

**UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERRECTORADO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



**ESTUDIO TECNICO DE LA AMPLIACION DEL CAUDAL EN LA LINEA DE
RECEPCION DEL GAS LICUADO DE PETROLEO, PARA OPTIMIZAR EL
TIEMPO DE LLENADO AL TANQUE EN LA PLANTA ENGARRAFADORA
MONTEAGUDO.**

**TRABAJO EN OPCION AL DIPLOMADO EN TRANSPORTE,
ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE HIDROCARBUROS**

ALEX ANDRES VELASQUEZ CONTRERAS

Sucre – Bolivia

2023

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo a la obtención del Diplomado en Transporte, Almacenamiento y Distribución de Hidrocarburos de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

Alex Andrés Velásquez Contreras

Sucre, 07 de diciembre de 2023

DEDICATORIA

Esta monografía está dedicada a mi padre, quien me enseñó que el mejor tipo de conocimiento es el que se aprende por sí mismo. Dedicado a mi madre quien me enseñó que incluso la tarea más gran se puede lograr si se hace paso a paso.

a mis hermanas y amigos que en el andar por la vida nos hemos ido encontrando; por que cada uno de ustedes han motivado mis sueños y esperanzas en consolidar un mundo mas humano y con justicia. Agradecer todas las demás personas que han recorrido conmigo este camino.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerza para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

Doy gracias a mi padre y madre por el apoyo incondicional que me brindan en todas las etapas de mi vida y por demostrar la gran fé que tienen en mí. A mi esposa e hijo que viene en camino por el apoyo durante esta última etapa de mis estudios.

A la Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca. En especial a la facultad de Tecnología que me acobijo en sus aulas, a los docentes que día a día impartieron sus conocimientos a lo largo de mi carrera.

RESUMEN

La planta engarrafadora Monteagudo se encuentra situada a 10 Km de la población en la comunidad de Thurupampa, su función principal es la de abastecer de Gas Licuado de Petróleo (GLP), a los municipios de Monteagudo, Muyupampa y Huacareta, con garrafas certificadas y de calidad bajo la normativa de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH).

La capacidad de transporte en la línea de recepción actual no es suficiente debido a la presencia de fugas, a esta situación se llegó a tener problemas en la planta engarrafadora haciendo que el personal acumule más horas de trabajo para realizar el envasado del GLP y aun así no se ha podido evitar el desabastecimiento y escases de las garrafas de (GLP) en el municipio.

La monografía desarrolla los conceptos teóricos básicos fundamentales sobre el combustible en este caso el GLP, que se transporta a través del poliducto Camiri-Sucre hasta planta Monteagudo. Se desarrolló un diagnóstico el cual nos dio a conocer las condiciones actuales de operación en la línea de recepción del GLP, en ese sentido se pudo evidenciar los problemas mencionados en los antecedentes.

Posteriormente se realizó el cálculo del diámetro óptimo en la línea de recepción en base a demanda proyectada del consumo de GLP en la población, como resultado se obtuvo un diámetro de 4 pulg. Mediante cual se podrá dar solución al problema sobre la ineficiente capacidad al momento de la recepción.

A demás se desarrolló en análisis de costos de inversión de esta nueva línea donde se podrá observar los costos que se necesita para la implementación de dicho proyecto, en ese sentido mediante el estudio técnico de la ampliación del caudal, para optimizar el tiempo de llenado al tanque, se desarrolló una alternativa de solución brindando a la institución una mayor eficiencia de producción en la planta engarrafadora Monteagudo.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN.....	iv
INDICE DE CONTENIDO.....	v
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE TABLAS	x
CAPITULO 1: INTRODUCCION	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.1.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo General	3
1.2.2 Objetivos Especificos	3
1.3 JUSTIFICACION	3
1.3.1 Justificación Práctica.....	3
1.3.2 Justificación Teórica	4
1.4 METODOLOGIA	4
1.4.1 Técnica de Investigación.....	4
1.4.2 Instrumentos de Investigación.....	4
CAPITULO II: DESARROLLO.....	6
2.1 MARCO TEORICO (CONCEPTUAL Y CONTESTUAL).....	6
2.1.1 Marco Teorico Conceptual.....	6
2.1.1.1 Definicion del Poliducto.....	6
2.1.1.1.1 Descripción del Poliducto Camiri-Sucre (PCS).....	6

2.1.1.2	Planta Engarrafadora de GLP.....	8
2.1.1.3	Gas Licuado de Petróleo	8
2.1.1.3.1	Características del Gas Licuado de Petróleo (GLP).....	9
2.1.1.4	Composición de GLP	10
2.1.1.5	Propiedades del GLP	11
2.1.1.5.1	Presión de Vapor de GLP.....	11
2.1.1.5.2	Punto de Ebullición	13
2.1.1.5.3	Compresibilidad del GLP.....	13
2.1.1.5.4	Viscosidad del GLP.....	14
2.1.1.6	Tanque de almacenamiento de Hidrocarburos	15
2.1.1.7	Tuberías para el transporte de Hidrocarburos	16
2.1.1.7.1	Diámetro Interno de la Tubería	17
2.1.1.7.2	Longitud de la Tubería	18
2.1.1.7.3	Rugosidades interna de una tubería.....	18
2.1.1.7.4	Espesor de tuberías para el transporte de GLP.....	19
2.1.1.8	Tipos de Tuberías Metálicas	20
2.1.1.8.1	Tuberías de hierro fundido	20
2.1.1.8.2	Tuberías de hierro dúctil	21
2.1.1.8.3	Tuberías de acero	21
2.1.1.8.4	Tuberías de cobre	21
2.1.1.8.5	Tuberías de bronce	21
2.1.1.9	Formula de la Proyección de la Demanda en Base al Consumo de GLP.....	22
2.1.1.9.1	Formula de la tasa de crecimiento anual	23
2.1.1.10	Ecuación de Weymont para cálculos de caudal	23

2.1.1.11 Normas y Especificaciones aplicables para la construcción de la línea de recepción de GLP	24
2.1.2 Marco Teórico Contextual	24
2.1.2.1 Diagnostico del estado Actual de la línea de recepción en la Planta Engarrafadora Monteagudo	24
2.1.2.2 Descripción y Ubicación de la Unidad Receptora.....	25
2.1.2.2.1 Area de Control o Administracion	26
2.1.2.2.2 Area de Operación.....	27
2.1.2.2.3 Area de Almacenamiento de GLP.....	28
2.1.2.2.4 Area de Seguridad y Vigilancia.....	29
2.1.2.3 Datos Históricos Consumo del GLP Planta Engarrafadora Monteagudo	29
2.2 INFORMACION Y DATOS OBTENIDOS	30
2.2.1 Datos de operación en la Planta Engarrafadora Monteagudo	30
2.2.2 Calculo de la tasa de crecimiento anual de la producción de GLP.	31
2.2.3 Proyección de la demanda en base a los datos históricos.....	32
2.2.4 Determinación del Caudal mediante la ecuación de Weymont.....	33
2.2.4 Calculo del diámetro optimo en base a la proyección del consumo de GLP	33
2.3 Análisis y Discusión.....	34
2.3.1 Analizar la inversión necesaria para la propuesta de una línea de recepción de GLP.	34
CAPITU III: CONCLUSIONES.....	36
REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS	37
ANEXOS	39
Anexo 1: Trayectoria del poliducto Camiri-Sucre.....	39
Anexo 2: Tubos de acero SCH-40.	40
Anexo 3: Producción de refinados de petróleo según año y mes, 1990 – 2023(MBBLS).	41
Anexo 4: Tubería de recepción de GLP reparada con tejos.....	42

Anexo 5: Producción anual de GLP Planta engarrafadora Monteagudo año 2018..... **43**

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Poliducto Camiri-Sucre (PSC).	7
Figura 2: Planta engarradora Monteagudo.....	8
Figura 3: Presión de vapor del GLP en función de la temperatura para diferentes.....	12
Figura 4: Viscosidad del GLP en función de sus propiedades reducidas.	14
Figura 5: Características físicas de una tubería.....	16
Figura 6: Diámetro nominal y exterior de una tubería.....	17
Figura 7: Rugosidad en el diámetro interno de la tubería.	19
Figura 8: Diferentes tipos de tuberías.	22
Figura 9: Ubicación de la planta engarradora Monteagudo.....	26
Figura 10: Diagrama de flujo para el manejo	27
Figura 11: Tanque de almacenamiento de GLP.....	28
Figura 12: Área de control y vigilancia.	29

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición del GPL.....	11
Tabla 2: Datos históricos de producción Planta Monteagudo.....	30
TABLA 3: Datos técnicos de operación.....	30
Tabla 4: Proyección de la demanda.	32
TABLA 5: Costo a requerir en el área sistema de recepción.....	35

CAPITULO 1: INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

Bolivia tiene importantes reservas de gas natural, el gas licuado de petróleo (GLP) es todavía un combustible de consumo masivo, razón por la cual operan 35 plantas de engarrafado entre privadas y estatales registradas en la Superintendencia de Hidrocarburos, las cuales son reguladas mediante leyes, Normas y Reglamentos, se encuentran distribuidas en las ciudades capitales y en los municipios de mayor población.

La planta engarrafadora Monteagudo se encarga de abastecer de GLP a los municipios de Monteagudo, Muyupampa y Huacareta, a través de las garrafas de calidad bajo las normas establecidas Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), además la zona comercial de la planta engarrafadora cumple diferentes funciones, de llevar adelante la gestión comercial, por otra parte, supervisa las ofertas solicitadas por los clientes, garantizando el producto y abasteciendo con GLP.

A través del poliducto Camiri-Sucre se transportando los diferentes combustibles (Diesel Oíl, Gasolina Especial, Gas Liquiado de Petróleo, Jet Fuel y Kerosene). En la planta engarrafadora Monteagudo se recepciona principalmente GLP, el cual se transporta a través del sistema de recepción para su almacenamiento en el tanque N° 900 y luego realizar el envasado de las garrafas de GLP. De este modo se garantice el suministro a los grandes comercializadores y al municipio.

El año 2021 se reporto al Distrito comercial YPFB un plan de contingencia para operaciones de GLP bajo riesgos controlados en la planta Monteagudo, para enfrentar cualquier situacion de emergencia durante la recepcion de GLP. Debido a que esta linea de recepcion de GLP presento problemas de fugas en la linea de recepcion ocasionado por le desgaste del material y la presencia de corrian en esta linea, provocando que no se puede recibir el combustible, asi mismo se llego a un paro no programado de operaciones en la planta. No obstante el año 2023 nuevamente la linea de recepcion de GLP presento fugas o tambien llamado “pinchaso”. (SORIA, 2023).

En este sentido se pudo evidenciar de que no hay trabajos de investigación publicados recientemente en Bolivia referentes a este tema, es decir, un estudio específico y puntual que se relacione con el Estudio técnico de la ampliación del caudal en la línea de recepción de GLP, para optimizar el tiempo de llenado al tanque de almacenamiento en la planta engarrafadora Monteagudo.

Toda esta situación nos motiva a desarrollar el presente trabajo el cual podría ser un referente para otros investigadores que busquen solucionar problemas similares al tema propuesto.

1.1.1 Planteamiento del Problema

La planta engarrafadora de Monteagudo recibe el combustible mediante el poliducto (PCS), que se transporta desde la ciudad de Camiri, los productos principales transportados son la gasolina especial, Gas Liquido de Petróleo (GLP), Diesel Oil y Kerosene, para nuestro caso se toma el GLP, este combustible pasa por la línea de recepción hasta el tanque de almacenamiento N° 900, para su posterior distribución y comercialización en el mercado interno.

Hace más de 40 años que la línea de recepción de GLP viene operando y por el crecimiento poblacional, la demanda de GLP se ha ido incrementado constantemente; en ese sentido, la capacidad de transporte en la línea de recepción actual no es suficiente, debido a esta situación se llegó a tener problemas en la planta engarrafadora haciendo que el personal acumule más horas de trabajo para realizar el envasado del GLP y aun así no se ha podido evitar el desabastecimiento y escases de las garrapas de (GLP) en el municipio.

Por la naturaleza de los combustibles que se trasladan por la línea de recepción, con el paso del tiempo ha sufrido corrosión y fugas, provocando paros no programados en la planta engarrafadora Monteagudo, siendo otra causa para que al momento de recibir el GLP se demore bastante tiempo y por ende no se llegue a cubrir la demanda de GLP a la población de Monteagudo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Realizar el estudio técnico de la ampliación del caudal en la línea de recepción de Gas Licuado de Petróleo (GLP), para optimizar el tiempo de llenado al tanque de almacenamiento, en la planta engarrafadora Monteagudo.

1.2.2 Objetivos Especificos

- ✓ Elaborar un diagnostico de la linea de recepcion de GLP, en la planta engarrafadora Monteagudo.
- ✓ Determinar el caudal requerido para transportar el GLP hacia el tanque de almacenamiento en base a la proyeccion de la demanda consumo del GLP.
- ✓ Seleccionar el diametro optimo de la linea de recepcion GLP, para ampliar el caudal de la linea de recepcion de esta manera reducir los tiempos de llenado al tanque de almacenamiento.
- ✓ Analizar la inversión de costos para la presente propuesta.

1.3 JUSTIFICACION

1.3.1 Justificación Práctica

La presente monografía a través del estudio técnico de la ampliación del caudal en la línea de recepción de GLP, para optimizar el tiempo de llenado al TK-900 en la planta engarrafadora de Monteagudo, pretende ser una alternativa de solución a los problemas técnicos que se presentan en el tiempo de llenado, asimismo, los operadores de planta operaran en condiciones normales cuidando su integridad física; por otra parte, el mejoramiento de la línea de recepción de GLP, logrará garantizar la continuidad del servicio, con la finalidad de abastecer las necesidades energéticas de la población, ofreciendo una mayor cobertura y respondiendo a las necesidades de todo el Municipio.

1.3.2 Justificación Teórica

En la presente investigación permitirá poner en práctica los conocimientos adquiridos en los diferentes módulos que se cursaron como ser: Fundamentos del transporte y almacenamiento de hidrocarburos, Ingeniería de Ductos para el Transporte de los Hidrocarburos, Sistemas de Medición, Distribución y comercialización de los hidrocarburos. algunas materias que se cursaron en Pre grado como la: Elaboración y Evaluación de Proyectos, Legislación de los Hidrocarburos. Los cuales nos ayudaron a desarrollar la monografía de una manera eficiente.

1.4 METODOLOGIA

La presente monografía es una investigación propositiva, con un enfoque cuantitativo. (Sampieri, 2014)

1.4.1 Técnica de Investigación

la información para el desarrollo de la presente monografía fue proporcionada a través de YPFB Distrito comercial Chuquisaca mediante reportes e informes para ello se realizó una solicitud escrita al Ing. Alex Sandro cejas jefe la planta engarrafadora Monteagudo, posteriormente se llevó a cabo una entrevista con el jefe de planta se pudo obtener información acerca de la planta como ser: Historial de la producción del GLP, Certificado de Recepción/Entrega del producto, Reporte de movimiento de GLP de la planta engarrafadora Monteagudo. Por otra parte, se recopiló información de las fuentes secundarias como la página de YPFB la cual nos brinda bastante información.

1.4.2 Instrumentos de Investigación

Las diferentes fuentes de información que se utilizaron para la elaboración de la monografía se realizó visitas a la planta en varias ocasiones, donde se procedió a realizar consultas y entrevistas a los ingenieros, en la planta engarrafadora Monteagudo.

por otra parte se solicitó al encargado de la planta nos brinden información acerca de los Reportes operativos sobre los volúmenes transportados por el poliducto (PCS) al tanque de almacenamiento de GLP.

Tambien se recurrio a libros especializados en transporte y almacenaje de hidrocarburos y proyectos de grado relacionados al tema propuesto.

CAPITULO II: DESARROLLO

2.1 MARCO TEORICO (CONCEPTUAL Y CONTESTUAL)

2.1.1 Marco Teorico Conceptual

2.1.1.1 Definicion del Poliducto

Un poliducto se define como un conducto tubular largo (o un conjunto de tuberías acopladas en serie), en el cual por la parte interior se van a transportar combustibles líquidos derivados de hidrocarburos, o cualquier otro producto terminado a partir de la refinación del petróleo (POZO, 2018)

A diferencia de los oleoductos y gasoductos que transportan exclusivamente petróleo crudo y productos gaseosos, respectivamente; el poliducto puede transportar diferentes hidrocarburos líquidos con características físicas y químicas similares en periodos programados denominados baches (lotes) (O. & LEFFLER L, 2006).

El transporte de hidrocarburos por poliducto exige la implementación de los sistemas de bombeo con el fin de suministrar la energía suficiente al fluido para vencer la columna hidrostática, consecuencia de la diferencia de elevación topográfica.

Luego de la producción, el transporte de GLP a las plantas envasadoras se realiza generalmente a través del poliducto como es nuestro caso, o de camiones cisternas que realizan el trasvase del GLP al tanque.

2.1.1.1.1 Descripción del Poliducto Camiri-Sucre (PCS)

El poliducto Camiri-Sucre, se lo conoce con las siglas OCS haciendo referencia a que aproximadamente se trataba de un oleoducto. Actualmente se lo conoce como PCS haciendo referencia al uso de un poliducto.

El poliducto Camiri-Sucre fue construido entre los años 1947 y 1949, iniciando operaciones en el año 1949 como oleoducto. Actualmente el PCS, tiene por finalidad abastecer de combustibles a los Departamentos de Chuquisaca y Potosí transportando Diesel, Óil, Gasolina Especial, Gas

Liquiado de Petróleo, Jet Fuel y Kerosene Diesel Oíl, Gasolina Especial, Gas Liquiado de Petróleo, Jet Fuel y Kerosene. Cuenta con 1 estación de bombeo cabecera en Chorety-Camiri luego son 4 estaciones intermedias en Monteagudo, El Rosal, Tarabuquillo y la estación terminal el Qhora Qhora.

Figura 1: poliducto Camiri-Sucre (PSC).



Fuente: Extraído de YPFB Transporte S.A.

El poliducto (PSC), cuenta con una capacidad de transporte de 3334 BPD el cual tiene una longitud de 303.80 Km, garantizando el abastecimiento de hidrocarburos a las ciudades de Sucre, Potosí y áreas de influencia. (MARAZ, 2011)

2.1.1.2 Planta Engarrafadora de GLP

Son instalaciones destinadas al trasvase de GLP del tanque de almacenaje a las garrafas, bajo condiciones técnicas controladas de presión, calidad, cantidad y seguridad. Para su posterior comercialización.

Existen dos tipos de plantas engarrafadoras las industriales que cuentan con carruseles de balanzas semiautomáticas para el envasado y las plantas que operan con balanzas estacionarias

Figura 2: Planta engarrafadora Monteagudo



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 2 se muestra la infraestructura donde se realiza el envasado del GLP para su posterior distribución a los grandes comercializadores.

2.1.1.3 Gas Licuado de Petróleo

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) es una mezcla de hidrocarburos ligeros de petróleo que se encuentran en estado gaseoso a temperatura y presión ambiente, que ofrece un elevado poder calorífico por su combustión. Esta mezcla de gases puede ser licuada mediante una compresión moderada a temperatura ambiente para mantenerla en estado, logrando una considerable reducción del volumen para facilitar su transporte y su menor espacio de almacenaje.

El gas al ser enfriado y comprimido se condensa hasta volverse líquido, en tal estado se transporta y maneja desde las refinerías a las plantas de almacenaje y engarrafado, en recipientes portátiles, donde el gas sale en estado vapor para ser utilizado en aparatos domésticos.

El GLP comercial contiene una mezcla de gases cuya composición química predominan principalmente los hidrocarburos propano y butano o sus derivados. Este producto se obtiene de los procesos de estabilización del crudo en los pozos de producción y mediante la destilación fraccionada del Gas Natural, en el crudo se puede encontrar entre 1 – 3% de GLP y en el gas natural puede encontrar en un 10 – 15%. También se obtiene a partir de los procesos de refinación del petróleo crudo en los que se produce generalmente como consecuencia de reacciones de craqueo. (SANDOVAL, 2012)

2.1.1.3.1 Características del Gas Licuado de Petróleo (GLP)

A continuación, se presenta algunas características del GLP que contribuyeron al desarrollo de la presente monografía.

Color:

Es incoloro tanto en su estado líquido como en su estado gaseoso. Sólo se hace visible cuando el gas líquido se libera de manera muy rápida al medio ambiente. Esto es debido a que en ese momento se produce una transformación o cambio de estado, de líquido a gas o vapor.

Contaminación:

El GLP no contiene ni azufre, ni plomo, ni sus correspondientes óxidos, la combustión no produce olores ni residuos (hollín, ni humos), y los productos de la combustión son CO₂, H₂O y NO_x. El GLP no se disuelve en el agua ni la contamina, por lo que se puede utilizar en embarcaciones como combustible.

Corrosión:

No corroe al acero, ni al cobre ni a sus aleaciones y no disuelve los cauchos sintéticos, por lo que estos materiales pueden ser usados para construir los elementos que forman la instalación. Por el contrario, disuelve las grasas, aceites, pinturas y el caucho natural.

Grado de llenado:

El GLP en fase líquida se dilata por la temperatura más que los recipientes que lo contiene. Por lo tanto, éstos no se han de llenar completamente para así poder absorber el diferencial de dilatación producido por un aumento de la temperatura exterior, pues de lo contrario, se producirían excesos de presión no deseables. El grado de llenado máximo está establecido reglamentariamente en un 85%, considerando la masa en volumen a una temperatura de 20 °C.

Olor:

Carece de olor natural, de manera que por medidas de seguridad y para su comercialización se le añade una sustancia odorizante para poder detectar por el olfato las posibles fugas que puedan ocasionarse. Los odorizante más usados son algunos sulfuros y mercaptanos, que por su coste e intensidad del olor deben ser dosificados en aproximadamente 1 kg por cada 80.000 litros de GLP. Cuando se percibe el olor, la mezcla todavía se encuentra muy por debajo del límite inferior de inflamabilidad.

Toxicidad:

El GLP no es tóxico. Únicamente en el caso de realizarse una combustión incorrecta debido a un defecto de oxígeno, se puede producir monóxido de carbono que es sumamente tóxico. Por este motivo, es importante tener cuidado con los aparatos que funcionan en locales cerrados o al realizar las chimeneas.

2.1.1.4 Composición de GLP

Los principales componentes del GLP son: propano, n-butano, isobutano y en menor medida propileno y butileno. Los productos comerciales mas comunes se componen de propano y butano o una mezcla proporcional de ambos hidrocarburos.

Al GLP comercial se le adiciona pequeñas cantidades de componentes orgánicos de azufre con el fin de que este sea detectable por el usuario a una concentración en el aire de 1,0 % (SNOW, 2002)

Tabla 1: Composición del GPL.

GAS	Unidades	GAS Natural	Butano	Propano
FÓRMULA		CH ₄	CH ₃	CH ₄
PRESIÓN NORMAL A TEMP. AMB	Kg/cm ²	8	2	9
PUNTO DE EBULLICIÓN	°C	-160	-1	-42
PESO ESPECIFICO	g/L	551	584	508
PODER CALORIFICO	Cal/Kg		11823	11,657
	Kjoule/Kg		1.464	1.276
	BTU/lb	1000	3175	2500
Gravedad especifica de Liquido	Relación agua	0.551	582	504
Gravedad especifica de vapor	Relación aire	061	150	201
gasto (vapor}	m ³ /L	6	23	27
Límites de flamabilidad	%	4.5-14.5	1.55-8.60	2.15-9.60
Temp. de ignición	°C	650	482-583	493-604
Máxima Temp. de flama	°C	1700	1991	1980

Fuente: Extraído de la pagina www.gplatam.com/propiedades-fisicas-glp.

En la presenta tabla se puede observar los valores de las propiedades fisicas del GLP y sus respectivos valores.

2.1.1.5 Propiedades del GLP

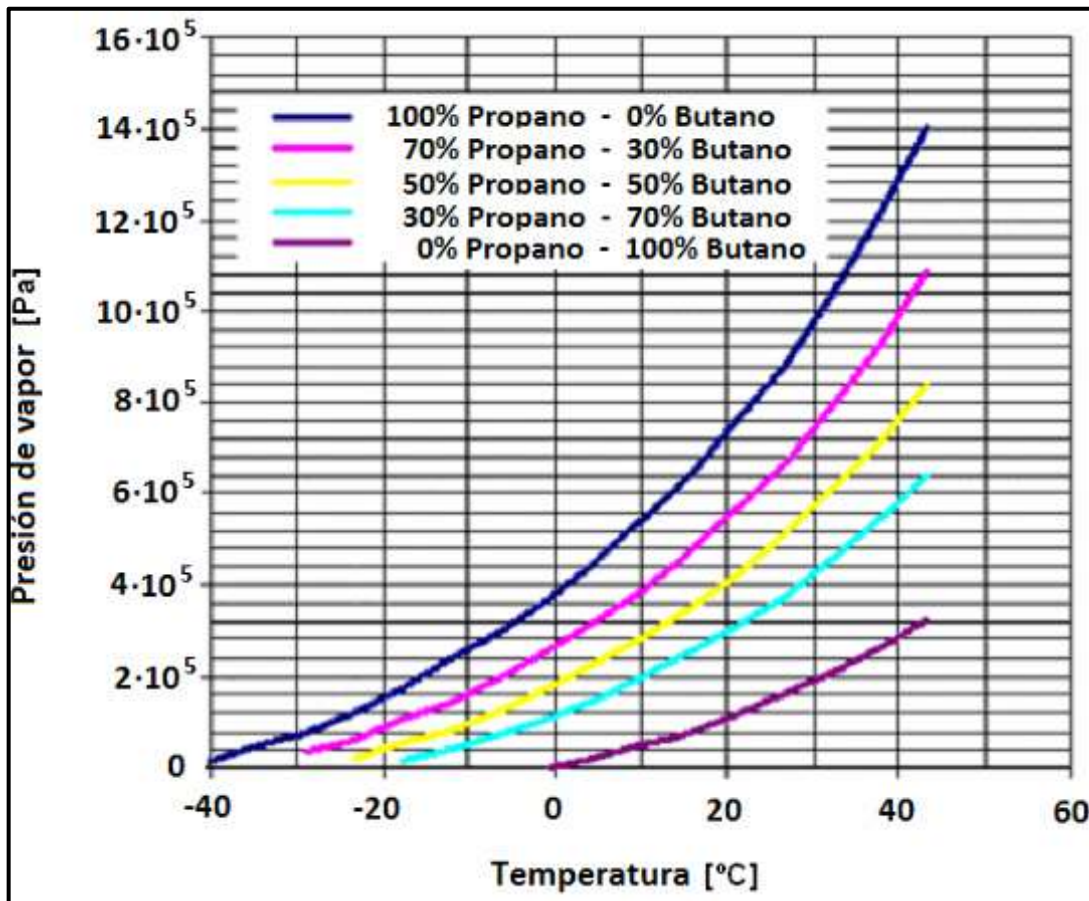
A continuación, se realizará la descripción de las propiedades del GLP.

2.1.1.5.1 Presión de Vapor de GLP

La presión de vapor se define como la presión ejercida por el vapor sobre el líquido cuando el sistema vapor liquido se encuentra en equilibrio. Para el GLP la presión de vapor constituye una medida indirecta de la temperatura mínima por debajo de la cual se produce su vaporización.

La presión de vapor de GLP desciende proporcionalmente con la temperatura e incrementa a mayor concentración de propano. Por lo general, la presión y la temperatura del GLP es máxima en los puntos de descarga y mínima en los puntos de succión de los sistemas de bombeo, lo cual genera que la presión de vapor del GLP no permanezca constante a lo largo del poliducto (O. & LEFFLER L, 2006).

Figura 3: Presión de vapor del GLP en función de la temperatura para diferentes.



Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN 674, 2012)

A través de la figura 3 se puede observar los valores de presión de vapor de posibles mezclas de GLP que forman los dos hidrocarburos mayoritarios, a diferentes temperaturas. realizar el cálculo de la presión de vapor para diferentes composiciones de propano/butano.

2.1.1.5.2 Punto de Ebullición

El punto de ebullición es la temperatura en que el producto cambia de estado líquido a gaseoso, en este punto ebullicióna o hierve, donde el líquido está sometido a una temperatura a la cual la presión de vapor del líquido es igual a la presión del medio que lo rodea.

El punto de ebullición del GLP a 1 atmosfera de presión es:

- ✓ Propano comercial a -42°C aprox
- ✓ Butano comercial a -9°C aprox

Por lo que se quiere aplicar una fuente de calor extra para hervir el GLP al igual que el agua el GLP, tiene un punto de ebullición a partir del cual cambia de líquido a vapor. Sin embargo, el punto de ebullición del GLP es bajo de -42°C , que hervirá en cualquier parte del mundo; por lo que generalmente se requiere aplicar una fuente de calor. (BARRANCOS, 2015)

2.1.1.5.3 Compresibilidad del GLP

La compresibilidad se define como la variación volumétrica de una sustancia por efecto de la presión ejercida sobre la misma. La compresibilidad es mínima en zonas de alta presión (punto de descarga de las bombas) y máxima en zona de baja presión (punto de succión de las bombas) (CORREA, 2018).

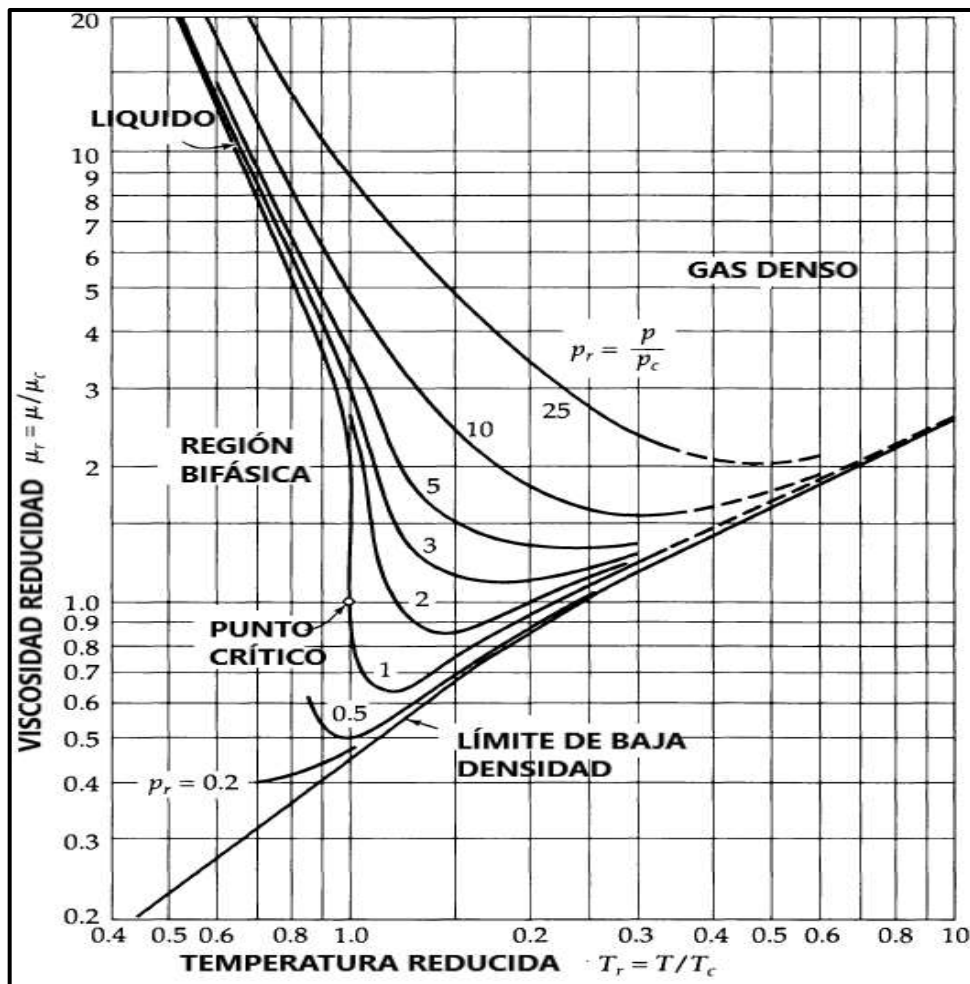
El etano y el etileno presentan mayor compresibilidad que el propano y el butano, por lo cual la presencia de volátiles en el GLP exige mayor energía de presión y una menor temperatura para ser transportado en condiciones licuadas, adicionalmente en tuberías de gran longitud la presencia de volátiles incrementa el volumen de la mezcla, lo cual limita el flujo uniforme de la fase líquida y genera alta turbulencia al interior de la tubería, que se traduce en un incremento de la caída de presión.

2.1.1.5.4 Viscosidad del GLP

La viscosidad dinámica se define como la relación entre el esfuerzo cortante aplicado sobre la capa límite de un determinado fluido en nuestro caso es el GLP y el gradiente de deformación del mismo.

La viscosidad del GLP depende de la presión, temperatura y peso molecular. Esta dependencia puede representar en función de sus propiedades reducidas como se muestra en la figura.

Figura 4: Viscosidad del GLP en función de sus propiedades reducidas.



Fuente: Extraído del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

Conforme la presión disminuye la viscosidad se aproxima a un valor constante en el límite de baja densidad, que en la mayoría de los gases ocurre a una presión de 101.3 Kpa. En estas condiciones la viscosidad incrementa proporcionalmente con la temperatura del sistema.

Debido a que el GLP se transporta por el poliducto a presiones variadas no es posible definir un valor constante de viscosidad, sin embargo, Bird, et 2007 recomienda trabajar con una viscosidad referencial a condiciones máximas de presión y temperatura.

2.1.1.6 Tanque de almacenamiento de Hidrocarburos

El almacenamiento constituye un elemento de sumo valor en la explotación de los servicios de hidrocarburos ya que:

- ✓ Actúa como un pulmón resorte entre la producción y transporte para absorber las variaciones del consumo.
- ✓ Permite la sedimentación de agua y barros del crudo antes de ser despachado.
- ✓ Brindan flexibilidad operativa a las plantas
- ✓ Actúan como punto de referencia en la medición de despachos del producto.

Los tanques cilíndricos la ventaja que presentan es cuando se los saca de servicio se los puede inspeccionar visualmente a ambos lados de la chapa en su totalidad (piso de tanques). La línea de llenado ingresa al recipiente por la parte superior y la de aspiración toma el producto por la parte inferior. Como todo recipiente crítico a presión, deben contar con doble válvula de seguridad independientes, doble sistema para la lectura de niveles y dos medios para la presión.

Estos recipientes no utilizan VPN (válvulas de presión y vacío) ni ningún otro sistema para el vaciado o llenado. Esto se debe a que trabaja con el equilibrio líquido-vapor del GLP que está en su interior. Al bajar la presión (vaciado), más producto pasa a la fase de vapor. Durante el llenado, el aumento de presión hace que el producto vuelva a la fase líquida. (MONTESINOS, 2020)

2.1.1.7 Tuberías para el transporte de Hidrocarburos

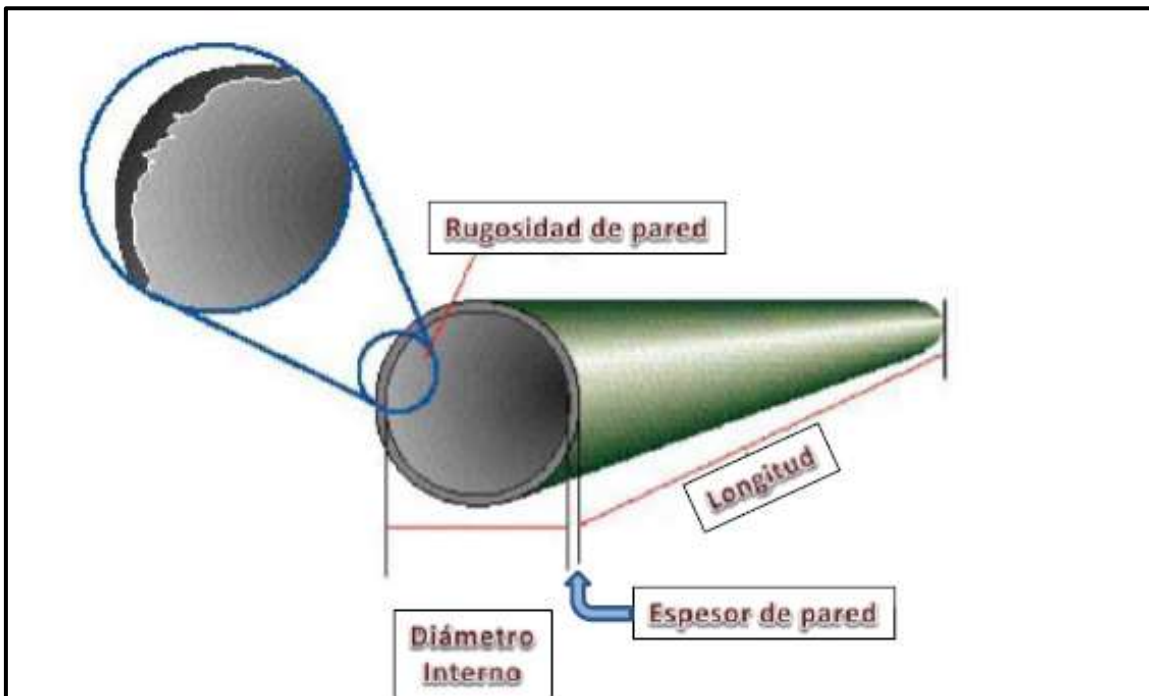
Una tubería es un conducto que cumple la función de transportar fluidos se suele elaborar con materiales muy diversos.

Cuando el líquido es petróleo, se utiliza el termino oleoducto. Cuando el fluido transportado es gas se utiliza el termino gasoducto.

Las características físicas de la tubería afectan la forma como un fluido se comportará en su interior. Específicamente, hay cuatro parámetros que se deben considerar en el diseño y selección.

- ✓ Diámetro interno de la tubería
- ✓ Longitud de la tubería
- ✓ Rugosidad de la superficie interna de la pared de la tubería
- ✓ Espesor de pared de la tubería

Figura 5: Características físicas de una tubería.



Fuente: Fundamentos para el diseño de poliductos.

En la figura se identifica los parámetros más importantes para el diseño y selección de la tubería. Los cuales se deben tener en cuenta al seleccionar el tipo de tubería por los que se va a transportar el hidrocarburo.

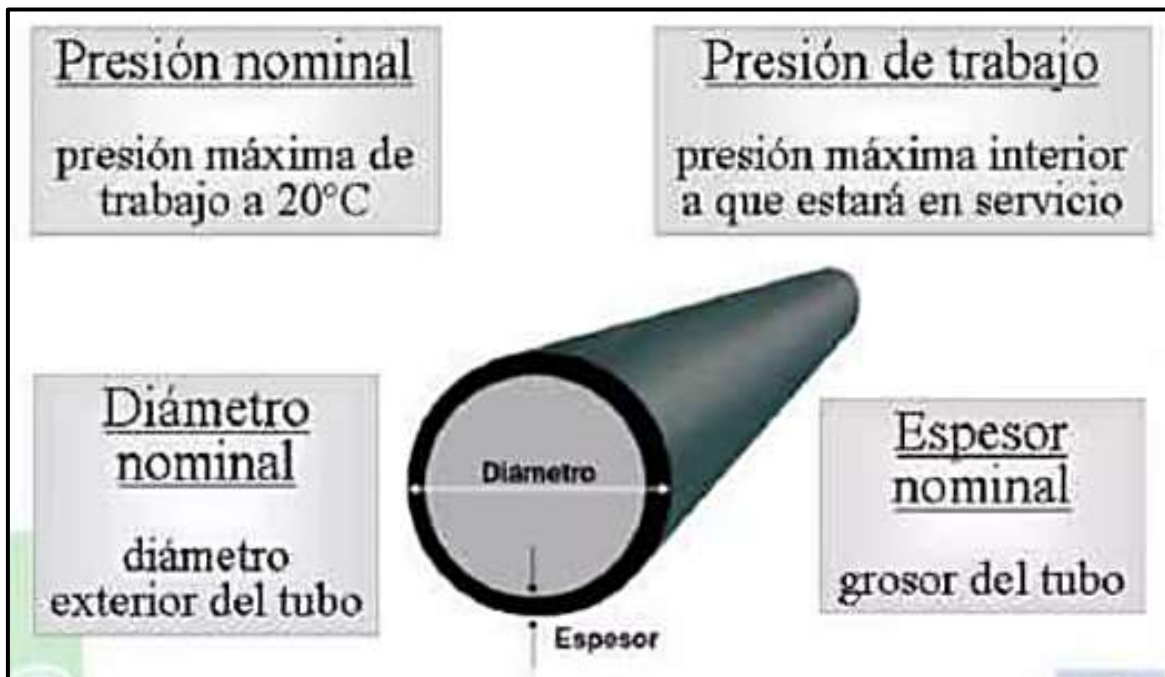
2.1.1.7.1 Diámetro Interno de la Tubería

En una tubería, la pérdida de presión debido a la fricción está relacionada con el diámetro interno de la tubería ver figura cuando el diámetro interno de la tubería disminuye, la pérdida de presión debida a la fricción se incrementa drásticamente siempre y cuando el diámetro más pequeño al igual que el más grande este manejando el mismo flujo.

Esta es una importante consideración, no solo en el diseño sino también en el entendimiento de las características de operación.

La selección del diámetro óptimo de la tubería de recepción, se realizará en la base a la norma API 14-E que establece un intervalo de máxima y mínima velocidad de flujo (velocidad de flujo máxima de 15 pie/seg. Velocidad mínima de flujo de 3 pie/seg). (TALAVERA, 2019)

Figura 6: Diámetro nominal y exterior de una tubería.



Fuente: Fundamentos para el diseño de poliductos.

En la presente figura se pueden observar la diferencia entre el diámetro nominal y el diámetro exterior de una tubería, asimismo se puede identificar algunos parámetros de operación en la tubería.

La velocidad de flujo está en función al caudal y ambas se pueden determinar mediante las siguientes ecuaciones:

Calculo de la velocidad de flujo

$$V = \frac{0.012 * Q}{d^2} \quad \text{Ec. 1}$$

V = Velocidad promedio de flujo (pies/seg)

Q = Caudal de flujo (BPD)

d = Diámetro interno de la tubería (pulg)

2.1.1.7.2 Longitud de la Tubería

La longitud de la tubería de un segmento de una tubería afecta la caída total de presión a lo largo de ese segmento. Entre mayor sea la longitud de un segmento en un poliducto, mayor será la caída total de presión a través de ese segmento. En consecuencia, la pérdida de presión por fricción para una tasa de flujo dada varía directamente con la distancia entre dos puntos (estaciones).

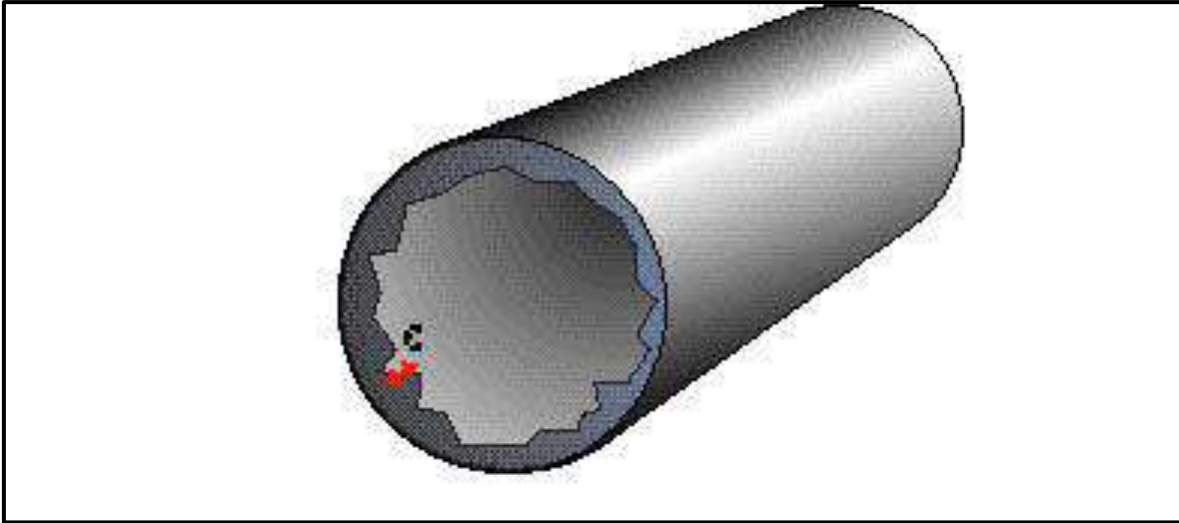
2.1.1.7.3 Rugosidades interna de una tubería

El factor de fricción es determinado experimentalmente mediante la correlación de número de Reynolds y la rugosidad relativa de la tubería con la fricción del fluido.

A medida que la rugosidad de la pared interna de la tubería se incrementa, el factor de fricción aumenta, para condiciones de flujo turbulento. Usualmente los factores de fricción (f), con los dos parámetros adimensionales, el número de Reynolds (Re) y la rugosidad relativa de la pared interna de la tubería (e/D).

La rugosidad relativa de la pared interna de la tubería es la relación de la rugosidad absoluta (e) y el diámetro interno (D) de la tubería como se puede observar en la figura.

Figura 7: Rugosidad en el diámetro interno de la tubería.



Fuente: Fundamentos para el diseño de poliductos.

Más específicamente, la rugosidad relativa está definida como la relación de la rugosidad absoluta de la pared de la tubería (una medida de la altura promedio de las protuberancias imperfecciones), en la superficie de la pared de la tubería y el diámetro interno de la tubería.

$$\text{Rugosidad Relativa} = e/D$$

Dónde:

e = Rugosidad absoluta de la superficie de la pared de la tubería (pulgadas)

D = Diámetro interno de la tubería (pulgadas)

2.1.1.7.4 Espesor de tuberías para el transporte de GLP

El espesor mínimo absoluto de una tubería o estructura para cargar su contenido. El espesor mínimo de la pared en el diseño se basa en la presión del contenido del recipiente o del tubo, la tensión admisible del material y el diámetro exterior de la tubería.

El cálculo de espesor de tuberías se realiza según ASME B 31.3 (American Society of Mechanical Engineers ASME-B31.3, 2008).

Calculo espesor pared tubería:

$$t = \frac{P * D}{2 * (S * E * W + P * Y)} + C \quad \text{Ec.2}$$

t = espesor (pulg)

E = factor de calidad del material

p = presión de diseño (psi)

W = factor de reducción de junta soldada

D = diámetro externo (pulg)

Y = factor de temperatura

S = tensión admisible del material (psi)

C = tolerancia por corrosión

2.1.1.8 Tipos de Tuberías Metálicas

A continuación, se describe las siguientes tuberías:

- ✓ Tuberías de hierro fundido
- ✓ Tuberías de hierro dúctil
- ✓ Tuberías de acero
- ✓ Tuberías de cobre
- ✓ Tuberías de bronce

2.1.1.8.1 Tuberías de hierro fundido

Un tubo de hierro fundido es un tubo que ha tenido un uso histórico como un tubo de presión para la transmisión de agua, gas y alcantarillado.

Debido a sus ventajas económicas, el hierro fundido se utiliza en múltiples aplicaciones en automoción, fabricación y procesamiento de industrias metálicas. Además, el hierro fundido se

utiliza con frecuencia en el alojamiento de bombas de agua marinas, rodillos de molinos y piezas de equipos móviles terrestres.

2.1.1.8.2 Tuberías de hierro dúctil

El hierro dúctil se produce mediante el tratamiento de hierro fundido de base de bajo contenido en azufre con magnesio bajo control estricto de condiciones. El cambio sorprendente en el metal se caracteriza por el grafito libre en hierro dúctil que se deposita en forma esferoidal o nodular el lugar de forma como escamas en el hierro gris.

Su uso común es en el transporte de agua, vapores, aceites, combustibles, y gases, utiliza para altas temperaturas y presiones.

2.1.1.8.3 Tuberías de acero

Las tuberías de acero son conductos cilíndricos hechos de este metal, que se usan para transportar líquidos, gases y otros materiales a través de sistemas entre conexión de estas tuberías.

Se caracterizan tienen buena resistencia a la corrosión y se utilizan con piezas que requieren mecanizado, soldadura, rectificado o pulido. Además, son fácil de fabricar y limpiar.

Son las que principalmente que se utilizan en la industria hidrocarburifera debido a su gran resistencia y a las demás propiedades que provee.

2.1.1.8.4 Tuberías de cobre

Permiten el transporte de distintos de líquidos y gases a diferentes temperaturas, además son ideales para ser usadas en instalaciones interiores, así como los accesorios de cobre.

2.1.1.8.5 tuberías de bronce

Se denomina bronce a la aleación de cobre y estaño, aproximadamente esta tiene un porcentaje de 88% cobre y 12% de estaño. No obstante, estos porcentajes pueden alterarse y sus características por consecuencia verse afectadas. Podemos encontrarlo en una numerosa cantidad de aleaciones gracias a que éste mejora las propiedades mecánicas de la aleación

Figura 8: *Diferentes tipos de tuberías.*



Fuente: Extraído de CORSAN material y piping soluciones.

En la presente figura se puede apreciar los distintos tipos de tuberías además se realizó la descripción de cada tipo y sus diferentes usos en la industria.

2.1.1.9 Formula de la Proyección de la Demanda en Base al Consumo de GLP.

La demanda es un indicador, el cual da a conocer su nivel de requerimiento en el mercado y permite que la economía funcione de forma estable, impulsando el crecimiento y desarrollo sostenible; “La estimación de la demanda se realiza considerando la cantidad de población objetivo y sus necesidades en un horizonte de tiempo”. Ecuación de la demanda

$$Dn = Do(1 + i)^n \quad \text{Ec 3}$$

Donde:

Dn = Demanda Proyectada

Do = Demanda Inicial (2020 año base)

i = Tasa de crecimiento anual

n = Años de Proyección

2.1.1.9.1 Formula de la tasa de crecimiento anual

La tasa de crecimiento natural es la tasa a la que está aumentando (o disminuyendo) una población en un año determinado, debido a un superávit (o déficit) de nacimientos en comparación con las muertes, expresada como un porcentaje de la población base. A continuación, se describe la presente formula:

$$i = \sqrt[n]{\left(\frac{Cn}{Co}\right)} - 1 \quad \text{Ec 4}$$

Con la siguiente ecuación se realizó en cálculo de la tasa de crecimiento en base a datos históricos de producción del consumo del Gas Licuado de Petróleo en el municipio de Monteagudo en un periodo de 5 años.

2.1.1.10 Ecuación de Weymont para cálculos de caudal

Esta ecuación es bastante utilizada en el diseño hidráulico de tuberías de pequeño diámetro, por otra parte, maximiza diámetros de tubería para dado caudal de flujo y caída de presión. (Virguez, 2001)

En nuestro caso para determinar el caudal en la línea de recepción de GLP utilizaremos la siguiente ecuación:

$$Q = (433.55) \left(\frac{T_b}{P_b}\right) E \left[\frac{P_1^2 - P_2^2}{S * L_m * T_{avg} * Z_{avg}} \right]^{0.5} d^{2.667} \quad \text{Ec. 5}$$

Q = Caudal de Gas, SCFD

T_{avg} = Temperatura de gas promedio, °F

T_b = Temperatura base, °F

Z_{avg} = Factor de compr. Prom, adim

P_b = Presión base, psia

d = Diámetro interno, in

S = Gravedad Especifica, adim

E = factor de eficiencia fract.

L = Longitud de línea, millas

Con la misma ecuación se llegó a determinar el diámetro en la línea de recepción del GLP la cual conecta con el poliducto Camiri-Sucre (PCS).

2.1.1.11 Normas y Especificaciones aplicables para la construcción de la línea de recepción de GLP

Para realizar la monografía no basaremos en reglamentos y leyes referentes al transporte de hidrocarburos por ductos, además se revisará las normas para el diseño y selección de tuberías.

- ✓ Reglamento para construcción y operación de plantas de engarrado de Gas Licuado de Petróleo (GLP), 23 de julio de 1997.
- ✓ **ANSI:** American National Standards Institute, ANSI B36.10, para el diseño y especificación de tuberías, válvulas y accesorios.
- ✓ **ANSI B 31.4:** Tuberías de transporte de hidrocarburos líquidos y otros líquidos.
- ✓ **API STD 1104:** Soldadura de tuberías e instalaciones relacionadas.
- ✓ **AWS:** Sociedad Americana de Soldadura.
- ✓ **API 2510:** Diseño y construcción de instalaciones de GLP

2.1.2 Marco Teórico Contextual

2.1.2.1 Diagnostico del estado Actual de la línea de recepción en la Planta Engarradora Monteagudo

Inicialmente YPFT Transporte solicita los datos de operación del tanque a YPFB Distrito comercial como son la presión, temperatura y % de volumen en el tanque. En este caso se cuenta con una $P_i = 100.0$ psig, $T_i = 28.0$ °F, con un 5 % de GLP en el tanque de almacenamiento una vez obtenidos los datos por parte de YPFB comercial se da inicio a la recepción del GLP, a través del poliducto el cual opera a una presión de 250 psig, se abren las válvulas de recepción para que el producto ingrese por medio de la línea de recepción la cual tiene una distancia de 130 metros para posteriormente entrar al manifold luego pasar por las válvulas hasta el tanque de almacenamiento.

El sistema de bombeo del GLP que se utiliza la planta es mediante la expansión por gravedad al tanque de almacenamiento de GLP, la capacidad de volumen que recibe el tanque es de 80 toneladas métricas de combustible con una frecuencia de dos veces por semana debido a la creciente demanda del GLP en la población.

Posterior se toma nuevamente los datos finales al tanque los cuales son una $P_f = 140.0$ psig, $T_f = 24.0$ °F, el porcentaje de volumen en el tanque de almacenamiento solo se debe almacenar a un 85% de su capacidad. Las bombas de GLP que alimentaran a las máquinas de envasado, succionaran el producto del tanque, que luego darán presión a las balanzas de llenado para el envasado de las garrafas de una capacidad de 10 Kg.

El problema se centra al momento de recibir el combustible en las líneas de recepción del GLP, estas tuberías operan hace más de 40 años, en la actualidad presentan corrosión y fugas lo que causa que al momento de la recepción del GLP al tanque de almacenamiento se llegue a demorar bastante tiempo por la presencia de fugas en la tubería, en varias situaciones se llegó a colocar tejos los cuales son accesorios donde su finalidad es tapar la fuga de esta manera se pueda recibir el combustible al TK-900.

2.1.2.2 Descripción y Ubicación de la Unidad Receptora

YPFB-Zona Comercial sur “Thurupampa”, Monteagudo, identificada como la planta engarrafadora, almacenadora, control y despacho de GLP, mediante garrafas para el abastecimiento del mercado interno de la población de Monteagudo y poblaciones aledañas.

la infraestructura física mediante la cual YPFB Distrito Comercial como comercializador mayorista de Bolivia y de este lugar puede recibir GLP, directamente del poliducto (PCS), bajo el sistema de Trasiego que llega desde Camiri para garantizar el suministro por parte de los grandes comercializadores, con el fin de almacenarlo y suministrarlo.

La planta engarrafadora Monteagudo se encuentra ubicada en la comunidad de Thurupampa a 10 Km de la población.

Figura 9: Ubicación de la planta engarrafadora Monteagudo.



Fuente: Extraído de Google Maps.

El area consta de varias secciones o instalaciones bien definidas que describiremos a continuacion:

2.1.2.2.1 Area de Control o Administracion

El area de control mas propiamente dicho es un area especialmente equipado para el control de toda la planta cuenta con maquinas (computadoras) que sirven para hacer las facturaciones autorizaciones de boletas de transferencias de combustibles.

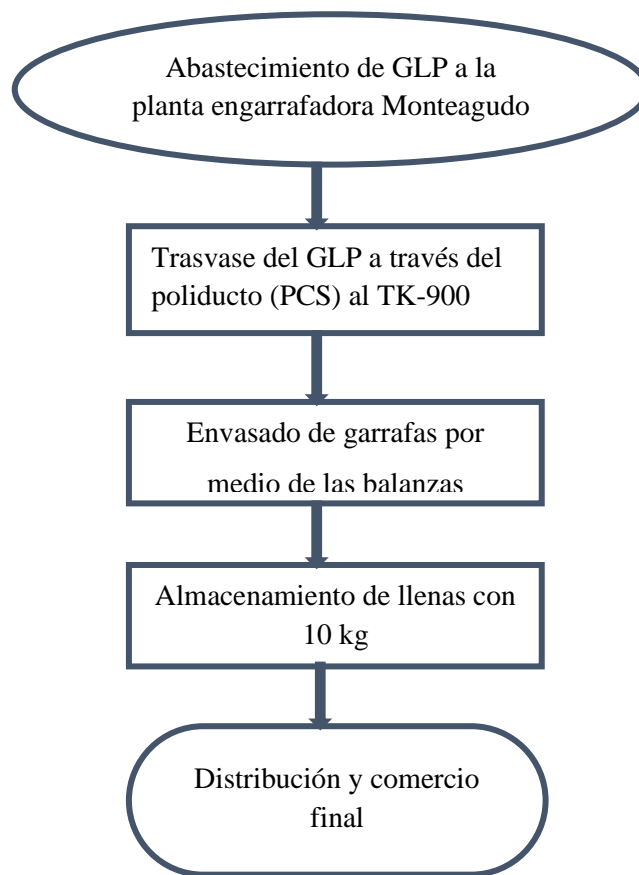
El jefe de planta es el unico que tiene acceso a este area y sobre todo a las informaciones de planta. En la misma planta de control se realiza el sello de despacho el cual autoriza la salida del camión con su respectivo producto.

Esta área cuenta con una sala de recreación o de descanso y muchas veces se lo utiliza como sala de reuniones, también posee un ambiente como depósito que se guarda los implementos para el personal o las herramientas que sirve de limpieza para la planta.

2.1.2.2.2 Area de Operación

Esta area esta equipada con un ambiente comodo y acorde a las operaciones que se realiza en el lugar consta de seis maquinas envasadoras modernas a los costados esta la zona de evacuado de las garrafas vacias y en la parte posterior se apila las garrafas emvasadas. En la parte mas posterior se encuentra un ambiente como deposito de las garrafas en mal estado tambien alberga algunos equipos como el compresor y el calefactor en la parte superior posee una linea de tuberia que consta de varias boquillas que al abrir la llave de paso rocia agua en el area como medida de seguridad.

Figura 10: Diagrama de flujo para el manejo



Fuente: Elaboración Propia.

2.1.2.2.3 Area de Almacenamiento de GLP

El tanque tiene una capacidad de volumen de 78.000 litros tanque N° 900 a nivel nacional el tipo de tanque es salchicha se encuentra aproximadamente a 2 metros del nivel del piso según la normativa establecida.

La recepción del GLP se lo realiza mediante el poliducto (PCS), el cual trabaja a una presión de operación de 250 psig, posterior se apertura la válvula para recibir el combustible mediante la línea de recepción, la cual conecta al tanque la cantidad de volumen que le transfiere YPFB logística es de aproximadamente de 80 toneladas métricas de GLP.

Figura 11: Tanque de almacenamiento de GLP.



Fuente: Extraído de YPFB Distrito Comercial Chuquisaca.

Después que este contenga gas almacenados recién pasa a través de líneas de flujo, una serie de manifold y bombas llega a las maquinas embazadoras con presiones acordes al trabajo de los equipos. Tiene una última línea de menor diámetro sirve como de retorno del gas es como un mecanismo que permite liberar la presión que por demora topa en las mangueras y rebota dando así paso al regreso de flujo por efecto de sobre presión en las mangueras inyectoras de gas esto regresa al tanque. (ARAUZ, 2019).

2.1.2.2.4 Area de Seguridad y Vigilancia.

Consta de una caseta en la entrada de la planta esta habitacion sirve como puesto de control y le permite al guardia de seguridad vivir y realizar sus actividades desde este lugar.

Figura 12: Área de control y vigilancia.



Fuente: Elaboración Propia.

El puesto de control esta en un punto estrategico ya que permite el control de las personas de planta y particularaes ademas que realiza el control de los productos que salen e ingresan mediante los camiones distribuidores.

2.1.2.3 Datos Históricos Consumo del GLP Planta Engarrafadora Monteagudo

Los datos de producción de GLP, fueron extraídos del Distrito Comercial Chuquisaca, específicamente la producción anual del consumo de GLP, en los diferentes municipios como ser: Monteagudo, Muyupampa y Huacareta. Los cuales datan de los 2018 al 2022, mediante los cuales se realizará los diferentes cálculos.

Tabla 2: datos históricos de producción Planta Monteagudo.

AÑOS	PRECIO	CANTIDAD (Kg)	IMPORTE (Bs)
2018	1,80407	1.257.660	2.268.908,27
2019	1,80407	1.428.190	2.727.485,15
2020	1,80407	1.511.850	2.923.263,08
2021	1,80407	1.620.370	2.998.979,92
2022	1,80407	1.826.460	3.950.640,08

Fuente: Elaboración Propia en base a datos YPFB Distrito Comercial.

Cómo se puede apreciar en la tabla se muestra los consumos anuales de GLP en Kg de la producción de la Planta Engarrafadora Monteagudo, se muestran las planillas en el Anexo 5.

Los consumos van en constante crecimiento como se observa en la tabla 2, esto quiere decir que con el pasar de los años la demanda se va incrementando.

2.2 INFORMACION Y DATOS OBTENIDOS

2.2.1 Datos de operación en la Planta Engarrafadora Monteagudo

Los datos de operación de planta engarrafadora fueron obtenidos mediante las entrevistas y reportes a los operadores de la planta engarrafadora y al jefe de planta, donde realizo la recopilación de los diferentes parámetros de operación en la línea de recepción de GLP, los cuales serán utilizados en los diferentes cálculos a efectuarse.

TABLA 3: Datos técnicos de operación.

DATOS DE OPERACIÓN		UNIDADES
PRESION DE INGRESO	300	psia
PRESION DE SALIDA	140	psia

DATOS DE OPERACIÓN		UNIDADES
Z FACTOR DE COMPR. GLP	0,84	adim
PESO MOLECULAR	15,35	
GRAVEDAD ESPECIFICA	0,53	admin
LONGITUD	426,4	ft
EFICIENCIA DE FLUJO	1	admin
DIAMETRO	3,068	in
RUGOSIDAD	0,00007	m
TEMPERATURA ENTRADA	542,4	R
TEMPERATURA DE SALIDA	535,2	R

FUENTE: Extraído de YPFB Distrito comercial.

Como se puede observar en la tabla 3 se muestran los parámetros de operación en la línea de recepción del GLP que conecta el Poliducto Camiri-Sucre con el tanque de almacenamiento de la planta.

2.2.2 Calculo de la tasa de crecimiento anual de la producción de GLP.

Para realizar el cálculo de la tasa de crecimiento se tomó como dato inicial la producción anual del GLP en el año 2018 los cuales se encuentran descritos en el marco contextual. Con la siguiente ecuación:

Datos

Cn = Producción del último año (1.826.460 kg/año)

Co = Producción del primer año (1.257.660 Kg/año)

i = Tasa de crecimiento

n = Número de años

$$i = \sqrt[n]{\left(\frac{Cn}{Co}\right)} - 1$$

$$i = \sqrt[5]{\left(\frac{1.826.460}{1.257.66}\right)} - 1$$

$$i = 0,05738056$$

Posterior al cálculo de la tasa de creciente procedemos a realizar la proyección de la demanda en base al consumo del GLP en las diferentes poblaciones, las cuales abastece la planta engarrafadora.

2.2.3 Proyección de la demanda en base a los datos históricos

La demanda de hidrocarburos líquidos en el mercado objetivo va en constante crecimiento debido a que cada año la población de igual manera va en constante aumento. La aplicación del combustible es de uso doméstico en cocinas y hornos, que muestra una demanda poblacional del combustible, durante el año vigente y una proyección a futuro.

Realizaremos la proyección de la demanda para los diez años con la siguiente ecuación.

$$Dn = Do(1 + i)^n$$

$$Dn = 1.826.460(1 + 0,05738056)^0$$

$$Dn = 1.826.460 \text{ Kg/año}$$

Tabla 4: Proyección de la demanda.

AÑOS	Proyección de la demanda
2022	1.826.460,00
2023	1.930.568,22
2024	2.040.610,61

AÑOS	Proyección de la demanda
2025	2.156.925,41
2026	2.279.870,16
2027	2.409.822,76
2028	2.547.182,66
2029	2.692.372,07
2030	2.845.837,28
2031	3.008.050,00
2032	3.179.508,85

Fuente: elaboración propia.

Una vez proyectada la demanda se procede a realizar el cálculo del caudal a través de la correlación de Weymont.

2.2.4 Determinación del Caudal mediante la ecuación de Weymouth

A partir de los datos de operación en la planta engarradora Monteagudo se procedió a utilizar la ecuación de Weymont, la cual se utiliza para el diseño de tuberías de pequeños diámetros.

$$Q = (433.5) \left(\frac{Tb}{Pb} \right) E \left(\frac{P1^2 - P2^2}{S * L_m * T_{avg} * Z_{avg}} \right)^{0.5} d^{2.667}$$

$$Q = (433.5) \left(\frac{520}{14.7} \right) E \left(\frac{300^2 - 140^2}{0.53 * 0.08 * 542 * 0.84} \right)^{0.5} 3.068^{2.667}$$

$$Q = 18.36 \text{ MMSCFD}$$

2.2.4 Calculo del diámetro optimo en base a la proyección del consumo de GLP

Mediante la determinación de la demanda proyectada al año 2032, se procede a realizar el cálculo de la línea de recepción de GLP, por la cual se transportará el combustible al tanque de

almacenamiento en la planta engarrafadora Monteagudo. Para ellos emplearemos uso de la ecuación de Weymouth.

$$d = \left[\left(\frac{Q * P_b}{433.5 * T_b * E_F} \right) * \left(\frac{GE * L * T_{avg} * Z_{avg}}{P_1^2 - P_2^2} \right) - \left(\frac{0.037 * GE * H}{T_{avg} * Z_{avg}} \right)^{0.5} \right]^{\frac{1}{2.667}}$$

$$d = \left[\left(\frac{23.770.000 * 14.7}{433.5 * 520 * 1} \right) * \left(\frac{0.53 * 0.08 * 538.8 * 0.86}{300^2 - 140^2} \right) - \left(\frac{0.037 * 0.53 * 3.28}{538.8 * 0.86} \right)^{0.5} \right]^{\frac{1}{2.667}}$$

$$d = 3.95 \text{ pulgadas}$$

La tubería de recepción del GLP en la planta deberá ser de acero, cedula 40 o si la tubería es soldada. Según el reglamento de construcción diseño de plantas engarrafadoras.

Debido a que en el mercado no se encuentra una tubería de 3.95 pulgadas se tomará el diámetro de 4 pulgadas, a través de esta línea se podrá aumentar la capacidad de flujo, mediante esta investigación se busca dar una mayor eficiencia en la planta engarrafadora Monteagudo.

A demás que mediante esta línea se lograra reducir el tiempo de recepción al tanque de almacenamiento de GLP.

2.3 Análisis y Discusión

2.3.1 Analizar la inversión necesaria para la propuesta de una línea de recepción de GLP.

Para la presente monografía se presentan las inversiones necesarias para la implementación de la línea de recepción propuesta. asimismo, lo se considera los siguientes ítem; la tubería de acero al carbón de 4 pulg, compresor y bombas para mejorar la eficiencia del sistema de recepción en la planta engarrafadora Monteagudo.

TABLA 5: Costos para la implementación de la línea de recepción.

EQUIPO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO \$US	VOALOR TOTAL \$US
Tubería acero al carbón 4pulg.	Pza	130	42	5460,00
compresor para el GLP	Pza	1	20,400,00	20,400,00
bombas de GLP	Pza	2	35,500,00	71,000,00
pruebas hidrostáticas	Pza	1	13,000,00	8000
		TOTALES		104,860,00

Fuente: elaboración propia.

El precio de los diferentes ítems en el presente cuadro, el costo de los materiales debido a que estos productos son importados sus precios son dólares (\$us), para una mayor interpretación se especifica el cambio en 6.97 Bs un dólar (según información del Banco Central de Bolivia).

La sumatoria total de los equipos requeridos en la línea de recepción hace un monto total de 104.860 \$us (730.784,20 Bs).

CAPITULO III: CONCLUSIONES

- ✓ El diagnostico en la línea de recepción de GLP de la planta engarrafadora Monteagudo, permito realizar la recopilación de los datos técnico de operación que sirvieron para realizar los cálculos. A demás se pudo evidenciar el problema que atraviesa la línea al momento de la recepción del combustible. los tiempos de llenado ocupando muchas horas en la recepción del producto.
- ✓ Se realizo la proyección de la demanda del consumo de GLP anual donde se pudo obtener una un volumen proyectado a 10 años de 3.179.508,85 kg/año, donde se pudo constatar que existe la necesidad de ampliar el caudal de flujo en la línea de recepción, para abastecer a la demanda creciente de los municipios de Monteagudo, Muyupampa, Huacareta.
- ✓ Se realizo el cálculo del diámetro más optimo en base a la ecuación de Weymont la cual es utilizada para el diseño de tuberías de pequeños diámetros obteniendo resultados confiables, como dato inicial se tomó el caudal de 27.77 MMSCFD, mediante el cual se llegó a determinar que la línea de recepción de GLP a este caudal mencionado necesitara un diámetro de 4 pulgadas para poder transportar el GLP hacía en tanque de almacenamiento de una manera más eficiente. Con la cual se llegará a disminuir los tiempos de recepción del combustible en la planta engarrafadora que son problemas de nunca acabar.
- ✓ Al realizar el análisis de costos de la implementación de esta línea se determinó la inversión de 104.806 \$us, para lo cual solo se estimó el precio de equipos y la prueba de hermeticidad en la tubería de recepción, ya que se podrá operar de manera más segura y eficiente brindando una seguridad a los operadores en planta.

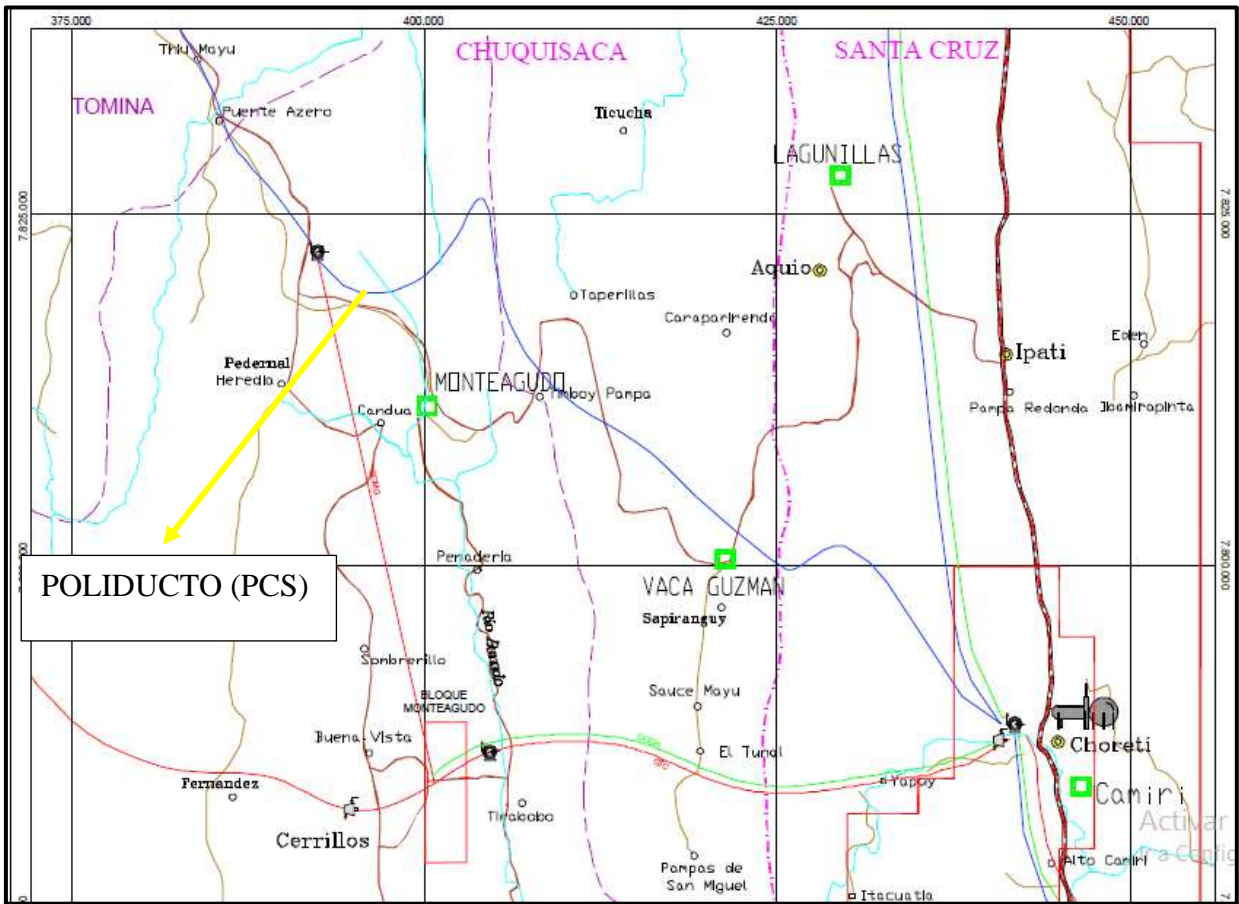
REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- ARAUZ, V. H. (2019). *PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAJE PLANTA ENGARRAFADORA THURUPAMPA*. SUCRE : SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA.
- BARRANCOS, N. G. (2015). *PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA ENGARRAFADORA DE GLP EN LA PROVINCIA CHIQUITOS* . SANTA CRUZ : ESCUELA MILITAR DE INGENIERIA .
- CORREA, J. A. (2018). *Cálculo para la extensión de red para alimentación de 1003 m³/h de gas natural para el grifo Primax Montreal*. LIMA PERU: UNIVERSIDAD MAYOR REAL SAN MARCOS.
- MARAZ, I. N. (2011). *TRANSPORTE Y ALMACENAJE DE HIDROCARBUROS* . SANTA CRUZ BOLIVIA : SOCIEDAD DE INGERIOS DE BOLIVIA .
- MONTESINOS, I. M. (2020). *DISEÑO DE TANQUES DE PETROLEO PARA AMPLIAR LA CAPASIDAD DE ALMACENAR DE LA ESTACION ARICA* . LA PAZ BOLIVIA : UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES .
- NUÑES, J. C. (2018). *IMPACTO ECONOMICO QUE PUEDE GENERAR EL SECTOR DE HIDROCARBUROS EN CHUQUISACA* . *FUNDACION JUBILEO*, 40.
- O., T. M., & LEFFLER L, W. (2006). *Oil and Gas pipeline in nontechnical language (1a edición)*. Oklahoma ESTADOS UNIDOS : Pennwell Corporation.
- POZO, E. O. (2018). *ESTUDIO DE LAS PÉRDIDAS ENERGÉTICAS EN EL POLIDUCTO SHUSHUFINDI-QUITO Y SU INFLUENCIA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL GLP*. QUITO: ESCUELA POLITECNICA NACIONAL.
- Sampieri, R. H. (2014). *Metologia de la Investigacion* . Mexico DF: MtGrau - Hil.

- SANDOVAL, L. L. (2012). *DISEÑO DE UNA PLANTA ENGARRAFADORA DE GLP EN EL MUNICIPIO DE COTAGAITA PARA LA MANCOMUNIDAD DE LOS CHICHAS - POTOSI*. COCHABAMBA: EMI.
- SNOW, D. A. (2002). *Plant Engineer's reference book*. OXFORD ESTADOS UNIDOS : Butterworth-Heinemann.
- SORIA, I. J. (2023). *PLAN DE CONTINGENCIA PARA OPERACIONES CON GLP BAJO RIESGOS CONTROLADOS PLANTA MONTEAGUDO*. SUCRE: DISTRITO COMERCIAL YPFB.
- TALAVERA, M. M. (2019). *PROYECTO DE INSTALACION DE UNA PLANTA ENVASADORA DE GLP EN LA CIUDAD DE AREQUIPA* . CUZCO PERU: SISTEMA DE BIBLIOTECAS.
- URPI, J. L. (2011). *TECNOLOGIA Y MARGEN REFINO DEL PETROLEO*. MADRID ESPAÑA : DIAS DE SANTOS S.A.
- Virguez, I. J. (2001). *DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL ANALISIS DE FLUIDOS COMPRESIBLES EN REDES DE TUBERIAS*. CARACAS: UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA .

ANEXOS

Anexo 1: Trayectoria del poliducto Camiri-Sucre.



Fuente: Extraído de YPFB TRANSPORTE.

Anexo 2: Tubos de acero SCH-40.

DIAMETRO NOMINAL NPS	DIÁMETRO EXTERIOR (Pulg.)	ESPESOR DE PARED (Pulg.)	PESO TUBO 6m.		LARGO DEL TUBO (m)	GRADO	PRESION DE PRUEBA (psi)	SCH
			NEGRO (kg.)	GALVANIZADO (kg)				
1/4"	0,540	0,088	3,780	3,962	6,00	A	700	40
3/8"	0.675	0,091	5,040	5,296	6,00	A	700	40
1/2"	0,840	0,109	7,620	7,887	6,00	A	700	40
3/4"	1,050	0,113	10,140	10,479	6,00	A	700	40
1"	1,315	0,133	15,000	15,479	6,00	A	700	40
1 1/4"	1,660	0,140	20,340	20,935	6,00	A	1200	40
1 1/2"	1,900	0,145	24,300	25,016	6,00	A	1200	40
2"	2,375	0,154	32,640	33,579	6,00	A	2300	40
2 1/2"	2,850	0,203	51,780	52,880	6,00	A	2500	40
3"	3,500	0,216	67,740	69,080	6,00	A	2500	40
4"	4,500	0,237	96,420	98,233	6,00	B	2210	40
6"	6,625	0,280	169,560	172,271	6,00	B	1780	40
8"	8,625	0,322	255,300	258,721	6,00	B	1570	40
10"	10,750	0,365	361,740	366,215	6,00	B	1430	40
12"	12,750	0,406	478,200	483,592	6,00	B	1340	40
16"	16,000	0,500	739,800	746,235	6,00	B	1310	40
20"	20,000	0,500	930,720	938,871	6,00	B	1050	30
24"	24,000	0,500	1121,640	1131,507	6,00	B	880	XS

Fuente: Extraído TURFLEX importadora y distribuidora de productos para minería

Anexo 3: Producción de refinados de petróleo según año y mes, 1990 – 2023(MBBLs).

PERÍODO	CARBURANTES						
	GASOLINA AUTOMOTOR	GASOLINA AVIACIÓN	GAS LICUADO	KEROSENO	JET FUEL	DIÉSEL	FUEL OIL
2022^(P)	7.111,75	32,92	886,72	95,93	1.168,72	2.963,58	0,00
Enero	616,81	4,10	78,77	8,61	91,26	288,33	0,00
Febrero	585,39	4,10	68,87	5,47	77,88	257,84	0,00
Marzo	622,38	4,06	79,10	7,95	95,61	276,56	0,00
Abril	639,22	0,00	77,31	7,32	75,38	268,30	0,00
Mayo	604,99	4,10	80,07	9,50	96,08	267,36	0,00
Junio	611,29	4,08	80,39	9,45	101,68	263,60	0,00
Julio	611,60	0,00	77,59	6,18	120,12	252,97	0,00
Agosto	570,55	4,09	78,31	9,35	103,05	225,61	0,00
Septiembre	547,87	0,00	75,43	5,50	105,56	225,00	0,00
Octubre	516,03	4,08	54,78	8,60	96,75	209,47	0,00
Noviembre	591,58	4,33	67,43	9,21	105,48	185,38	0,00
Diciembre	594,06	0,00	68,69	8,80	99,87	242,95	0,00
2023^(P)	4.862,10	24,48	558,39	76,78	975,88	1.650,76	0,00
Enero	605,46	4,08	67,97	8,59	118,90	200,27	0,00
Febrero	527,08	4,09	61,82	7,29	97,66	189,40	0,00
Marzo	568,67	0,00	65,42	8,02	124,72	199,39	0,00
Abril	553,11	4,08	56,95	11,35	102,61	192,55	0,00
Mayo	509,04	4,07	64,95	7,63	103,04	198,90	0,00
Junio	500,30	0,00	61,03	8,90	94,97	166,94	0,00
Julio	516,97	4,10	63,62	6,51	92,96	167,73	0,00
Agosto	548,21	4,08	62,21	10,20	119,90	171,88	0,00
Septiembre	533,26	0,00	54,42	8,28	121,13	163,70	0,00

Fuente: Extraído de Instituto Nacional de Estadística (INE).

Anexo 4: Tubería de recepción de GLP reparada con tejos.




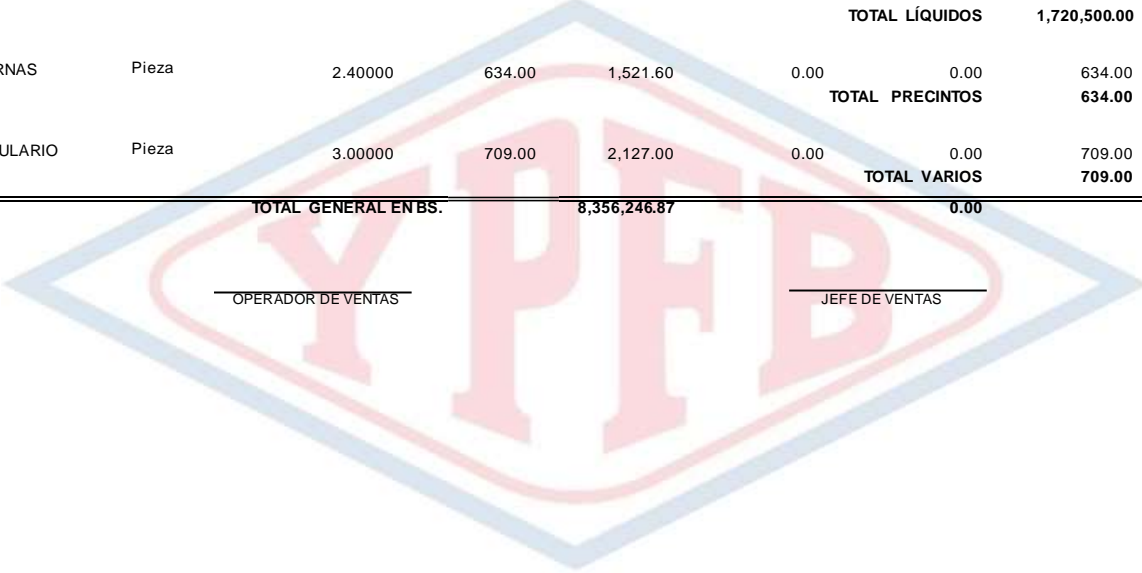
Fuente: Información YPFB Distrito Comercial.

Anexo 5: Producción anual de GLP Planta engarrafadora Monteagudo año 2018.

PRODUCTO	UNIDAD MEDIDA	PRECIO	CONTADO		PAGO ANTICIPADO		TOTAL	
			CANTIDAD	IMPORTE	CANTIDAD	IMPORTE	CANTIDAD	IMPORTE
CORRIENTES								
GLP DISTRIB. 10 KILOS NAL	Kilogramos	1.80407	1,257,660.00	2,268,908.27	0.00	0.00	1,257,660.00	2,268,908.27
TOTAL CORRIENTES							1,257,660.00	2,268,908.27
LÍQUIDOS								
DIESEL OIL NACIONAL EESS	Litros	3.54000	491,500.00	1,739,910.00	0.00	0.00	491,500.00	1,739,910.00
DIESEL OIL NACIONAL GRACO	Litros	3.71000	60,000.00	222,600.00	0.00	0.00	60,000.00	222,600.00
GASOLINA ESPECIAL EESS	Litros	3.52000	1,139,000.00	4,009,280.00	0.00	0.00	1,139,000.00	4,009,280.00
GASOLINA ESPECIAL GRACOS	Litros	3.73000	30,000.00	111,900.00	0.00	0.00	30,000.00	111,900.00
TOTAL LÍQUIDOS							1,720,500.00	6,083,690.00
PRECINTOS								
PRECINTOS CISTERNAS	Pieza	2.40000	634.00	1,521.60	0.00	0.00	634.00	1,521.60
TOTAL PRECINTOS							634.00	1,521.60
VARIOS								
REPOSICION FORMULARIO	Pieza	3.00000	709.00	2,127.00	0.00	0.00	709.00	2,127.00
TOTAL VARIOS							709.00	2,127.00
TOTAL GENERAL EN BS.				8,356,246.87	0.00		8,356,246.87	
_____ OPERADOR DE VENTAS			_____ JEFE DE VENTAS					
ZONA COMERCIAL MONTEAGUDO								
Fecha de generación: 08 December 2023 20:40								

Fuente: Extraído YPFB Distrito Comercial.

Anexo 6: Producción mensual de GLP Planta engarradora Monteagudo año 2022.

		YACIMIENTOS PETROLIFEROS FISCALES BOLIVIANOS							
		ANALITICO DE VENTAS - TODOS							
		PERIODO DEL 01/01/2018 AL 31/12/2018							
PRODUCTO	UNIDAD MEDIDA	PRECIO	CONTADO		PAGO ANTICIPADO		TOTAL		
			CANTIDAD	IMPORTE	CANTIDAD	IMPORTE	CANTIDAD	IMPORTE	
CORRIENTES									
GLP DISTRIB. 10 KILOS NAL	Kilogramos	1.80407	1,826,460.00	3,295,084.08	0.00	0.00	1,257,660.00	2,268,908.27	
TOTAL CORRIENTES							1,257,660.00	2,268,908.27	
LÍQUIDOS									
DIESEL OIL NACIONAL EESS	Litros	3.54000	491,500.00	1,739,910.00	0.00	0.00	491,500.00	1,739,910.00	
DIESEL OIL NACIONAL GRACO	Litros	3.71000	60,000.00	222,600.00	0.00	0.00	60,000.00	222,600.00	
GASOLINA ESPECIAL EESS	Litros	3.52000	1,139,000.00	4,009,280.00	0.00	0.00	1,139,000.00	4,009,280.00	
GASOLINA ESPECIAL GRACOS	Litros	3.73000	30,000.00	111,900.00	0.00	0.00	30,000.00	111,900.00	
TOTAL LÍQUIDOS							1,720,500.00	6,083,690.00	
PRECINTOS									
PRECINTOS CISTERNAS	Pieza	2.40000	634.00	1,521.60	0.00	0.00	634.00	1,521.60	
TOTAL PRECINTOS							634.00	1,521.60	
VARIOS									
REPOSICION FORMULARIO	Pieza	3.00000	709.00	2,127.00	0.00	0.00	709.00	2,127.00	
TOTAL VARIOS							709.00	2,127.00	
TOTAL GENERAL ENBS.				8,356,246.87	0.00			8,356,246.87	
									
OPERADOR DE VENTAS					JEFE DE VENTAS				
ZONA COMERCIAL MONTEAGUDO									
Fecha de generación: 08 December 2023 20:40		asejas		YPFB - GTIC - 2023		Pagina 1 de 1			

Fuente: Extraído YPFB Distrito Comercial