vulnerables. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA*, 1(4), 1–11.
<http://dx.doi.org/10.35381/r.k.v5i4.1004>
- Otoya, K. F., & Neira, M. (2019). Aplicación estadística para determinar mermas en la

- estación de servicios gasoholbio EIRL y diseño de un informe técnico que permite acreditar costo y gasto según la LIR periodo 2017. In *Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo*.
- https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2437/1/TL_NeiraCarrionMilagros_OtoyaAltamiranoKatia.pdf
- Ramírez, P. J. (2022). La teoría de sistemas aplicada en la administración reflexiones desde la perspectiva transcompleja. *Revista Científica Elocucao, 11*, 291–307.
- <https://periodicos.faez.edu.br/index.php/e-Locucao/article/download/460/320>
- Rivera, Y., Fernández, B., Davis, J., Llovet, N. F., Cueli, A., & López, S. (2021). Análisis de la falla del techo flotante de un tanque de almacenamiento de gasolina. *Revista CENIC Ciencias Químicas, 52*(1).
- <https://www.redalyc.org/journal/1816/181669387002/html/>
- Santiago, J. M. (2022). *Recuperación de molibdeno y cobre del mineral de pórfido mediante flotación empleando el criterio de ISO-flotabilidad en minera Chinalco - Toromocho*.
- https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/9832/T010_47546870_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Valencia, J. J. (2022). *Implementación de Domo Geodésico y membrana flotante full contact en tanques de almacenamiento para una empresa de distribución y almacenamiento de hidrocarburos*.
- <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24543/4/UPS-GT004247.pdf>
- Valencia, M. E. (2019). Diseño Y Control Automático De Tanque De Almacenamiento De Crudo De Petróleo Para Una Refinería. In *Universidad Nacional de Piura*.
- <https://core.ac.uk/download/pdf/250077993.pdf>
- Vázquez, E. D. (2023). Teoría de sistemas: De Ludwig von Bertalanffy a Niklas Luhmann.

Miradas, 18(1), 195–206. <https://doi.org/10.22517/25393812.25276>

Villavicencio, P. S. (2024). *Diseño de techos para un tanque vertical atmosférico de 100000 barriles de capacidad, para almacenamiento de combustibles líquidos, según normativa API_650*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26747/1/UPS-CT011101.pdf>

Zambrano, D., Soto, L., & Ugalde, J. (2021). Teoría de las restricciones y su impacto en las mejoras de la productividad. *Polo Del Conocimiento*, 6(11), 398–411. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i11.3277>

● 8% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	doku.pub Internet	1%
2	cimeingenieros.com Internet	<1%
3	repositorio.uwiener.edu.pe Internet	<1%
4	tesis.pucp.edu.pe Internet	<1%
5	uwiener on 2024-05-21 Submitted works	<1%
6	provetecmar.com Internet	<1%
7	guia.petroperu.com.pe Internet	<1%
8	uwiener on 2024-01-08 Submitted works	<1%