

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO

Optimización de un sistema top loading mediante piping para
carga de producto slop en planta de hidrocarburos

AUTORES:

Br. Gálvez Bordonabe, Juan José

Br. Quiroz Damian, Marsselo Giussepp

ASESOR:

Msc. Risco Ojeda, Rusber Alberto

ORCID: 0000-0003-0194-169X

Nuevo Chimbote – Perú

2024

HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

La presente tesis titulada:

“OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA TOP LOADING MEDIANTE PIPING PARA CARGA DE PRODUCTO SLOP EN PLANTA DE HIDROCARBUROS”, elaborada por los bachilleres.

Gálvez Bordonabe, Juan José

Quiroz Damian, Marsello Giussepp

Para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico, ha constado con el asesoramiento de quien deja constancia de su aprobación. Por tal motivo, firmo el presente trabajo en calidad de asesor.



Msc. Risco Ojeda, Rusber Alberto
COD. ORCID. 0000-0003-0194-169X
DNI: 32903454
ASESOR

HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

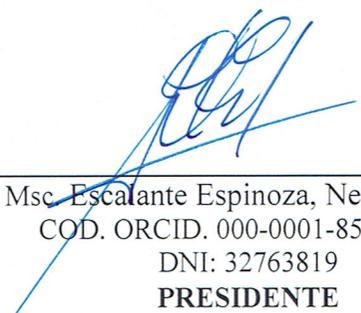
La presente tesis titulada:

“OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA TOP LOADING MEDIANTE PIPING PARA CARGA DE PRODUCTO SLOP EN PLANTA DE HIDROCARBUROS”, elaborada por los bachilleres.

Gálvez Bordonabe, Juan José

Quiroz Damian, Marssele Giussepp

Para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico, Fue revisado y aprobado por el siguiente Jurado Evaluador.



Msc. Escalante Espinoza, Nelver Javier
COD. ORCID. 000-0001-8586-3021
DNI: 32763819
PRESIDENTE



Msc. Iparraguirre Lozano, Arquímedes
COD. ORCID. 0000-0002-1132-7688
DNI: 32766219
SECRETARIO



Msc. Risco Ojeda, Rusber Alberto
COD. ORCID. 0000-0003-0194-169X
DNI: 32903454
INTEGRANTE

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los cinco días del mes de enero del año dos mil veinticuatro, siendo las 12:00 a.m., en el Laboratorio de Uso Múltiple de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica-FI-UNS, en concordancia a lo dispuesto en el Oficio Múltiple N° 034-2022-UNS-CU-SG, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 786-2023-UNS- CFI, y de expedito según Resolución Decanal N° 899-2023-UNS-FI integrado por los docentes: **Msc. Nelver Javier Escalante Espinoza** (Presidente), **Msc. Arquímedes Iparraguirre Lozano** (Secretario) y el **Msc. Rusber Alberto Risco Ojeda** (Integrante), para dar inicio a la sustentación de la Tesis titulada **OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA TOP LOADING MEDIANTE PIPING PARA CARGA DE PRODUCTO SLOP EN UNA PLANTA DE HIDROCARBUROS**, perteneciente a los bachilleres: **GÁLVEZ BORDONABE JUAN JOSÉ** con código de matrícula N° 0201616048 y **QUIROZ DAMIAN MARSSELO GIUSSEPP** con código de matrícula N° 0201516029, quien fue asesorado por el Msc. Rusber Alberto Risco Ojeda, según Resolución Decanal N° 114-2023-UNS-FI.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General de Grados y Títulos, vigente, declaran aprobar:

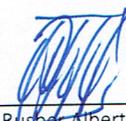
BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
GÁLVEZ BORDONABE JUAN JOSÉ	18	BUENO

Siendo las 12:30 p.m. del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, enero 05 de 2024


Msc. Nelver Javier Escalante Espinoza
PRESIDENTE


Msc. Arquímedes Iparraguirre Lozano
SECRETARIO.


Msc. Rusber Alberto Risco Ojeda
INTEGRANTE

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

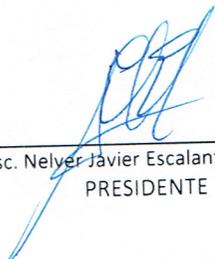
A los cinco días del mes de enero del año dos mil veinticuatro, siendo las 12:00 a.m., en el Laboratorio de Uso Múltiple de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica-FI-UNS, en concordancia a lo dispuesto en el Oficio Múltiple N° 034-2022-UNS-CU-SG, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 786-2023-UNS- CFI, y de expedito según Resolución Decanal N° 899-2023-UNS-FI integrado por los docentes: **Msc. Nelder Javier Escalante Espinoza (Presidente)**, **Msc. Arquímedes Iparraguirre Lozano (Secretario)** y el **Msc. Rusber Alberto Risco Ojeda (Integrante)**, para dar inicio a la sustentación de la Tesis titulada **OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA TOP LOADING MEDIANTE PIPING PARA CARGA DE PRODUCTO SLOP EN UNA PLANTA DE HIDROCARBUROS**, perteneciente a los bachilleres: **GÁLVEZ BORDONABE JUAN JOSÉ** con código de matrícula N° 0201616048 y **QUIROZ DAMIAN MARSELO GIUSSEPP** con código de matrícula N° 0201516029, quien fue asesorado por el Msc. Rusber Alberto Risco Ojeda, según Resolución Decanal N° 114-2023-UNS-FI.

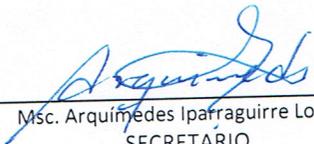
El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General de Grados y Títulos, vigente, declaran aprobar:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
QUIROZ DAMIAN MARSELO GIUSSEPP	18	BUENO

Siendo las 12:30 p.m. del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, enero 05 de 2024


Msc. Nelder Javier Escalante Espinoza
PRESIDENTE


Msc. Arquímedes Iparraguirre Lozano
SECRETARIO


Msc. Rusber Alberto Risco Ojeda
INTEGRANTE

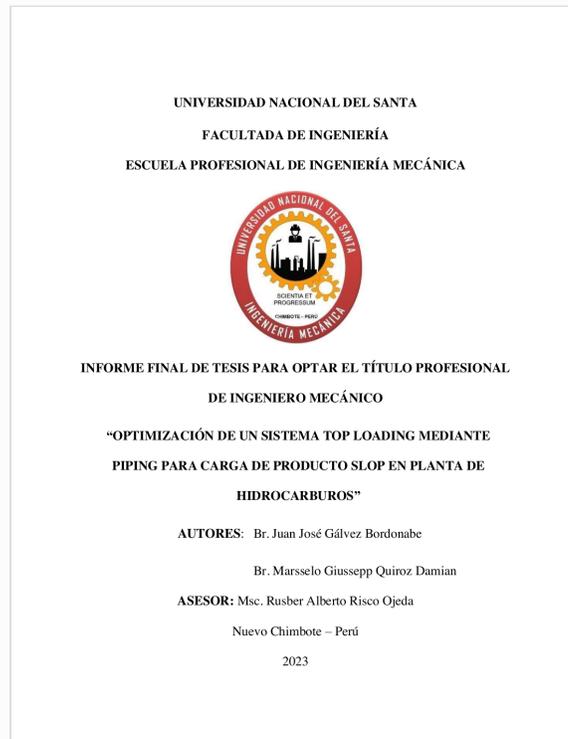


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: JUAN JOSE GALVEZ BORDONABE
Título del ejercicio: TESIS FINAL
Título de la entrega: OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA TOP LOADING
Nombre del archivo: IFT_Galvez_Quiroz.pdf
Tamaño del archivo: 3.01M
Total páginas: 58
Total de palabras: 9,281
Total de caracteres: 51,673
Fecha de entrega: 03-oct.-2023 03:20p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2184713373



OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA TOP LOADING

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	idoc.pub Fuente de Internet	1%
2	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
3	dokumen.pub Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
6	qdoc.tips Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1%
8	www.minem.gob.pe Fuente de Internet	<1%
9	biblioteca.itson.mx Fuente de Internet	

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a todas las personas que nos apoyaron desde el inicio de este arduo proceso, en especial a nuestras familias, que nos forjaron como personas competentes e inculcaron el ideal de superación en todas las etapas de nuestras vidas.

Agradecimientos

Agradecemos a Dios por permitirnos tener una buena experiencia en el ámbito familiar, estudiantil, en el ámbito profesional. Agradecemos a nuestras familias por apoyarnos en todo sentido y a nuestros compañeros de trabajo que nos ayudaron con temas técnicos. También agradecemos a los lectores interesados en nuestro informe y esperamos que les sirva para futuras investigaciones o proyectos que tienen en mente.

Índice General

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos	iii
Índice de figuras.....	viii
Índice de tablas	viii
Índice de Ecuaciones.....	ix
Resumen.....	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
1.4. Formulación de la hipótesis	3
1.5. Justificación.....	3
1.5.1. Justificación teórica	3
1.5.2. Justificación tecnológica.....	3
1.6. Limitaciones del trabajo.....	3

II.	MARCO TEÓRICO.....	4
2.1	Problemática.....	4
2.2	Importancia de la investigación.....	5
2.3	Marco referencial	5
2.3.1	Sector hidrocarburos en el Perú	5
2.3.2	SLOP.....	8
2.3.3	Sistema de carga de producto SLOP.....	8
2.3.4	Ministerio de Energía y Minas.....	8
2.3.5	Osinergmin.....	10
2.3.6	Planta de abastecimiento.....	10
2.3.7	Ecuación de continuidad	10
2.3.8	Ecuación de Bernoulli para fluido real	12
2.3.9	Número de Reynolds.....	12
2.3.10	Diagrama de Moody	13
2.3.11	Perdidas mayores en tuberías.....	13
2.3.12	Perdidas menores en tuberías.....	14
2.3.13	Norma ASME B31.3.....	15
2.4	Propuesta experimental	18
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	19

3.1 Materiales	19
3.1.1 Bienes materiales	19
3.1.2 Balance de materiales	19
3.1.3 Características de los materiales a usar	20
3.1.4 Características del fluido a transportar	22
3.1.5 Características de la bomba del sistema	22
3.2 Métodos	23
3.2.1 Trazo y replanteo del piping propuesto	23
3.2.2 Verificación de materiales en planta para el proyecto	24
3.2.3 Cálculo hidráulico del sistema	24
3.2.4 Determinación de espesores de tuberías de acuerdo con el ASME B31.3	28
3.2.5 Retorno de inversión	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	35
4.1 Resultados	35
4.2 Discusiones	35
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
5.1 Conclusiones	37
5.2 Recomendaciones	38
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	39

VII. ANEXOS	41
Anexo 1: Diagrama de Moody	41
Anexo 2: Características del material de tuberías según ASME B.31.3 para cálculos.	42
Anexo 3: Catálogo de dimensiones de tuberías.	43
Anexo 4: Planos.	43

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Cadena de valor del petróleo y sus derivados</i>	6
Figura 2 <i>Tubo de corriente e hilo de corriente</i>	11
Figura 3 <i>Secuencia del personal para el despacho habitual de SLOP</i>	29
Figura 4 <i>Secuencia del despacho con la propuesta</i>	30
Figura 5 <i>Costos actuales versus Costos optimizados</i>	34

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Coefficiente K de algunos accesorios</i>	15
Tabla 2 <i>Materiales utilizados para la ejecución del informe</i>	19
Tabla 3 <i>Materiales existentes en planta requerido para el proyecto</i>	19
Tabla 4 <i>Rugosidad de la tubería – valores de diseño</i>	21
Tabla 5 <i>Características del fluido a transportar</i>	22
Tabla 6 <i>Características de la bomba del sistema</i>	23
Tabla 7 <i>Accesorios según piping propuesto</i>	27
Tabla 8 <i>Balance de costos de despacho por sistema convencional</i>	31
Tabla 9 <i>Balance de costos de despacho según propuesta</i>	32
Tabla 10 <i>Análisis monetario sobre costos del proyecto, despacho y OPEX de la operación</i>	32
Tabla 11 <i>Retorno de inversión del proyecto</i>	33

Índice de Ecuaciones

<i>Ecuación de continuidad</i>	11
<i>Ecuación de Bernoulli con pérdidas hidráulicas</i>	12
<i>Número de Reynolds</i>	13
<i>Ecuación para pérdidas mayores</i>	13
<i>Ecuación para pérdidas menores</i>	14
<i>Formula para hallar espesor mínimo para tubo recto a presión interna</i>	16
<i>Presión de prueba</i>	18

Resumen

Anteriormente, en la planta de hidrocarburos donde se llevó a cabo la tesis, se realizaba la carga de producto slop a camiones cisterna mediante un conexionado de mangueras, lo cual demanda un exceso de tiempo y recurso humano, así como un incumplimiento del sentido único del tráfico, exceso en el tiempo de espera entre unidades de carga, en el área de carga actual no existe un sistema de agua para enfriamiento y espuma (SCI), con lo que se estaría incumpliendo normativas vigentes como las del MINEM y OSINERGMIN. Para esto, hemos realizado una propuesta técnica donde hemos planteado optimizar, hasta un 97%, el sistema top loading mediante la implementación de un sistema de tuberías (piping) que involucran 82 metros de tubería de 4" realizando cálculos hidráulicos donde hemos usando los principios hidráulicos de Bernoulli y la Ecuación de continuidad que nos permitan comprobar las pérdidas que pueden existir con el isométrico propuesto obteniendo que la carga demorará 63 minutos y hemos verificación de que se cumpla, normativamente, según el código ASME B31.3, el espesor mínimo requerido para el piping concluyendo en que será SCH 40 y la configuración de todo el sistema (sistema de alivios y soportes) y así hemos logrado alinear los procesos, tanto normativamente como con los objetivos económicos de la empresa.

Palabras Clave: Slop, Top Loading, Normativa, Recurso Humano, Optimización, Piping

Abstract

Previously, in the hydrocarbon plant where the thesis was carried out, slop product was loaded into tanker trucks by connecting hoses, which demands an excess of time and human resources, as well as a failure to comply with the one-way meaning of the traffic, excess waiting time between cargo units, in the current loading area there is no water system for cooling and foam (SCI), which would be violating current regulations such as those of the MINEM and OSINERGMIN. For this, we have made a technical proposal where we have proposed optimizing, up to 97%, the top loading system by implementing a piping system that involves 82 meters of 4" pipe, performing hydraulic calculations where we have used the principles Bernoulli hydraulics and the Continuity Equation that allow us to verify the losses that may exist with the proposed isometric, obtaining that the loading will take 63 minutes and we have verified that the minimum required thickness is met, normatively, according to the ASME B31.3 code. for the piping, concluding that it will be SCH 40 and the configuration of the entire system (relief system and supports) and thus we have managed to align the processes, both normatively and with the economic objectives of the company.

Keywords: Slop, Top Loading, Regulations, Human Resources, Optimization, Piping

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

En su estudio, Bazán (2017) concluyó que la introducción de brazos de carga incrementará la seguridad del proceso de descarga de petróleo crudo, lo que se complementa el manejo normal de los equipos de bombeo, ubicados en la zona de pontones de la Estación 1 del Oleoducto Nor – Peruano (ONP). Además, concluyó que, el brazo de carga debe estar equipado con un sistema de liberación de emergencia para asegurar que se proteja el medio ambiente, donde se realiza el proceso de descarga de petróleo crudo, ya que un derrame de petróleo crudo ocasionaría daños a la región amazónica del Perú y esto daría lugar a fuertes sanciones contra Petroperú.

En su investigación, Noguera (2007) concluyó que, en el ámbito del servicio civil, se dice que debe hacer solo lo que se instituye en las leyes, los reglamentos y las directivas reguladoras de las organizaciones públicas y privadas. En general, esto es necesario porque lo contrario significa que no existe una regulación de la gestión de la fábrica.

En su estudio, Sandoval (2020) recapituló que la optimización debe pasar de la teoría a la ley (normativa vigente), y después a la práctica, es decir, la legislación nacional debe facilitar el análisis y determinación de las redes de distribución con base en parámetros técnicos de entrega y optimización que reflejen los legalmente establecidos para brindar al participante y al cumplimiento de la red, al final, los consumidores y el estado se beneficiarán directamente.

Para Luna (2020), un sistema de despacho se puede mejorar, para ello, es preciso distinguir lo que se desea realizar, tener conocimiento de la capacidad instalada o diseño original, las condiciones actuales del despacho y las proyecciones de la compañía, por lo que concluyó

que con una optimización de los recursos se da un beneficio económico solo por las transformaciones en el uso de los equipos, asimismo, se aumenta la flexibilidad en las operaciones.

1.2. Formulación del problema

En medida, el despacho del producto slop, es muy arcaico ya que se usan mangueras para realizarlo y en áreas no seguras (sin contención adecuada) que generan muchos peligros en lo que es la contaminación de suelos si es que no se realiza de una forma correcta, y se utilizan muchos recursos (horas hombre) que generan un gasto adicional y desaprovechamiento del personal. Realizando un estudio de ingeniería, se puede mejorar en todos los aspectos la forma en que se llega a despachar slop en la instalación, realizando la operación de una forma más segura, cumpliendo con la normativa vigente y autónoma (ahorrando recursos).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Optimizar un sistema top loading mediante piping para carga de producto slop en una planta de hidrocarburos, en la ciudad de Chimbote, provincia del Santa, departamento de Ancash.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Plantear la ruta del piping de inicio a fin, indicando el metrado, accesorios, respetando la normativa vigente.
- b) Comprobar con un balance de materiales, los existentes en planta y que se puedan usar, cumpliendo el ASME B31.3.
- c) Calcular el diseño hidráulico que aseguren el caudal necesario para la carga de cisternas teniendo en cuenta los materiales existentes en planta.

- d) Presupuestar el proyecto con la contratista local respetando lo indicado por la ASME B31.3.
- e) Evaluar económicamente la viabilidad del proyecto.

1.4. Formulación de la hipótesis

Optimizando un sistema top loading mediante piping para cargar producto slop se ahorrará recursos de personal (horas hombre).

1.5. Justificación

1.5.1. Justificación teórica

Actualmente en la planta de hidrocarburos se está consumiendo S/ 494.79 en horas hombre por despacho de cisterna generando un costo muy elevado de tiempos extra con respecto al personal. Con la optimización se busca generar un consumo de S/ 13.02 por despacho de cisterna, reduciendo hasta el 97% del gasto efectuado.

1.5.2. Justificación tecnológica

Con la implementación del proyecto, se estarán cumpliendo con normativa del Estado Peruano y normativa internacional, además haremos que el proceso sea más autónomo en su desarrollo.

1.6. Limitaciones del trabajo

Las limitaciones del trabajo dependerán de los materiales encontrados en planta ya que para una mejor rentabilidad se pueden usar materiales de segunda condición, pero que cumplan con la normativa vigente.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Problemática

Actualmente en la planta de hidrocarburos se está consumiendo S/ 494.79 por hora hombre en cada despacho de cisterna generando un costo muy elevado en tiempos extra que se genera por cada despacho. Durante el 2021 se llegó a despachar aproximadamente 41 cisternas con un costo de S/ 10852.79 y en el 2022 se despachó 31 cisternas con un costo de S/ 8873.66 por año. Con la optimización se busca generar un consumo de S/ 13.02 por despacho de cisterna, ahorrando S/ 481.77 por cisterna despachada. Además, con el tipo de proceso que estamos utilizando ahora, se está incumpliendo normativa vigente como los siguientes:

El Ministerio de Energía y Minas (MINEM, 2001), en su Artículo 10, señaló que en el diseño de una Planta de Abastecimiento se debe tener en cuenta que, en el patio de obras, el tráfico sea en un solo sentido, para un tránsito fácil de los vehículos, igualmente, es preciso aminorar el tiempo de espera de los vehículos cuando hay más afluencia desde la entrada hasta la salida; por último, los sistemas de recepción, transferencia y despacho deben cumplir con lo que instituye el Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos.

Igualmente, en su Artículo 233, señaló que los muros de contención deben tener el 110 % del volumen del tanque mayor, así como un drenaje exterior con una válvula incorporada. Por otro lado, el Artículo 63 indica que se deben iluminar correctamente las vías para las operaciones de noche.

Así, en su Artículo 86°, plantea que Toda instalación de almacenamiento de hidrocarburos debe contar con un sistema de agua de refrigeración. La capacidad de agua contra incendios de una instalación se basa en la cantidad mínima de agua requerida para rociar espuma y extinguir incendios en el tanque más grande, y la cantidad

necesaria para enfriar los tanques adyacentes ubicados en los cuadrantes expuestos al lado de sotavento de ese tanque, lo que cumple con las normas NFPA aplicables.

2.2 Importancia de la investigación

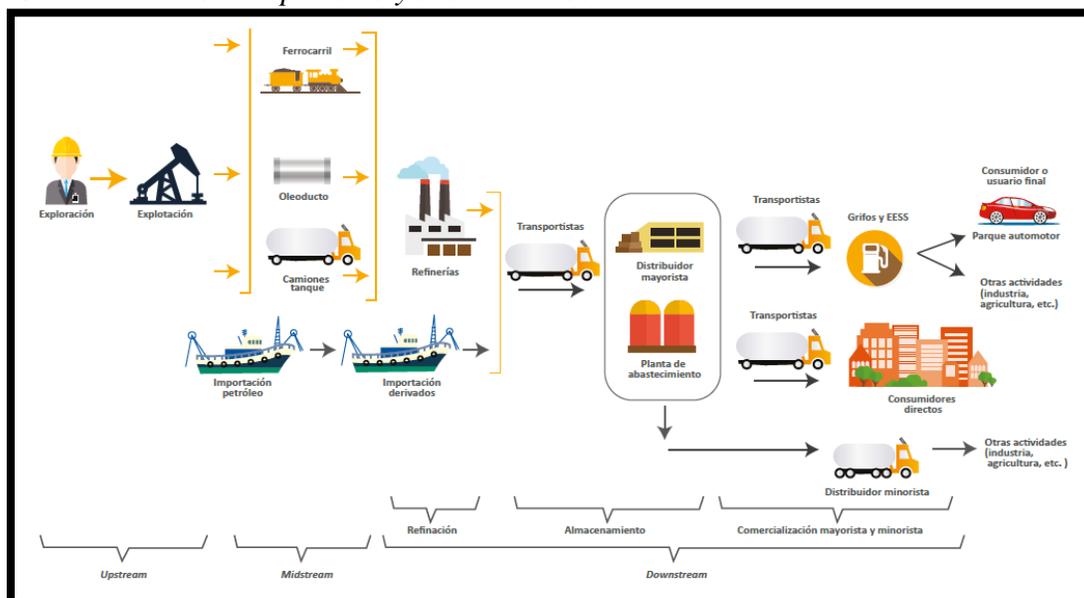
La importancia del proyecto es que se podrán ahorrar recursos en horas hombre (HH) y se podrá cumplir con los decretos supremos vigentes impuestos por las entidades fiscalizadoras como OSINERMIN y el MINEM.

2.3 Marco referencial

2.3.1 Sector hidrocarburos en el Perú

En el sector de hidrocarburos hay 03 grandes grupos o cadenas:

- a) Upstream: Consiste en la exploración y explotación de los recursos.
- b) Midstream: En esta etapa, se realiza el transporte del recurso explotado hacia las refinerías. El transporte puede ser en ferrocarriles, oleoductos o camiones tanque.
- c) Downstream: En este grupo consiste en la refinación de los recursos obtenidos en el upstream, el almacenamiento y la comercialización.

Figura 1*Cadena de valor del petróleo y sus derivados*

Nota: Fuente y elaboración por OEE-Osinergmin. Tomado de La Industria de los Hidrocarburos Líquidos en el Perú: 20 años de aporte al desarrollo del país de OSINERGMIN de 2015 (p. 29)

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2015), respecto con el grupo de *upstream*, la producción de petróleo crudo se ubica en los departamentos de Loreto, Ucayali, Huánuco, Piura y Tumbes, con seis refinerías de petróleo, La Pampilla, Talara, Pucallpa, El Milagro, Iquitos y Conchán, con ellas, se cubre parte de la demanda total de combustibles del país.

En caso del downstream, la etapa de refinamiento se encarga de obtener el producto final para poder llevarla al usuario mayorista y minorista (grifos). Los principales productos combustibles que se maneja en la planta de hidrocarburos del presente proyecto son:

- a) Gasolinas
- b) Ultra Low Sulfur Diesel

- c) Turbo Jet A-1
- d) Diesel 2
- e) Diesel B5
- f) Diesel B5-S50
- g) Petróleo industrial N°6
- h) Petróleo industrial N°500

En la etapa de almacenamiento, que está incluido en el downstream, se realiza la recepción de hidrocarburos líquidos provenientes de buques tanque, vagones tanque y camiones tanque. Durante el proceso de recepción, se debe seguir procedimientos determinados que ayudarán a mantener la calidad del producto. Por lo tanto, la compañía que se encarga de la operación de la planta de abastecimiento ha planteado criterios para conceptualizar la secuencia de la descarga:

La secuencia de la descarga posibilita proteger la calidad del producto más delicado, por lo que la siguiente escala señala la prioridad del producto a proteger:

- i. En caso de recepcionar productos Clase 1 y Clase 2
 - 1. Gasolina 84, Gasolina 90, Gasolina 95 y Gasolina de 97.
 - 2. Diesel 2, Diesel B5-S50, ULSD, Biodiesel 100.
 - 3. Diesel B5-S50, ULSD, Turbo Jet A-1
- ii. En caso de recepcionar productos de Clase 3
 - 1. Petróleo industrial N°6, Petróleo industrial N°500 e IFO 380

Para efectuar dicha protección, normalmente se degrada el producto de la interfase a otro de menor calidad, utilizando volúmenes necesarios para no afectar la calidad de los productos.

2.3.2 SLOP

Durante el proceso de protección de calidad y degradación de productos, se genera el producto SLOP, que viene a ser la mezcla de hidrocarburos. Luis Chico (2015) define al SLOP como: Una mezcla de productos de hidrocarburos de mala calidad o contaminados de procesos en varias refinerías y plantas petroquímicas. Su composición es diversa, pues depende de la relación y categorías de los productos que la componen, por lo que es imposible estimar la gravedad de su API. Por otra parte, en las operaciones de exploración y producción de petróleo y gas, los residuos del petróleo se tratan como una emulsión, que es una mezcla de agua e hidrocarburos.

La disposición final de este producto no es para comercialización, sino, se vuelve a enviar a las refinerías de los clientes RELAPASA o PETROPERÚ para su procesamiento. En nuestra planta de almacenamiento, el despacho de SLOP se realiza mediante el sistema top loading.

2.3.3 Sistema de carga de producto SLOP

La carga del producto Slop al camión/tanque debe ser tipo Top Loading, considerando que la manguera conectada a la bomba debe ingresar hasta la base del camión/tanque para minimizar la generación de energía estática. El sistema Top Loading, se refiere a un sistema de carga a cisternas por la boca superior del tanque.

2.3.4 Ministerio de Energía y Minas

El Ministerio de Energía y Minas es uno de los ministerios pertenecientes al poder ejecutivo, el cual es uno de los tres poderes del estado peruano, de este modo, promueve un óptimo desarrollo del ámbito energético y minero, lo que genera inversiones en un entorno global competitivo del sector (Wikipedia, 2022). Sus decretos más representativos en el rubro de

los hidrocarburos son:

- a) DS-052-1993-EM Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos.
- b) DS-036-2003-EM Modifica el Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos.
- c) DS-017-2013-EM Procedimiento para la Adecuación de las Instalaciones para Almacenamiento.
- d) DS-043-2007-EM Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos.
- e) DS-036-2020-EM Modifica Disposiciones de Seguridad Relacionadas al EERR y Plan de Contingencia y Establecen Medidas Complementarias.
- f) DS-081-2007-EM Reglamento de Transporte de Hidrocarburos por Ductos.
- g) DS-037-2015-EM Modifica el Reglamento de Transporte de Hidrocarburos por Ductos.
- h) DS-051-1993-EM Reglamento de Normas para la Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos.
- i) DS-005-2003-EM Modifica Definiciones del Glosario, Siglas y Abreviaturas del Subsector Hidrocarburos.
- j) DS-035-2003-EM Modifica Algunos Artículos Reglamento de Normas para la Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos.
- k) DS-014-2004-EM Modifica Artículos del Reglamento de Normas para la Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos.
- l) DS-045-2001-EM Reglamento para la Comercialización de Combustibles Líquidos y Otros Productos Derivados de los Hidrocarburos.

Estos decretos supremos, están basadas en normativa internacional y en buenas prácticas que deben cumplirse en su cabalidad, ya que un incumplimiento trae consigo diferentes

problemas administrativos, como multas.

2.3.5 Osinergmin

Este ente se encarga de vigilar a las organizaciones eléctricas y del ámbito de la minería en el país, con el fin de que cumplan los ordenamientos legales (Wikipedia, 2022).

2.3.6 Planta de abastecimiento

De conformidad con el Ministerio de Energía y Minas (MINEM, 2001), una planta de abastecimiento es una instalación en un bien inmueble, donde se ejecuta la recepción, se almacenan y se despachan combustibles líquidos y derivados de petróleo; estas pueden ser llamadas “Plantas de Venta”.

2.3.7 Ecuación de continuidad

Según Mataix (1993), en el hilo de corriente según la Figura 2, el fluido no fluye hacia adentro ni hacia afuera lateralmente, porque la velocidad es tangencial al hilo, y en un estado estable el hilo está en reposo, no se forma ni se pierde masa, y la masa no se concentra ni diluye en ninguna parte de ella, puesto que ello supondría un incremento o disminución de la densidad del líquido en dicha parte, lo que no es posible en estado estacionario, entonces, la masa que ingresa al tubo infinitesimal es igual a la masa que sale.

Por tanto:

$$\rho_1 \cdot v_1 \cdot dA_1 = \rho_2 \cdot v_2 \cdot dA_2 = \rho_3 \cdot v_3 \cdot dA_3 = C \quad (1)$$

Donde:

ρ : Densidad del fluido $[kg/m^3]$.

v : Componente normal de la velocidad $[m/s]$. en las secciones 1, 2 y 3 según imagen 2.

dA : Diferencial de área $[m^2]$ del filamento en cada sección.

Pero como hablamos de fluidos compresibles podemos decir que las densidades son

iguales en toda la sección del hilo por lo que reducimos a:

$$dQ = v \cdot dA_1 \quad (2)$$

Donde:

Q : Caudal volumétrico $[m^3/s]$.

Integramos y obtenemos:

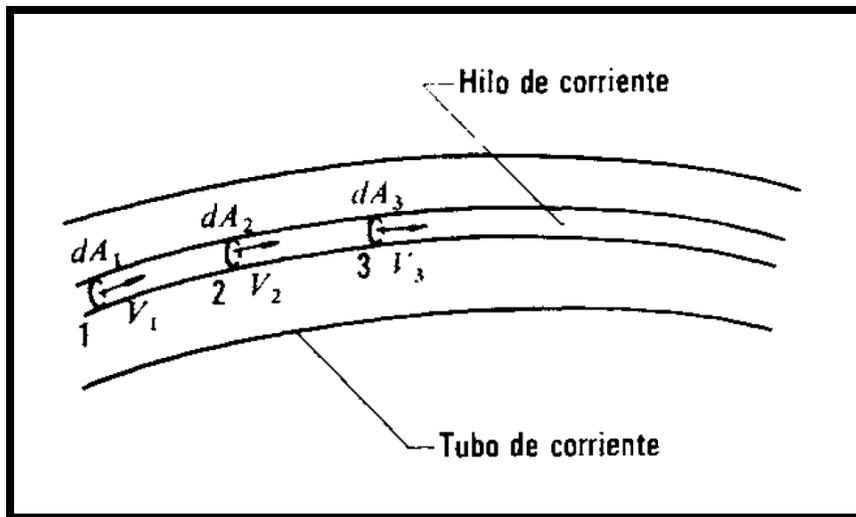
$$\int dQ = \int v_1 \cdot dA_1 \quad (3)$$

Ecuación de continuidad

$$Q = v_1 \cdot A_1 = C \quad (4)$$

Figura 2

Tubo de corriente e hilo de corriente



Nota: El hilo o filamento de corriente es un tubo de corriente infinitesimal. Tomado de Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas de C. Mataix de 1993 (p. 92)

2.3.8 Ecuación de Bernoulli para fluido real

En una situación real, debemos tener en consideración a la viscosidad que tiene el fluido, ya que este genera resistencia con su entorno. Esta resistencia se convierte en pérdidas durante todo el recorrido del fluido. Según Mataix (1993):

La energía en el punto uno (o suma de la energía de posición, de presión y cinética en el punto uno) – la energía perdida entre el punto uno y dos por rozamiento \approx energía en el punto dos (o suma de la energía de posición, de presión y cinética en el punto dos).

Ecuación de Bernoulli con pérdidas hidráulicas

$$\frac{p_1}{\rho \cdot g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} - \sum Hr_{1-2} = \frac{p_2}{\rho \cdot g} + z_2 + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \quad (5)$$

Donde:

p : Presión en el punto de estudio [Pa]

g : Gravedad [9.81 m/s^2]

z : Altura desde el nivel de referencia al punto de estudio [m]

Hr_{a-b} : Pérdidas de energía entre un punto de estudio (a) a otro (b). [m]

2.3.9 Número de Reynolds

El número de Reynolds juega un papel importante cuando nos referimos a la mecánica de fluidos, ya que nos indica el tipo de régimen que puede tener un flujo. De acuerdo con Mott (2006), la conducta de un líquido, respecto con las pérdidas de energía, depende de que dicho líquido sea laminar o turbulento, asimismo, Osborne Reynolds fue el primero en evidenciar que se puede pronosticar el flujo laminar o turbulento si se tienen el conocimiento de la magnitud de un número adimensional, el que actualmente es llamado “número de Reynolds” (N_R).

La ecuación a continuación es representa al número de Reynolds:

Número de Reynolds

$$N_R = \frac{\bar{v} \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{\bar{v} \cdot D}{\nu} \quad (6)$$

Donde:

N_R : Número de Reynolds del flujo [adimensional]

D : Diámetro de la tubería [m]

μ : Viscosidad dinámica [kg/m.s]

ν : Viscosidad cinemática [m²/s]

2.3.10 Diagrama de Moody

Hasta hoy en día, el método más utilizado para evaluar el factor de fricción de una tubería es el diagrama de Moody, debido a que expone la gráfica del factor de fricción (f) vs. el número de Reynolds (N_R), con un conjunto de curvas paramétricas vinculadas con la rugosidad relativa D/ϵ ” (Mott, 2006). Para una mejor referencia visualizar en el Anexo 01.

2.3.11 Pérdidas mayores en tuberías

En los puntos 2.4.8, 2.4.9 hablamos de pérdidas de energía, la cual es originada por la fricción que ejerce el fluido a lo largo del medio de transporte. En este sentido, las fluctuaciones de presión en una tubería en flujo turbulento están sujetas al diámetro, la longitud y la rugosidad de la tubería, el coeficiente de viscosidad, la densidad del fluido y la velocidad media (Shames, 1995). Así se deduce la fórmula de Darcy – Weisbach:

Ecuación para pérdidas mayores

$$h_M = f \frac{L}{D} \frac{\bar{v}^2}{2g} \quad (7)$$

Donde:

h_M : Pérdidas mayores [m]

f : Factor de fricción [adimensional]

L : Longitud de la tubería [m]

2.3.12 Pérdidas menores en tuberías

Según Shames (1995): cuando las tuberías tienen codos, válvulas, etc., es pertinente considerar las pérdidas de altura por medio de estos elementos, así como las pérdidas generadas por la fricción en las tuberías, esto a través de resultados experimentales.

Ecuación para pérdidas menores

$$h_m = K \frac{\bar{v}^2}{2g} \quad (8)$$

Donde:

h_m : Pérdidas menores [m]

K : Coeficiente del accesorio [adimensional]

Con respecto a los coeficientes de los accesorios, nos guiaremos de la Tabla 1 que se muestra a continuación:

Tabla 1*Coefficiente K de algunos accesorios*

COMPONENTE	K
CODOS	
Radio 90° con bridas o extremos soldables	0.20
Radio largo 45° con bridas o extremos soldables	0.20
VÁLVULAS	
Válvula de globo totalmente abierta	10.00
Válvula compuerta totalmente abierta	0.15
Válvula check en el sentido del flujo	2.00
Válvula de bola totalmente abierta	0.05

Nota: Adaptado de Fundamentals of Fluid Mechanics
de B. Munson et al. de 1940 (p. 439)

2.3.13 Norma ASME B31.3

Para cumplir con uno de los objetivos del proyecto debemos tener en cuenta el código de construcción para tuberías de procesos. Esto con la meta de tener mapeado todos los materiales necesarios, dispositivos y recomendaciones que nos brinda el código para poder presupuestar y construir sin observaciones futuras. Para eso el código ASME B31.3 nos da los siguientes puntos principales para diseñar y construir las de tuberías de procesos.

2.3.13.1 Presión de diseño. En el punto 301.2.1 (a), el código señala que la presión de diseño para cada factor de una serie de sistemas de tuberías no debe ser menor a la presión

lograda en condiciones de presión interna y externa más complejas que se esperan lograr en el servicio (ASME, 2011).

2.3.13.2 Requisitos de alivio o contención de presión. En el punto 301.2.2 (a), se plantea que es preciso considerar medidas para limitar o aliviar, de modo seguro, la presión en el sistema de tuberías (ASME, 2011).

2.3.13.3 Temperatura de diseño. Según el punto 301.3, la temperatura de diseño de cada elemento en uno o más sistemas de tuberías es la temperatura requerida para el espesor máximo o la calidad más alta del componente a presión constante (ASME, 2011).

2.3.13.4 Diseño de presión de componentes. El código nos indica en el punto 304.1.2 (a) que para datos de $t < D/6$, el espesor de diseño de una tubería recta para presión interna no debe ser menor al dato logrado por la siguiente fórmula (ASME, 2011). La fórmula trabaja en el S.I o Sistema Ingles.

Formula para hallar espesor mínimo para tubo recto a presión interna

$$t = \frac{P.D_e}{2(S.E.W+P.Y)} \quad (9)$$

Donde:

t : Espesor de diseño por presión [m]

P : Presión de diseño interna manométrica [Pa]

D_e : Diámetro externo del tubo [m]

S : Valor de esfuerzo del material obtenido del Anexo 2.

E : Factor de calidad obtenido del Anexo 2.

Y : Coeficiente obtenido del Anexo 2.

W : Factor de reducción de la resistencia de la junta ($W=1.0$)

2.3.13.5 Sistemas de alivio de presión. Con respecto al cumplimiento del punto 2.4.13.2 del presente proyecto, el código ASME (2011) indica que, de instalarse alguna válvula de cierre entre la tubería y algún sistema de alivio, necesariamente debe ser de cierre totalmente completo, y que deberían estar fabricadas para soportar la presión del flujo y ubicadas de tal forma que se bloqueen en posición abierta o cerrada. Además, los dispositivos de alivio de presión deben estar de acuerdo con el ASME Sección VIII, División 1, desde los artículos UG-125(c), UG-126 hasta UG-128 y UG-132 hasta UG-136, sin incluir UG-135 (e) y UG-136 (c) (ASME, 2011).

2.3.13.6 Materiales y especificaciones. En este punto, el código nos indica que pueden ser enumerados o no enumerados, pero, además, en el punto 323.1.4, se comenta que se pueden usar tuberías recicladas, si están debidamente identificados, cumplan con las características enumeradas o publicadas en el código. Se debe realizar una limpieza e inspección cuidadosa para asegurar un espesor de pared mínimo y la ausencia de manchas que no sean aceptables en la operación prevista. (ASME, 2011)

2.3.13.7 Calificación de soldadura: cada contratante se responsabiliza de la soldadura ejecutada por el operador soldador de su empresa y llevarán a cabo las pruebas pertinentes para calificar a los WPS, PQR y WPQR (ASME, 2011). Asimismo, la calificación de los procedimientos empleados por el soldador y operador será conforme con los requerimientos del ASME Sección IX, excepto por los cambios aceptados en el código (ASME, 2011). En lo relativo con el procedimiento de soldadura, ASME (2011) señala que los inspectores deben verificar que el área de soldadura haya sido reparada, calificada y trabajada por una empresa reconocida y responsable, de acuerdo con sus procedimientos establecidos, igualmente, el empleador deberá tener, por lo menos, un soldador o un operador de soldadura, con contrato actual, que haya aprobado su WPQR (ASME, 2011).

2.3.13.8 Materiales de soldadura. El código establece que el electrodo de soldadura y el metal de aporte, incluidos los insertos consumibles, deben estar en cumplimiento con los requerimientos de la Sección II, Parte C del código ASME (ASME, 2011).

2.3.13.9 Requisitos de examen de inspección a soldaduras. El inspector del dueño es responsable de la actividad de inspección y determina si el personal que ha delegado la inspección está calificado para hacer esa revisión (ASME, 2011). Los criterios de aceptación están en el Anexo 5.

2.3.13.10 Prueba requerida de fugas hidrostáticas. Para realizar prueba hidrostática al sistema, se recomienda que el fluido de prueba debe ser agua, a menos que exista alguna probabilidad de efectos contraproducentes del agua en la tubería o el proceso (ASME, 2011). En el punto 345.4.2 el código recomienda dos formas de determinar la presión de prueba siendo la usada en nuestro caso el inciso (a).

Presión de prueba

$$P_T = 1,5 \cdot P_D \quad (10)$$

Donde:

P_T : Presión de prueba mínima [Pa]

P_D : Presión de diseño [Pa]

2.4 Propuesta experimental

Como propuesta experimental, queremos optimizar el sistema top loading realizando un tendido de tuberías hasta un punto de despacho que cumpla según lo solicitado OSINERGMIN y el MINEM, logrando optimizar el 97.36% en recursos en horas hombre y por ende dinero.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Bienes materiales

Tabla 2

Materiales utilizados para la ejecución del informe

Bienes (Materiales de escritorio)	(Materiales procesamiento de datos)
Engrapador	Memoria USB 100Gb
Perforador	Laptop Asus Core i7
Lapicero/corrector	Impresora tinta colores 10 cartuchos
Papel bond A4 80 gr	Otros: fotocopias, escaneos
Folder y sobre manila	Anillado e internet

Nota: Elaboración propia

3.1.2 Balance de materiales

Se realizó un conteo de material requerido para el proyecto (revisar Tabla 3) y se realizó un análisis de los elementos que se encuentran en stock dentro del terminal para revisar cuanto adquirir.

Tabla 3

Materiales existentes en planta requerido para el proyecto

ITEM	DESCRIPCION DE MATERILAES	UNID.	REQUERIDO	EXISTENCIA EN PLANTA
01	Brida Welding Neck de 4" - CLASE	UND	12.00	7.00
	150			

02	Codo soldable de 4" x 90° SCH 40	UND	5.00	4.00
03	Plancha ASTM 36 de 1.2 m x 0.3 x 1/4"	UND	2.00	2.00
04	Tubería de acero al carbono de 4" x 6 mts - SCH 40	UND	13.00	13.00
05	Tubería de acero al carbono de 1" - SCH 80	MTS	1.50	1.50
06	Unión Universal de 1" SCH 80	UND	4.00	2.00
07	Válvula de alivio de 1" / Seteo 75PSI	UND	2.00	2.00
08	Válvula bridada de compuerta de 4" - CLASE 150	UND	2.00	2.00
09	Válvula bridada check de 4" - CLASE 150	UND	1.00	1.00
10	Brazo de Carga de alcance fijo EMCO WHEATON de 4"	UND	1.00	1.00
11	Cable de cobre multipolar tipo N2XY de 1-3x6mm ² para baja tensión, marca Indeco.	MTS	160.00	160.00

Nota: Elaboración propia

3.1.3 Características de los materiales a usar

Los materiales que constituyen un sistema de tuberías de un circuito hidráulico influyen en los cálculos del sistema, por lo que se debe tener en consideración el tipo de material que se

usará, ya sea en las tuberías y accesorios. En nuestro caso, se hará uso de un acero ASTM A53 para el caso de tuberías, un acero ASTM A234 para el caso de codos, reducciones y bridas, y un acero ASTM A216 para el caso de válvulas. Al ser materiales de acero comercial, nos guiaremos de la Tabla 4 para determinar la rugosidad interna del material según Mott (2015):

Tabla 4

Rugosidad de la tubería – valores de diseño

MATERIAL	RUGOSIDAD ϵ (m)	RUGOSIDAD ϵ (ft)
VIDRIO	Liso	Liso
PLÁSTICO	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
TUBO ESTIRADO (COBRE, LATÓN, ACERO)	1.5×10^{-6}	1.5×10^{-6}
ACERO (COMERCIAL O SOLDADO)	4.6×10^{-6}	4.6×10^{-6}
HIERRO GALVANIZADO	1.5×10^{-4}	1.5×10^{-4}
HIERRO DÚCTIL REVESTIDO	1.2×10^{-4}	1.2×10^{-4}
HIERRO DÚCTIL SIN REVESTIR	2.4×10^{-4}	2.4×10^{-4}
CONCRETO	1.2×10^{-4}	1.2×10^{-4}
ACERO REMACHADO	1.8×10^{-3}	1.8×10^{-3}

Nota: Adaptado de Mecánica de Fluidos de R. Mott de 2015 (p. 185)

También debemos considerar los datos del Anexo 2 para los esfuerzos y factores necesarios para determinar el espesor mínimo según ASME B31.3 para el material utilizado.

3.1.4 Características del fluido a transportar

Para la ejecución de esta tesis se está usando como producto SLOP el cual fue analizado en laboratorio y se obtuvieron los valores de la Tabla 5.

Tabla 5

Características del fluido a transportar

PRODUCTO: SLOP	
PROPIEDADES FÍSICAS	VALORES SEGÚN ANÁLISIS DE LABORATORIO
TEMPERATURA OBSERVADA (°F)	82.0
API @ OBSERVADA	39.6
API @ 60°F	36.7
GRAVEDAD ESPECÍFICA 60°/60°F	0.8621
DENSIDAD @ OBSERVADA (kg/m ³)	859.3621
DENSIDAD @ 60°F (kg/m ³)	861.3707
PUNTO DE INFLAMACIÓN (°C)	67
COLOR	4
VISCOSIDAD CINEMÁTICA (m ² /s)	2.5568x10 ⁻⁶
VISCOSIDAD DINÁMICA (kg/m.s)	2.1975x10 ⁻³

Nota: Los parámetros descritos son referenciales y dependen de la combinación de hidrocarburos donde se debe tener un grado API no menor a 25. Se considera fluido incompresible. Elaboración propia

3.1.5 Características de la bomba del sistema

El sistema despacho de SLOP tiene una bomba con las características que encontramos en la Tabla 6.

Tabla 6*Características de la bomba del sistema*

ELECTROBOMBA DE SLOP	
MARCA	INGERSOLL RAND
MODELO	A
SERIE	0761-5761
MATERIAL DE CARCAZA	HIERRO FUNDIDO
MATERIAL DEL IMPULSOR	BRONCE
DIÁMETRO DE SUCCIÓN (in)	4
DIÁMETRO DE DESCARGA (in)	3
FLUIDO DE SELECCIÓN	SLOP
POTENCIA NOMINAL (kW)	5.59
CAUDAL NOMINAL (gpm)	180
PRESIÓN NOMINAL (psi)	45
RPM	3500

Nota: Elaboración propia

3.2 Métodos

3.2.1 Trazo y replanteo del piping propuesto

Podemos visualizar el piping propuesto en el Anexo 4, N° Plano ODPSP-2-GQ-1-P&ID-002, la distancia para fines de cálculo y ejecución será de 82.518 m.

3.2.2 Verificación de materiales en planta para el proyecto

Se ha verificado los materiales existentes en planta para la realización del proyecto según Tabla 3 y se encontró material reutilizable que cumple con el punto 2.3.13.6 del marco teórico.

La medida predominante de los equipos más específicos (brazo de carga) es de 4", por lo que se hará el análisis con un diámetro de 4 pulgadas (0.1016 m) en todo el cálculo hidráulico, considerando una reducción de 3 in a 4 in, ya que en la Tabla 6 nos indica que la descarga de la bomba es de 3 in.

3.2.3 Cálculo hidráulico del sistema

Para el cálculo hidráulico usaremos la Ecuación 2 que corresponde a la Ecuación de Bernoulli. Con esta ecuación queremos comprobar si el piping propuesto logra cargar una cisterna de 9000 gal (34.0687 m³) en un rango de 40 a 60 minutos que es el tiempo de carga promedio. Por lo que debemos despejar v_2 :

$$v_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot \left(\frac{p_1}{\rho \cdot g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} - (h_M + h_m) - \frac{p_2}{\rho \cdot g} - z_2 \right)} \quad (11)$$

Para poder llegar a los valores correctos, realizaremos iteraciones en las cuales los valores fijos son:

$$\rho: 859.362 \text{ kg/m}^3$$

$$g: 9.81 \text{ m/s}^2$$

(1) Punto de descarga de electrobomba:

$$p_1: 45 \text{ psi (310,264 Pa)}$$

$$z_1: 0 \text{ m (nivel de referencia)}$$

(2) Punto de despacho de cisterna.

$$p_2: 0 \text{ Pa (presión atmosférica)}$$

$$z_2: 5 \text{ m (Altura de cisterna)}$$

Con respecto a la velocidad del punto (1) tenemos que hacerlo en función del caudal. Entonces, para hallar la velocidad tenemos que, según Tabla 6, el caudal equivale a 180 gpm ($0.011 \text{ m}^3/\text{s}$) en un diámetro de descarga de 3in (0.0762 m).

Entonces aplicamos la Ecuación 1 que corresponde a la Ecuación de la continuidad y despejamos la velocidad en el punto 1.

$$v_1 = (Q_1/A_1) \quad (12)$$

$$v_1 = (0.011/0.0046)$$

$$v_1 = 2.412 \text{ m/s}$$

Con los valores fijados descritos, procederemos a realizar la **primera iteración**:

Para la primera iteración debemos hallar la velocidad promedio, y para poder hallarla vamos a suponer la velocidad final. Con el sistema de mangueras, una cisterna de 9000 galones (34.069 m^3) se solía cargar en 45 minutos. Con el sistema propuesto estamos estimando que se cargará en 60 minutos. Entonces vamos a suponer que:

$$Q_2 = \text{Volumen}_{cisterna} / \text{Tiempos de carga} \quad (13)$$

Con los valores descritos anteriormente, decimos que:

$$Q_2 = 34.069 \text{ m}^3 / 3600 \text{ segundos}$$

$$Q_2 = 0.009 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sabiendo el área de 4 in podemos hallar la velocidad en el punto (2) aplicando la Ecuación 1 y despejando la velocidad obtenemos:

$$v_2 = 1.125 \text{ m/s}$$

Una vez hallada la velocidad en el punto (2) hallamos la velocidad promedio para la primera iteración:

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (14)$$

$$\bar{v} = 1.769 \text{ m/s}$$

Hallando las pérdidas mayores y menores que se generará por la longitud del piping y los accesorios propuestos. Para eso disgregamos:

$$\sum Hr_{1-2} = \text{Pérdidas mayores } (h_M) + \text{Pérdidas menores } (h_m) \quad (15)$$

Usamos la Ecuación 4 para hallar las pérdidas mayores. Para el desarrollo de las pérdidas mayores tenemos los siguientes datos:

$$L: 82.518 \text{ m}$$

$$D_i \text{ (diámetro interno): } 4.263 \text{ in (0.1083 m)}$$

Para poder hallar el factor de fricción, usaremos el diagrama de Moody, que nos indica que debemos hallar el Número de Reynolds (N_R) según Ecuación 3 y la rugosidad relativa que es el cociente entre la rugosidad del material, que obtenemos según Tabla 4, y el diámetro de la tubería. Entonces primero hallamos la rugosidad relativa:

$$R_r = \frac{\varepsilon}{D_i} \quad (16)$$

Para valores de:

$$\varepsilon: 4.6 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$D_i: 4.263 \text{ in (0.1083 m)}$$

Tenemos que:

$$R_r = 0.0000425$$

Ahora hallamos el N_R para valores iguales a:

$$D_i: 4.263 \text{ in (0.1083 m)}$$

$$v: 0.0000025568 \text{ m}^2/\text{s}$$

Tenemos:

$$N_R = 70,295 \approx 7,5 \times 10^4$$

Con estos valores hallados podemos decir que el fluido pasa por estado turbulento y el factor de fricción (f) es igual a:

$$f \approx 0.0197$$

Reemplazando los valores hallados, nos resulta que las pérdidas mayores del piping es igual a:

$$h_M = 25.035 \text{ m}$$

Ahora hallamos las pérdidas menores según la Ecuación 5. Con respecto a los accesorios, según el piping, tenemos diferentes tipos que son necesarios para el recorrido y plasmamos en la siguiente tabla:

Tabla 7

Accesorios según piping propuesto

ITEM	ACCESORIO	COEFICIENTE K	CANTIDAD
1	REDUCCIÓN DE 4" A 3" X 60°	0.474	1
2	CODO DE 4" X 90°	0.200	7
3	CODO DE 4" X 45°	0.200	2
4	VÁLVULA CHECK DE 4"	2.000	1
5	VÁLVULA COMPUERTA DE 4"	0.150	1
6	VÁLVULA DE BOLA DE 4"	0.050	1
SUMATORIA DE COEFICIENTES ($\sum K$)		4.474	

Nota: Elaboración propia

Entonces podemos decir que:

$$h_m = 7 \text{ m}$$

Con todas las incógnitas resueltas de la ecuación de Bernoulli, hallamos v_2 según la ecuación desarrollada (11).

$$v_2 = 1.127 \text{ m/s}$$

Hallamos el caudal en el punto (2):

$$Q_2 = 0.009 \text{ m}^3/\text{s}$$

Considerando una cisterna de 9000 galones (34.069 m³) tenemos un tiempo de carga de:

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{\text{Volumen}_{\text{cisterna}}}{Q_2} \quad (17)$$

$$\text{Tiempo de carga} = 63 \text{ min (1.05 hr)}$$

Con el valor obtenido, verificamos que el tiempo de carga está permisible, por lo que el piping propuesto si cumple.

3.2.4 Determinación de espesores de tuberías de acuerdo con el ASME B31.3

Una vez obtenido el piping, debemos hallar el espesor de tubería que usaremos y para eso usaremos la Ecuación 6. Donde:

$$P: 45 \text{ psi (310,264 Pa)}$$

$$D_e: 4.3870 \text{ in (0.1143 m)}$$

$$S: 16.00 \text{ ksi (1.103x10}^8 \text{ Pa)}$$

$$E: 1.00$$

$$Y: 0.4$$

$$W: 1.0$$

$$t = 0.0001606 \text{ m} = 0.1606 \text{ mm}$$

Con este valor de espesor de diseño de la tubería, vamos al Anexo 4 para verificar que

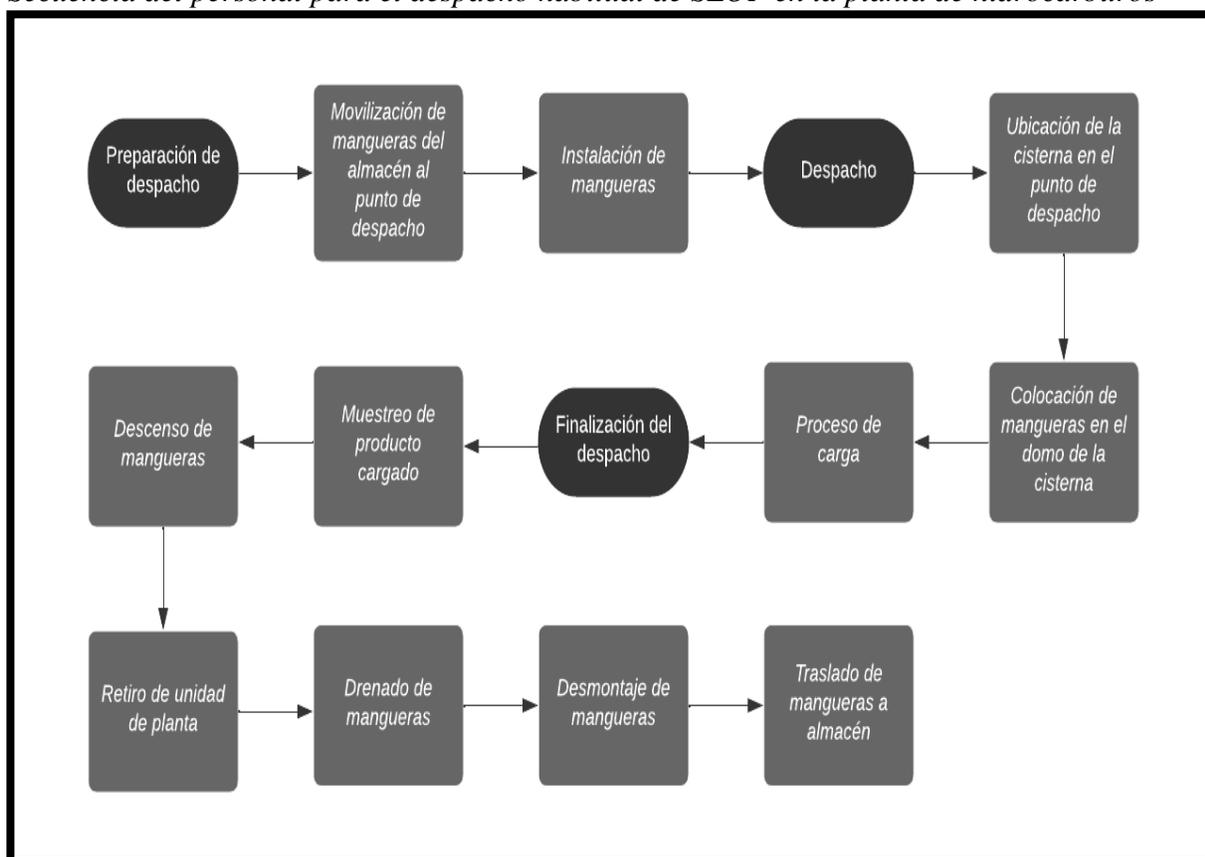
tipo de SCH debemos elegir. Según el catálogo, un SCH 40 es suficiente para el piping propuesto, considerando que es el más comercial y usado para tuberías que transportan productos derivados del petróleo.

3.2.5 Retorno de inversión

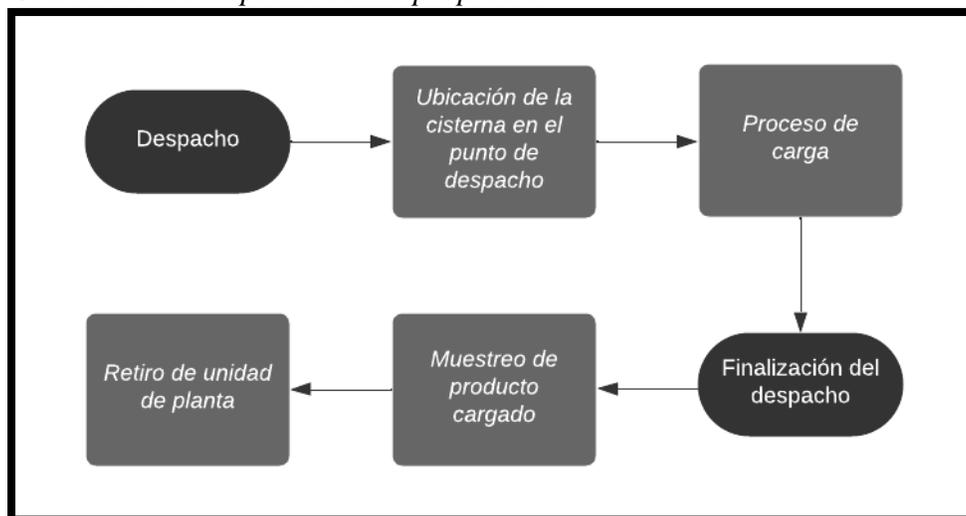
Para poder evaluar la factibilidad del proyecto debemos de revisar todas las variables involucradas en la operación. En condiciones normales (usando mangueras) la secuencia se describe en la Imagen 3 y con la propuesta que damos, se tendría la secuencia de la Imagen 4.

Figura 3

Secuencia del personal para el despacho habitual de SLOP en la planta de hidrocarburos



Nota: Elaboración propia

Figura 4*Secuencia del despacho con la propuesta*

Nota: Elaboración propia

Como vemos, la secuencia disminuye considerablemente minimizando tiempos y por ende costos. Esa reducción de costos la veremos realizando una comparación entre la Tabla 8 y Tabla 9. Para este análisis hemos considerado que el personal operativo gana S/ 13.02 soles la hora trabajada.

Tabla 8

Balance de costos de despacho por sistema convencional (usando mangueras)

SISTEMA CONVENCIONAL	ACTUALIDAD	PROCESO DE	PERSONAL	TIEMPO	COSTO POR	PROCESO	PROCESO
		DESPACHO DE SLOP	UTILIZADO	DE PROCESO (HORA)	PROCESO	FIJO	VARIABLE
	1	PREPARACIÓN PARA DESPACHO					
	1.1	MOVILIZACIÓN DE MANGUERAS AL PUNTO DE DESPACHO	5	2	S/ 130.21	S/ 130.21	S/ 0.00
	1.2	INSTALACIÓN DE MANGUERAS	5	1.5	S/ 97.66	S/ 97.66	S/ 0.00
	2	DESPACHO					
	2.1	COLOCACIÓN DE MANGUERAS EN EL DOMO DE CISTERNA	4	0.5	S/ 26.04	S/ 0.00	S/ 26.04
	2.2	DESPACHO DE CISTERNA (POR UNIDAD)	3	0.5	S/ 19.53	S/ 0.00	S/ 19.53
	3	FINALIZACIÓN DEL DESPACHO					
	3.1	DESCENSO DE MANGUERAS	4	0.5	S/ 26.04	S/ 26.04	S/ 0.00
	3.2	DRENADO DE MANGUERAS	5	0.75	S/ 48.83	S/ 48.83	S/ 0.00
	3.3	DESMONTAJE DE MANGUERAS	5	0.25	S/ 16.28	S/ 16.28	S/ 0.00
	3.4	TRASLADO DE MANGUERAS A ALMACÉN	5	2	S/ 130.21	S/ 130.21	S/ 0.00
		COSTO TOTAL DE DESPACHO POR UNIDAD			S/ 494.79	S/ 449.22	S/ 45.57
		COSTO TOTAL DE DESPACHO POR CONVOY			S/ 494.79		

Nota: Elaboración propia

Tabla 9*Balance de costos de despacho según propuesta*

SISTEMA OPTIMIZADO	PROYECTO	PROCESO DE	PERSONAL	TIEMPO	COSTO	PROCESO	PROCESO
		DESPACHO DE SLOP	UTILIZADO	DE PROCESO (HORA)	POR PROCESO	FIJO	VARIABLE
	1	DESPACHO					
	1.1	DESPACHO DE CISTERNA (POR UNIDAD)	1	1.05	S/ 13.02	S/ 0.00	S/ 13.02
		COSTO TOTAL DE DESPACHO POR UNIDAD			S/ 13.02		
		COSTO TOTAL DE DESPACHO POR CONVOY			S/ 13.02		

Nota: Elaboración propia

Considerando que en el 2021 se realizó el despacho de 41 cisternas y en el 2022 se despacharon 31 cisternas, con un promedio de 36 cisternas anuales y 32 días despachados al año tenemos el siguiente balance:

Tabla 10*Análisis monetario sobre costos del proyecto, despacho y OPEX de la operación*

FECHA	TOTAL PROYECTO	COSTOS ANUAL DESPACHO CISTERNAS	COSTOS MANTTO	TOTAL OPEX	AHORRO NETO
ACTUAL	S/ 0.00	S/ 16,015.63	S/ 0.00	S/ 16,015.63	S/ 14,411.59
PROYECTO	S/ 74,803.35	S/ 468.75	S/ 1,135.29	S/ 1,604.04	

Nota: Elaboración propia

Realizando una proyección económica para apreciar el retorno de inversión, obtenemos la

Tabla 11.

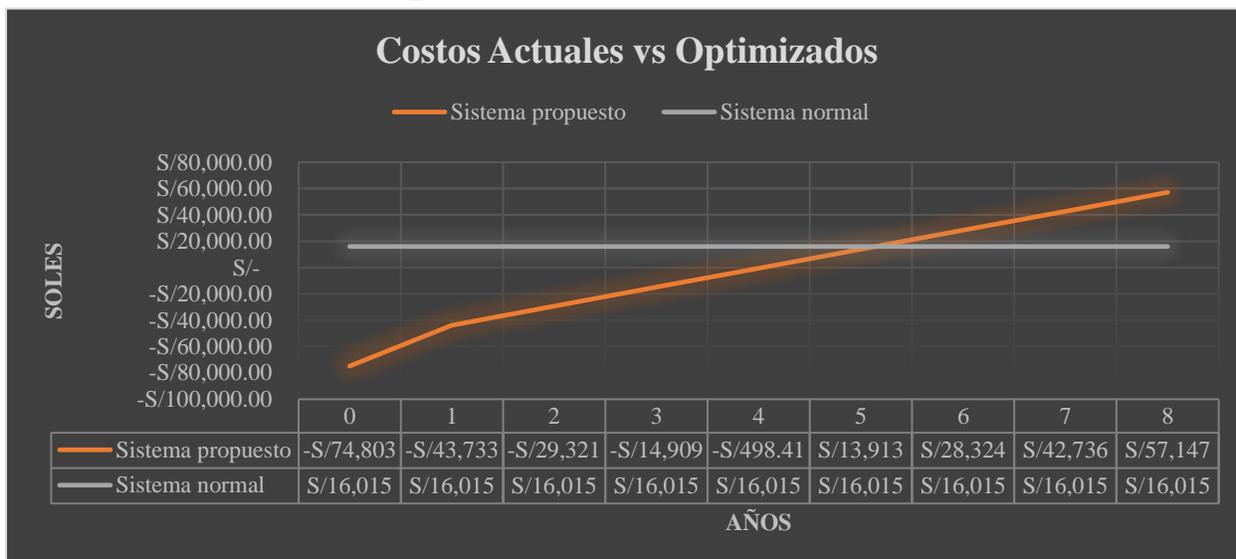
Tabla 11*Retorno de inversión del proyecto*

		AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	PDR
PDR	CON PROYECTO	Anual		S/ 31,070.19	S/ 14,411.59	S/ 14,411.59	S/ 14,411.59	S/ 14,411.59	S/ 14,411.59	S/ 14,411.59	S/ 14,411.59	
		Acumulado	-S/ 74,803.35	-S/ 43,733.16	-S/ 29,321.58	-S/ 14,909.99	-S/ 498.41	S/ 13,913.18	S/ 28,324.76	S/ 42,736.35	S/ 57,147.93	
	SIN PROYECTO	Anual	S/ 16,015.63	S/ 16,015.63	S/ 16,015.63	S/ 16,015.63	S/ 16,015.63	S/ 16,015.63	S/ 16,015.63	S/ 16,015.63	S/ 16,015.63	
												4.03

Nota: Elaboración propia

Figura 5

Costos actuales versus Costos optimizados



Nota: Elaboración propia

Podemos ver que el proyecto propuesto tiene factibilidad del 97% con respecto a los gastos que se realizan siguiendo el sistema normal de la operación.

Este ahorro es un beneficio que ayuda en el control del personal y la optimización de los procesos que encontramos en la planta, ayudando a mejorar la gestión del personal operativo y realizando operaciones más seguras que cumplan con la normativa vigente y los lineamientos que nos dan las autoridades nacionales e internacionales.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Resultados

Los resultados encontrados en el informe son:

- a) Se obtuvo que la ruta del piping óptima tendrá un largo de 82.518 m y siendo tubería de 4". Además, con los siguientes accesorios: 01 reducción de 4" a 3" con un ángulo de 60°, 07 codos de 4" x 90°, 2 codo de 4" x 45°, 01 válvula check de 4" clase 150, 01 válvula compuerta de 4" clase 150, 01 válvula de bola de 4" clase 150.
- b) En el balance de materiales se evidencia que en planta se cuenta con 07 bridas welding neck de 4", 04 codos soldables de 4"x 90°, 13 tuberías ASTM A53 de 4" SCH 40, 01 brazo de carga de 4", 02 uniones universales de 1" clase 3000, 01 ½ tubería de 1" SCH 80, 01 válvula de alivio, 01 válvula compuerta de 4" clase 150, 01 válvula check de 4" clase 150; los cuales consideramos como material reutilizable.
- c) Se obtuvo, en el diseño hidráulico, un tiempo de llenado de una cisterna de 9000 galones en 63 minutos.
- d) El gasto inicial del proyecto, según presupuesto de la contratista, es de S/ 74,803.35 soles.
- e) El proyecto tiene un retorno de inversión de 4.03 años.

4.2 Discusiones

Con respecto a las discusiones del caso, podemos decir que:

- El metraje del sistema de tuberías que se propuso puede variar dependiendo de la zona donde se quiere ubicar el sistema de carga, para nuestro caso, hemos considerado un área que cumpla con lo solicitado normativamente por las entidades del Estado Peruano, pero este puede cambiar según requerimiento.

- La reutilización del material es factible siempre y cuando cumpla con los requisitos de espesor en una tubería o accesorio. Si el espesor remanente de ítem a reutilizar es menor al espesor de diseño, se debe evitar usarlo. También se considera un sistema de 4" y no de 3" ya que podemos generar un ahorro de S/16,658.60 soles.
- Por el método normalizado de despacho se carga una unidad de 9000 galones en menos del tiempo hallado con la propuesta (45 minutos), pero también debemos entender que el proceso de carga por el método normalizado, es un proceso muy inseguro que puede resultar en derrames, accidentes, contaminación de suelo y se desperdicia personal operativo (horas hombre), es decir que si comparamos lo ahorrado en tiempo del despacho por unidad y el ahorro que se tiene con el personal, es mucho más considerable y evidente.
- Se debe considerar que lo presupuestado por la contratista debe satisfacer tanto los requisitos del cliente como lo determinado por las normas nacionales e internacionales, con la finalidad de evitar reprocesos o atrasos que generen una pérdida en los costos.
- El retorno de inversión está afecto por el alcance de los trabajos de mantenimiento y la cantidad de cisternas a despachar de forma anual. Estos dos aspectos pueden afectar tanto positiva, como, negativamente.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Del informe podemos concluir que:

- a) Se planteó el piping, el cual, fue verificado para que exista la disponibilidad de los espacios en planta y realizando un recorrido estético, se realizó un plano P&ID con la ingeniería conceptual (ver N° Plano ODPSP-2-GQ-1-P&ID-002). Va en paralelo con las tuberías que se dirigen hacia el despacho. Los 82.518 metros que se están concluyendo son los suficientes para minimizar las pérdidas mayores del cálculo hidráulico.
- b) Se comprobó con el balance de materiales que la tubería será considerada de 4 in teniendo en cuenta la cantidad de material reutilizable en planta. El ahorro que se tiene por reutilizar material es de S/16,658.60 soles, lo cual es una cantidad considerable sabiendo las metas de ahorro que se están buscando. Una vez determinado el diámetro de la tubería, hemos determinado el espesor de pared que debe tener, con la finalidad de que mecánicamente se tenga fiabilidad en el proyecto. Los materiales para reutilizar son tuberías y accesorios de SCH 40 y clase 150. Sabiendo esto, hemos verificado que el espesor de pared de una tubería SCH 40 (6.02 mm) es lo suficiente para poder soportar la presión de trabajo en las condiciones más críticas. Según el cálculo realizado bajo el código ASME B31.3, hemos obtenido que el espesor de pared necesario para soportar la presión de trabajo igual a 0.1606 *mm* y en comparación con el espesor de tubería que usaremos, estamos cumpliendo. La SCH 40 de la tubería es compatible con accesorios clase 150.
- c) Se calculó hidráulicamente el sistema teniendo un tiempo de 63 minutos. Sabemos que el tiempo usual de carga de una unidad de 9000 galones es de 45 minutos con el sistema

normal, teniendo un aumento del 71.42% del tiempo. Este aumento se va a compensar con el tiempo ahorrado y, por ende, el costo del personal operativo que realiza la actividad, llegando a ahorrar un 97.37% del costo total del proceso operativo.

- d) Se presupuestó la ejecución del proyecto con un monto de S/ 74,803.35 soles. En el presupuesto se consideran las actividades mecánicas como trabajos de corte, preparación de juntas y soldadura, END correspondientes al ASME B31.3, montaje y alineamiento de tuberías y accesorios, pruebas de funcionamiento, soportes de tuberías, trabajos de mejora eléctrica, aplicación de recubrimientos bajo el sistema tri – capa para la protección contra la corrosión.
- e) Se evaluó económicamente el proyecto teniendo que en el año 0 (periodo de ejecución del servicio) se tendrá un gasto de S/ 74,803.35 soles, en el año 1 del presente informe el ingreso que tenemos es el ahorro neto (S/14,411.59 soles) más el ahorro del material (S/16,658.60 soles) teniendo un total ahorrado en el primer año una cantidad de S/31,070.19 soles, en el segundo año tendremos un ahorro neto de S/14,411.59 soles, y así se mantendrá constante a lo largo de los años. En el cuarto año tendremos un gasto acumulado de -S/498.41 soles, que en el quinto mes del cuarto año ya se transforma en un ahorro (cantidad positiva), teniendo en el quinto año un ahorro acumulado de S/13,913.18 soles. El retorno se evidencia a partir del cuarto año con cinco meses.

5.2 Recomendaciones

Una de las principales recomendaciones que damos antes de ejecutar el proyecto es verificar la viabilidad de proyecto, y consultar toda la normativa implicada, ya sea nacional o internacional para evitar incumplimientos, y por ende reprocesos.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ASME. (2011). *ASME B31.3: Tuberías de procesos*. New York - Estados Unidos: The American Society of Mechanical Engineers.

Chico, L. (2015). *Tratamiento Químico de slop contenido en los tanques Y-T8011/12 de la unidad de almacenamiento y transferencia de la Refinería de Esmeraldas de la EP PETROECUADOR del año 2015*. Quito - Ecuador: Universidad Internacional SEK.

INEI. (01 de diciembre de 2015). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Obtenido de Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales:
https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1342/libro.pdf

Mataix, C. (1993). *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*. Madrid - España: Ediciones del Castillo S.A.

Ministerio de Energía y Minas. (18 de noviembre de 1993). *Plataforma digital única del Estado Peruano*. Obtenido de Decreto Supremo N.º 052-93-EM:
<https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/732279-052-93-em>

Ministerio de Energía y Minas. (22 de julio de 2001). *Plataforma digital única del Estado Peruano*. Obtenido de Decreto Supremo N.º 045-2001-EM:
<https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/732267-045-2001-em>

Ministerio de Energía y Minas. (21 de agosto de 2004). *Plataforma digital única del Estado Peruano*. Obtenido de Decreto Supremo N.º 032-2004-EM:
<https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/728463-032-2004-em>

Mott, R. (2006). *Mecánica de fluidos*. Ohio - Estados Unidos: Pearson Education.

Shames, I. (1995). *Mecánica de fluidos*. Buffalo - Estados Unidos: McGraw-Hill.

Wikipedia. (26 de 12 de 2022). *Wikipedia*. Obtenido de Ministerio de Energía y Minas (Perú):

[https://es.wikipedia.org/wiki/Ministerio_de_Energ%C3%ADa_y_Minas_\(Per%C3%BA\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Ministerio_de_Energ%C3%ADa_y_Minas_(Per%C3%BA))

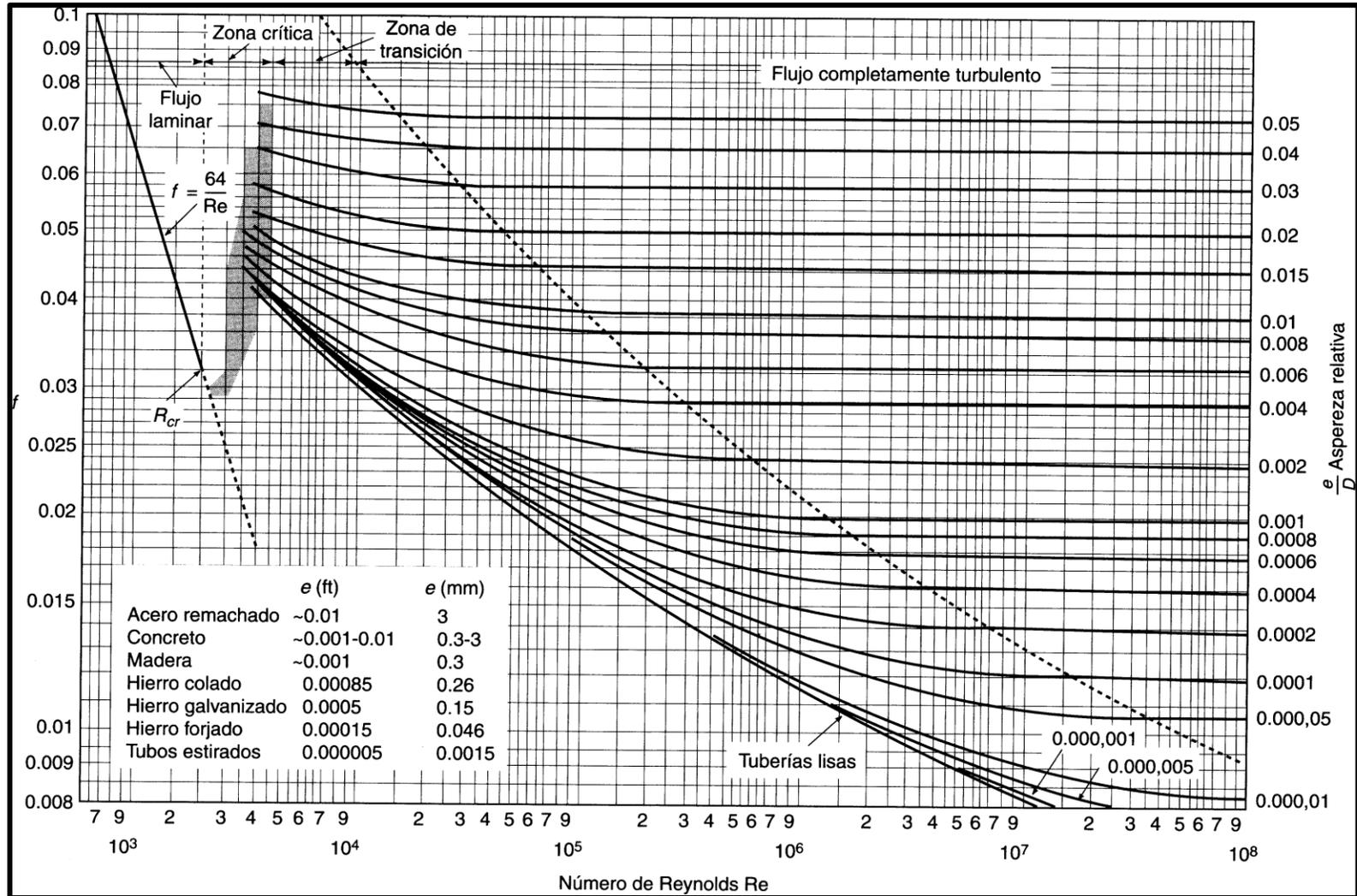
Wikipedia. (13 de diciembre de 2022). *Wikipedia*. Obtenido de Organismo Supervisor de la

Inversión en Energía y Minería:

https://es.wikipedia.org/wiki/Organismo_Supervisor_de_la_Inversi%C3%B3n_en_Energ%C3%ADa_y_Minera

VII. ANEXOS

Anexo 1: Diagrama de Moody



Nota: Adaptado de L.F. Moody, Trans. ASME, vol 66, 1944.

Anexo 2: Características del material de tuberías según ASME B.31.3 para cálculos.

MATERIAL	GRADO	DESCRIPCIÓN	ESFUERZO S (KSI)	FACTOR DE CALIDAD (E)	COEFICIENTE Y
A53	A	TUBERÍA SIN COSTURA	20.00	1.00	0.4
	B		16.00	1.00	0.4

Nota: Elaboración propia

Anexo 3: Catálogo de dimensiones de tuberías.



Tubos ASTM A53 / ASTM A106 / API 5L Gr. B SCH STD / 40 / XS / 80 / 160

Tubo de acero negro sin costura, tri-norma A53 / ASTM A106 / API 5L grado B x 6 metros de largo.

Desde 1/4" a 11/2" en corte recto, y desde 2" a 24" con extremos biselados^(*).

Esta tubería está destinada a aplicaciones mecánicas y de presión y también es aceptable para usos ordinarios en la conducción de vapor, agua, gas, y las líneas de aire. Este tipo de tubería es apta para ser soldada y roscada. La vida útil corresponde al uso en condiciones normales para lo que fue fabricada.

* Opcional extremos planos



TUBERÍA DE ACERO

Tolerancia Dimensional

Espesor mínimo	-12.5% del valor nominal
Peso	+/-10% del valor nominal
Diámetro	1/8" hasta 1 1/2": +/- 1/64"; 2" hasta 24": +/-1% del valor nominal

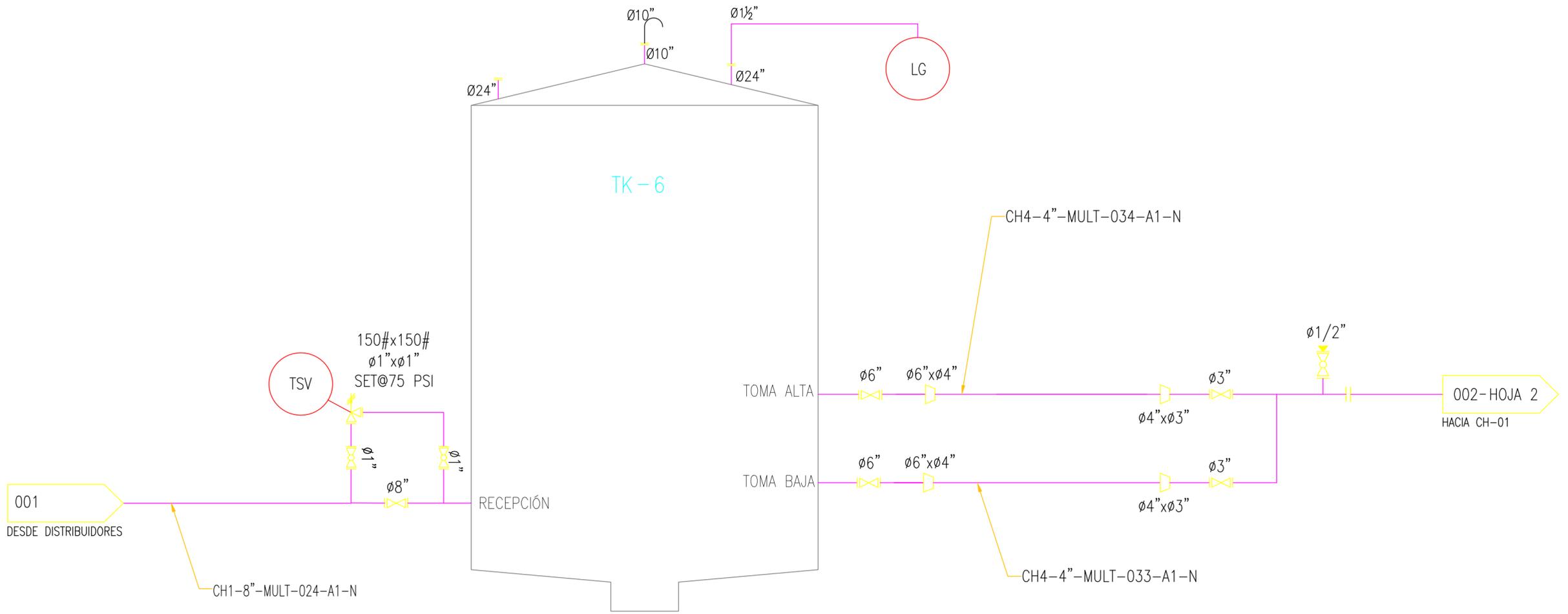
Propiedades Mecánicas

Resistencia a la Tracción, min	60000 PSI (415 MPa)
Fluencia, min	35000 PSI (240 MPa)

Diámetro Nominal	Dimen. Exterior	STD				SCH-40			XS			SCH-80			SCH-160		
		Espesor Nominal	Peso		Espesor Nominal	Peso		Espesor Nominal	Peso		Espesor Nominal	Peso		Espesor Nominal	Peso		
Pulg.	mm	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	
1/4	13.7	2.24	0.63	3.78	2.24	0.63	3.78	3.02	0.80	4.8	3.02	0.80	4.8	-	-	-	
3/8	17.1	2.31	0.84	5.04	2.31	0.84	5.04	3.20	1.10	6.6	3.20	1.10	6.6	-	-	-	
1/2	21.3	2.77	1.27	7.62	2.77	1.27	7.62	3.73	1.62	9.72	3.73	1.62	9.72	4.78	1.95	11.7	
3/4	26.7	2.87	1.69	10.14	2.87	1.69	10.14	3.91	2.20	13.2	3.91	2.20	13.2	5.56	2.90	17.4	
1	33.4	3.38	2.50	15	3.38	2.50	15	4.55	3.24	19.44	4.55	3.24	19.44	6.35	4.24	25.44	
1 1/4	42.2	3.56	3.39	20.34	3.56	3.39	20.34	4.85	4.47	26.82	4.85	4.47	26.82	6.35	5.61	33.66	
1 1/2	48.3	3.68	4.05	24.3	3.68	4.05	24.3	5.08	5.41	32.46	5.08	5.41	32.46	7.14	7.25	43.5	
2	60.3	3.91	5.44	32.64	3.91	5.44	32.64	5.54	7.48	44.88	5.54	7.48	44.88	8.74	11.11	66.66	
2 1/2	73.0	5.16	8.63	51.78	5.16	8.63	51.78	7.01	11.41	68.46	7.01	11.41	68.46	9.53	14.92	89.52	
3	88.9	5.49	11.29	67.74	5.49	11.29	67.74	7.62	15.27	91.62	7.62	15.27	91.62	11.13	21.35	128.1	
4	114.3	6.02	16.07	96.42	6.02	16.07	96.42	8.56	22.32	133.92	8.56	22.32	133.92	13.49	33.54	201.24	
5	141.3	6.55	21.77	130.62	6.55	21.77	130.62	9.53	30.97	185.82	9.53	30.97	185.82	15.88	49.12	294.72	
6	168.3	7.11	28.26	169.56	7.11	28.26	169.56	10.97	42.56	255.36	10.97	42.56	255.36	18.26	67.57	405.42	
8	219.1	8.18	42.55	255.3	8.18	42.55	255.3	12.70	64.64	387.84	12.70	64.64	387.84	23.01	111.27	667.62	
10	273.0	9.27	60.29	361.74	9.27	60.29	361.74	12.70	81.55	489.3	15.09	95.98	575.88	28.58	172.27	1033.62	
12	323.8	9.53	73.88	443.28	10.31	79.71	478.26	12.70	97.46	584.76	17.48	132.05	792.3	33.32	238.69	1432.14	
14	355.6	9.53	81.33	487.98	11.13	94.55	567.3	12.70	107.39	644.34	19.05	158.11	948.66	35.71	281.72	1690.32	
16	406.4	9.53	93.27	559.62	12.70	123.31	739.86	12.70	123.30	739.8	21.44	203.54	1221.24	40.49	365.38	2192.28	
18	457	9.53	105.16	630.96	14.27	155.81	934.86	12.70	139.15	834.9	23.83	254.57	1527.42	45.24	459.39	2756.34	
20	508	9.53	117.15	702.9	15.09	183.43	1100.58	12.70	155.12	930.72	26.19	311.19	1867.14	50.01	564.85	3389.1	
22	559	9.53	129.13	774.78	-	-	-	12.70	171.09	1026.54	28.58	373.85	2243.1	53.98	672.30	4033.8	
24	610	9.53	141.12	846.72	17.48	255.43	1532.58	12.70	187.06	1122.36	30.96	442.11	2652.66	59.54	808.27	4849.62	

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

Anexo 4: Planos.

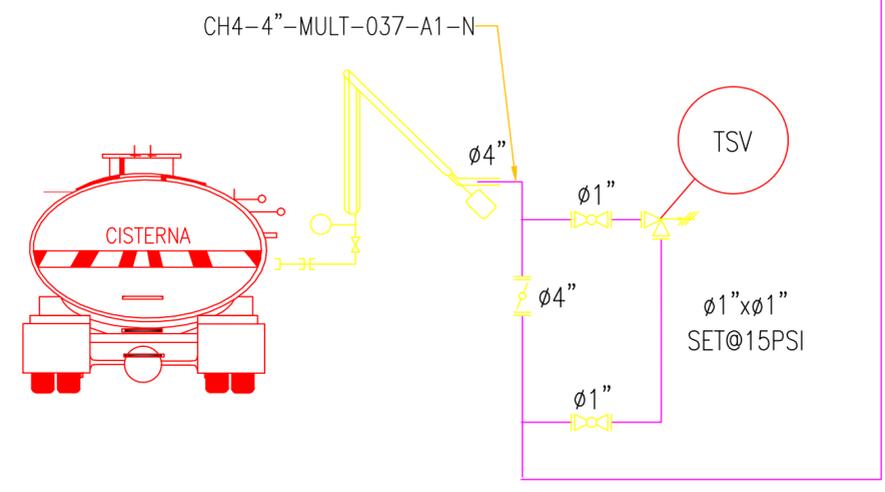
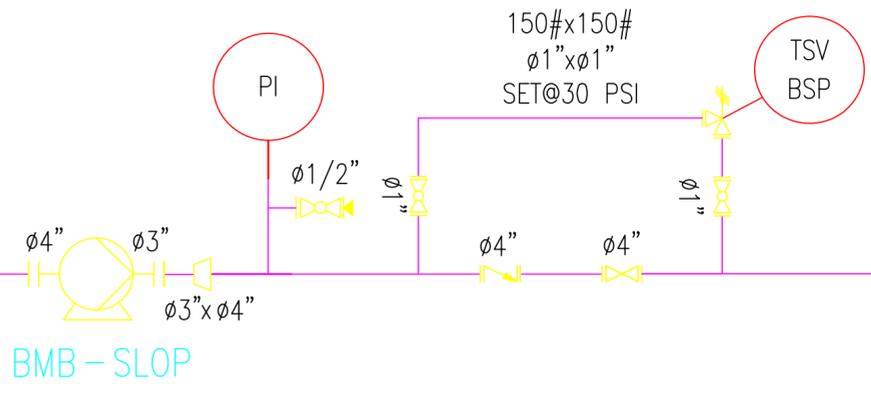


REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIS.	DIB.	REV.	APR.	CLT	PLANO N°	REFERENCIA
A	30/04/23	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	JJGB/MGQD	JJGB/MGQD	RRO	RRO	TP	3A/1018-S-EPC-6LY-001	PLANO LAYOUT DE EQUIPOS Y LINEAS

NOMBRES	FECHA	FIRMA
DISEÑADO POR: JJGB MGQD	30/03/23	
DIBUJADO POR: JJGB MGQD	30/04/23	
ASES. TESIS: RRO		

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA		
PROYECTO: OPTIMIZACIÓN DE DESPACHO DE PRODUCTO SLOP MEDIANTE PIPING		
PLANO: PROCESOS P&ID SISTEMA DE DESPACHO		
ESCALA: SE	N° PLANO: ODPSP-2-GQ-1-P&ID-001	HOJA: 1 DE 2
		REV.: A

002-HOJA 2
DESDE CH4



REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIS.	DIB.	REV.	APR.	CLT.	PLANO N°	REFERENCIA
A	30/04/23	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	JJGB/MGGD	JJGB/MGGD	RRR	RRR	TP		

NOMBRES		FECHA	FIRMA
DISEÑADO POR:	JJGB	30/03/23	
DIBUJADO POR:	JJGB	30/04/23	
ASES. TESIS:	RRR		

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA			
PROYECTO: OPTIMIZACIÓN DE DESPACHO DE PRODUCTO SLOP MEDIANTE PIPING			
PLANO: PROCESOS			
P&ID			
SISTEMA DE DESPACHO			
ESCALA:	N° PLANO:	ODPSP-2-GQ-1-P&ID-002	HUJA: 2 DE 2
			REV.: A