

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

VICERRECTORADO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



**IMPLEMENTACIÓN DE TRAMPAS DE RETENCIÓN DE LÍQUIDOS PARA
EVITAR FORMACIONES DE CONDENSADO EN EL TRANSPORTE DEL GAS
NATURAL EN EL GASODUCTO SUCRE-POTOSÍ**

**TRABAJO EN OPCIÓN A DIPLOMADO EN TRANSPORTE,
ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE HIDROCARBUROS**

ORLANDO FERNANDEZ GARCIA

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.

Orlando Fernandez Garcia

Sucre, 07 de diciembre de 2023

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a:

A mi madre, por su amor incondicional, por su apoyo a lo largo de mi educación.

A mis docentes, por su orientación experta, paciencia, dedicación para ayudarme a crecer académicamente.

A mis amigos y seres queridos, quienes me han brindado apoyo emocional y aliento en cada paso de este proceso.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por darme la fuerza y la sabiduría necesaria para poder desarrollar del presente trabajo, por brindarme la guía necesaria para completar esta monografía, su gracia y bendiciones han sido mi sostén durante este proceso de investigación, reconozco su amor incondicional que me ha impulsado a perseverar y alcanzar este logro académico.

Agradezco a mí familia por su amor incondicional, su apoyo constante a lo largo de mi educación, paciencia, sacrificio, que siempre me han brindado el respaldo necesario para perseguir mis metas académicas, a mis hermanos, por su aliento constante y comprensión en cada etapa de este proceso.

Agradezco profundamente a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca por su dedicación a la excelencia académica y por el impacto positivo que ha tenido en mi carrera profesional.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las instituciones que han contribuido de manera significativa a la realización de este trabajo de investigación, por proporcionar los recursos e información de datos propicios para llevar a cabo este trabajo de investigación.

RESUMEN

Las trampas de retención de líquidos son equipos implementados para la acumulación y retención de líquidos en los ductos donde se transporta gas natural, este tipo de trampas son poco conocidos, en este sentido no hay trabajos relacionados con el tema de estudio publicados en Bolivia, Esta situación incentiva a realizar este trabajo de investigación. Con el objetivo de disponer de facilidades para la implementación de trampas de retención de líquidos que se depositan en la parte inferior interna de los ductos que transportan gas natural, en zona donde existe mayor probabilidad de acumulación de líquidos.

Los problemas actuales en el sistema de gasoducto Sucre-Potosí, son acumulación de condensado en los diferentes puntos del ducto, afectaciones al gasoducto por terceros, daño con maquinaria pesada, Invasión del DDV (derecho de vía), atentados, Fenómenos Naturales como Deslizamiento, Derrumbes, Erosión en DDV (derecho de vía).

Para el buen funcionamiento de los compresores, estos se lubrican con un aceite mineral alimentado en forma continua a los compresores, parte de este aceite se pierde por el arrastre en la corriente de gas saliente de los compresores y ocasionando problemas en el funcionamiento de los equipos que compone este sistema gasoducto Sucre-Potosí.

La información se analizó a través del perfil topográfico por lo que se consideró las zonas geográficas bajas como ubicación a implementar las trampas de retención de líquidos tomando en cuenta las facilidades de acceso al terreno para la recolección de los condensados. El diseño de las trampas de líquidos se mostró la importancia de las normas, códigos técnicos de construcción porque con ello se regula los mínimos de seguridad y calidad de los diseños de trampas de líquidos, la determinación de costo de implementación de trampas de líquidos dio un aproximado de costo global de implementar trampas de líquidos tipo bota.

La implementación de trampas de retención de líquidos en el gasoducto Sucre-Potosí ayudara significativamente ya que la topografía, el clima de todo el sistema gasoducto Sucre-Potosí es un muy variado, las trampas tipo bota responden de forma positiva en zonas bajas, por su funcionalidad se destaca por la gravedad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.3.1 Justificación practica.....	3
1.3.2 Justificación Teórica	3
1.4 METODOLOGÍA	4
1.4.1 Técnicas de investigación.....	4
1.4.2 Instrumentos de Investigación	4
CAPÍTULO II: DESARROLLO	5
2.1 MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.1 Marco Conceptual.....	5
2.1.1.1 Hot Tap	5
2.1.1.2 Condensado	5
2.1.1.3 Formaciones de Condensado.....	5
2.1.1.4 Gas Licuado de Petróleo (GLP)	5
2.1.1.5 Gas Natural Comprimido (GNC)	6
2.1.1.6 Gas Natural Licuado (GNL).....	6
2.1.1.7 Condiciones normales del gas	6
2.1.1.8 Compresor	6
2.1.1.9 Cromatógrafo	6
2.1.1.10 Densidad	6
2.1.1.11 Ducto.....	6
2.1.1.12 Estación de compresión	7

2.1.1.13	Metano	7
2.1.1.14	Etano	7
2.1.1.15	Propano	7
2.1.1.16	Poder calorífico	7
2.1.1.17	Transporte	8
2.1.1.18	YPFB	8
2.1.1.19	Poliducto	8
2.1.1.20	Gas Natural.....	8
2.1.1.20.1	Gas Dulce	9
2.1.1.20.2	Gas Rico o Húmedo	9
2.1.1.20.3	Gas Seco	9
2.1.1.20.4	Gas Libre	10
2.1.1.21	Gasoducto.....	10
2.1.1.22	Cromatografía.....	10
2.1.1.23	Trampas de Líquidos Tipo Bota.....	12
2.1.1.24	Normas Aplicables	13
2.1.2	Marco Contextual.....	13
2.1.2.1	Planta Estación de Compresión Qhora Qhora.....	13
2.1.2.2	Estación de Medición de Karachi pampa.....	14
2.1.2.3	Sistema Gasoducto Sucre-Potosí.....	15
2.1.2.4	Cromatografía del Gas Natural Transportado por el Sistema GSP	16
2.2	INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS.....	17
2.2.1	Ubicación Geográfico del Sistema Gasoducto Sucre-Potosí.....	17
2.2.2	Relevamiento Topográfico y Perfil Longitudinal del Gasoducto Sucre-Potosí	18
2.2.3	Ubicación de las Trampas de Líquidos Gasoducto Sucre-Potosí.....	19
2.2.3.1	Sector Rummy Rummy	22
2.2.3.2	Sector Vila Vila	23
2.2.3.3	Sector Betanzos	24
2.2.4	Cámaras y Trampas de Líquidos en el Sistema Gasoducto Sucre-Potosí.....	25
2.2.4.1	Diseño de Cámaras de Hormigón Armado (H°A°)	25
2.2.4.1.1	Diseño de tapas metálica de cámaras	27
2.2.4.1.2	Diseño de soportes para la trampa tipo botas	29
2.2.4.1.3	Diseño de la escalera de acceso a cámaras de trampa de líquidos	29
2.2.4.1.4	Diseño de tubería de venteo de la bota de 1” metálica.....	31
2.2.4.2	Diseño de Trampas de Retención de Líquidos Tipo Bota	31
2.2.4.2.1	Diseño de Instrumentación armado en trampa de líquidos tipo bota	36

2.3	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	37
2.3.1	Costos Unitarios de Construcción de Cámaras.....	37
2.3.2	Precios Unitarios de Servicios de Hop Top.....	41
2.3.3	Precios Unitarios de Montaje de Trampas de Líquidos tipo Bota.....	42
2.3.4	Costo Global de implementación de trampas de retención de líquidos	44
	CAPÍTULO III: CONCLUSIONES.....	45
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
	ANEXOS	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Gasoducto</i>	10
Figura 2: <i>Elementos Básicos de la cromatografía de los gases</i>	11
Figura 3: <i>Esquema de Trampa de líquidos tipo bota</i>	12
Figura 4: <i>Sistema de compresión de la planta Qhora Qhora al Gasoducto Sucre-Potosí</i>	14
Figura 5: <i>Estación de medición Karachi pampa en Potosí</i>	15
Figura 6: <i>Esquema del sistema actual Gasoducto Sucre-Potosí</i>	16
Figura 7: <i>Vista satelital sistema de transporte de gas natural Sucre-Potosí</i>	18
Figura 8: <i>Relevamiento topográfico Gasoducto Sucre-potosí</i>	19
Figura 9: <i>Ubicación aproximada de las 3 trampas en el sistema gasoducto Sucre-Potosí</i>	21
Figura 10: <i>Ubicación satelital aproximado de trampa de líquidos sector Rummy Rummy</i>	22
Figura 11: <i>Ubicación satelital de la segunda trampa de líquidos GSP</i>	23
Figura 12: <i>Ubicación satelital de la tercera trampa de líquidos GSP</i>	24
Figura 13: <i>Diseño de cámara de trampa de líquidos</i>	26
Figura 14: <i>Cámara de H°A° para Trampa de líquidos</i>	27
Figura 15: <i>Diseño de la tapa metálica de cámara de trampas de líquidos</i>	28
Figura 16: <i>Estructura de techo de Cámara metálica</i>	28
Figura 17: <i>Diseño de los soportes dentro de cámara de trampas de líquidos</i>	29
Figura 18: <i>Diseño de la escalera de acceso a la cámara de trampas de líquidos</i>	30
Figura 19: <i>Trampa de líquidos tipo bota implementado</i>	31
Figura 20: <i>Diseño de trampa de líquidos</i>	34
Figura 21: <i>Diseño de drenaje de trampa bota</i>	34
Figura 22: <i>Vista Frontal del diseño de trampa de líquidos</i>	35
Figura 23: <i>Vista lateral de trampa de líquidos</i>	36
Figura 24: <i>Partes de la instrumentación vista a detalle en tabla 10</i>	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Composición del gas natural en Bolivia</i>	9
Tabla 2: <i>Informe de cromatografía del Sistema gasoducto Sucre-Potosí octubre 2023</i>	17
Tabla 3: <i>Ubicación de las 3 trampas de líquidos en el sistemas Gasoducto Sucre-Potosí</i>	21
Tabla 4: <i>Ubicación de trampa uno sector Rummy Rummy</i>	22
Tabla 5: <i>Ubicación de trampa de líquidos 2 sector Vila Vila</i>	23
Tabla 6: <i>Ubicación de trampa de líquidos 3 sector Betanzos</i>	24
Tabla 7: <i>Planilla de Materiales de escalera y cámara de drenaje</i>	26
Tabla 8: <i>Lista de materiales que compone trampa de líquidos tipo bota</i>	33
Tabla 9: <i>Lista de partes de la figura 26</i>	35
Tabla 10: <i>Lista de materiales de instrumentación manómetro digital (véase figura 24)</i>	36
Tabla 11: <i>Costo de Materiales para la construcción de Cámaras</i>	38
Tabla 12: <i>Costo de mano de obra para la construcción de Cámaras</i>	39
Tabla 13: <i>Costos de Equipos, maquinarias y herramientas para la construcción de Cámaras</i> ..	40
Tabla 14: <i>Costo total de construcción de cámaras de trampa de líquidos</i>	40
Tabla 15: <i>Costo de materiales de servicios de Hot Top</i>	41
Tabla 16: <i>Costo de Materiales en montajes de trampas de retención de líquidos tipo bota</i>	42
Tabla 17: <i>Costos de Mano de Obra en montajes de trampas de retención de líquidos tipo bota</i>	43
Tabla 18: <i>Costos de Equipos, Maquinarias y Herramientas en montaje de trampas de líquido</i>	43
Tabla 19: <i>Costo total de montaje de trampa de líquidos</i>	44
Tabla 20: <i>Costo global de construcción de cámaras y montaje de las trampas de líquidos</i>	44

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En la actualidad hay poca información académica sobre construcción de cámaras e instalación de las trampas de retención de líquidos y sus características, en este sentido no hay trabajos de investigación relacionados con el tema de estudio publicados en Bolivia, Esta situación fomenta a realizar este trabajo de investigación con el objetivo de que sirva como ejemplo a otros investigadores sobre el tema de trampas de líquidos en el transporte de gas natural por gasoductos.

YPFB Transporte S.A. viene implementando el proyecto de construcción de cámaras e instalación de trampas y filtros separadores Gasoducto al Altiplano (GAA) y Gasoducto Taquiperenda-Cochabamba (GTC), el cual tiene como objetivo disponer de facilidades para la retención de los líquidos que se depositan en la parte inferior interna de los ductos que transportan gas natural, denominadas trampas de retención de líquidos (YPFB Transporte S.A., 2022).

El presente trabajo surge de los objetivos de YPFB transporte S.A. Publicados mediante la licitación N° 5000003963 el 14 de agosto de 2023 de construcción de cámaras e instalación de trampas de líquidos en los sistemas GTC y GSP (YPFB Transporte S.A., 2023).

En los proyectos realizados de YPFB Transporte S.A. se destaca la construcción de cámaras e instalación de trampas de retención de líquidos para los Gasoductos Villa Montes-Tarija (GVT), Gasoducto Carrasco-Cochabamba (GCC), Gasoducto al Altiplano (GAA), tal como construcción de cámaras e instalación de las trampas de líquidos en el sistema Gasoducto al Altiplano (GAA), dos (2) trampas de líquidos en el tramo Huayñacota-Chuñuchuñuni en una línea de 12”, dos (2) trampas de líquidos en el tramo Chuñuchuñuni-Totoroco en la línea de 10”, una (1) trampa de líquidos en el tramo Sica Sica–Senkata en la línea de 10”.

1.1.1 Planteamiento del problema

El sistema de Gasoducto Sucre-Potosí, no cuenta con trampas de líquidos, Situación que ocasiona problemas de obstrucción por acumulación de condensado en el transporte de gas natural, por la presencia de aceite, agua y/o humedad en el gasoducto, en zonas críticas de formaciones geológicas más bajas, las causas son la acumulación de partículas de aceite, A medida que el gas se mueve experimenta cambios en sus propiedades debido a la diferencia de elevación de formaciones que van de 3500 a 4000 metros a nivel del mar, La temperatura en las formaciones elevadas oscilan entre - 8°C a 5°C en época de invierno, Esta disminución de temperatura hace que los componentes del gas se condensen, en efecto causan daños en el gasoducto, interrupciones en el flujo de gas, problemas operativos, baja presión del gas y fallas en el sistema de transporte de gas natural.

La planta de compresión Qhora Qhora cuenta con dos compresores para el transporte de gas natural por el Gasoducto Sucre-Potosí, Para el buen funcionamiento de los compresores, estos se lubrican con un aceite mineral alimentado en forma continua a los compresores, parte de este aceite se pierde por el arrastre en la corriente de gas saliente de los compresores y ocasionando problemas en el funcionamiento de los equipos que compone este sistema, este arrastre de debe principalmente a las condiciones de presión y temperatura en transporte de gas natural por gasoducto Sucre-Potosí.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Implementar trampas de retención de líquidos para evitar formaciones de condensado en el transporte del gas natural en el gasoducto Sucre-Potosí.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual del sistema gasoducto Sucre-Potosí

- Determinar la ubicación geográfica para la construcción e instalación de trampas de retención de líquidos en el sistema gasoducto Sucre-Potosí
- Diseñar cámaras y trampas de retención de líquidos.
- Determinar costos de implementación de cámaras e instalación de trampas de líquidos tipo bota en gasoducto Sucre-Potosí.

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 Justificación practica

El presente trabajo de investigación a desarrollar, se realiza por la necesidad que tiene el gasoducto Sucre-Potosí, por no contar con trampas de retención de líquidos, para evitar la acumulación de condensado en el sistema, el implementar estas trampas facilitará una salida técnica para prevenir los problemas identificados en el transporte de gas natural, lo cual permitirá disminuir la acumulación de condensados y mantendrá operativo el sistema gasoducto Sucre-Potosí. Repercutirá en beneficios de reducir trabajos de mantenimiento correctivos y preventivos, con el propósito de tener operable el sistema, garantizando la normal distribución y abastecimiento de gas natural a los usuarios y comerciales del departamento de Potosí, beneficiando a las familias con este recurso energético.

1.3.2 Justificación Teórica

En el presente trabajo de investigación se pondrá en práctica lo aprendido en los módulos de fundamentos del transporte y almacenamiento de hidrocarburos, ingeniería de ductos de transporte de hidrocarburos e ingeniería de tanques de almacenamiento, análisis de integridad, control, medición, y distribución en sistemas de transporte de hidrocarburos, inspección de juntas y protección anticorrosiva, metodología de investigación, ingeniería de gas natural y legislación de hidrocarburos, mediante los cuales se desarrollará el trabajo de investigación.

1.4 METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación es de carácter propositiva con un enfoque cuantitativo. (Sampieri, 2014)

1.4.1 Técnicas de investigación

La obtención de información para el desarrollo del presente trabajo de investigación fue proporcionado a través de YPFB Transporte S.A. a través de informes, para ello se hizo una solicitud escrita de la información requerida a YPFB Transporte S.A, Además se realizó una entrevista al Jefe de operaciones gasoductos GVT, GTC y GSP. Por otra parte, se hizo la Revisión de fuentes secundarias, como la página de YPFB Transporte S.A, contratación de bienes y servicios donde se muestra la información de licitación de construcción de cámaras e instalación de las trampas de líquidos.

1.4.2 Instrumentos de Investigación

La información se recopiló para su posterior análisis, datos actuales del historial de transporte de gas natural en el gasoducto Sucre-Potosí, información de datos de operación de presión y temperatura del gasoducto Sucre-Potosí, perfil de elevación del gasoducto sucre-Potosí, problemas actuales del transporte de gas natural sistema gasoducto Sucre-Potosí, Cromatografía del gas natural transportado por el gasoducto Sucre-Potosí y planilla de costos de implementación de trampas de líquidos.

CAPÍTULO II: DESARROLLO

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Marco Conceptual

2.1.1.1 Hot Tap

Proceso de elaboración de una derivación a un ducto estando éste en operación mediante herramientas especiales.

2.1.1.2 Condensado

Los Hidrocarburos líquidos producidos con el gas natural, que son separados de éste por enfriamiento u otros medios. A diferencia del petróleo crudo, el condensado tienen poca o ninguna cantidad de hidrocarburos pesados.

2.1.1.3 Formaciones de Condensado

En el flujo de gas natural, los cambios de presión y temperatura pueden provocar la formación de una fase líquida debido a la condensación parcial del medio gaseoso. La apariencia líquida incluso bajo expansión de la corriente que fluye. El mismo fenómeno también puede provocar la vaporización de la fase líquida de tal manera que vuelva a entrar en la fase gaseosa. La composición en fase líquida y gaseosa cambia continuamente a lo largo de la tubería debido a la incesante transferencia de masa entre las fases. En general, la cantidad de pesados en la corriente determina la extensión del comportamiento retrógrado y la apariencia líquida (Adewumi, 2022).

2.1.1.4 Gas Licuado de Petróleo (GLP)

El GLP está compuesto de propano, butano, o una mezcla de los dos, que es licuado bajo presión con objeto de facilitar su transporte y almacenamiento. Comúnmente se lo conoce como gas de garrafa, que es obtenido/separado del petróleo crudo o del gas.

2.1.1.5 Gas Natural Comprimido (GNC)

Gas Natural, compuesto fundamentalmente de metano, comprimido a una presión igual o mayor a 2.400 libras por pulgada cuadrada y guardada en contenedores especiales de alta presión. Es usado como combustible para vehículos.

2.1.1.6 Gas Natural Licuado (GNL)

El Gas Natural, principalmente metano, cuando es enfriado a una temperatura de - 162° C (- 260° F), a presión atmosférica, se condensa en un líquido llamado GNL.

2.1.1.7 Condiciones normales del gas

Volumen y otras propiedades físicas del gas seco medido a presión ambiente y a 15° C de temperatura.

2.1.1.8 Compresor

Máquina que incrementa la presión o la velocidad del gas con vista a su transporte o almacenamiento.

2.1.1.9 Cromatógrafo

Instrumento utilizado para analizar la composición de varias sustancias, usualmente utilizado para determinar el contenido de BTUs del Gas Natural.

2.1.1.10 Densidad

Dimensión de la materia según su masa por unidad de volumen, se expresa en libras por galón (lb/gal) o kilogramos por metro cúbico (kg/m³).

2.1.1.11 Ducto

Tubería para el transporte de gas natural o crudo entre dos puntos, ya sea tierra adentro o tierra afuera.

2.1.1.12 Estación de compresión

El gas pierde presión al recorrer grandes distancias; para asegurar su flujo uniforme debe ser re comprimido en instalaciones especialmente diseñadas que se denominan estaciones de compresión.

2.1.1.13 Metano

Es el hidrocarburo más simple y componente principal del gas natural, que también está presente en el carbón. Es un gas ligero y seguro, sin color, sin olor e inflamable bajo condiciones normales. A presión atmosférica se licua a -162°C . Materia prima para la generación eléctrica, conversión de gas a líquidos, producción de fertilizantes.

2.1.1.14 Etano

Hidrocarburo gaseoso más pesado que el metano. Se licua por enfriamiento. Materia prima para la industria petroquímica.

2.1.1.15 Propano

Gas, uno de los componentes del gas natural. Hidrocarburo que se encuentra en pequeñas cantidades en el gas natural, consistente de tres átomos de carbono y ocho de hidrógeno; gaseoso en condiciones normales. Se le emplea como combustible automotriz, para cocinar y para calefacción. A presión atmosférica el propano se licúa a -42°C . Ver también: LPG.

2.1.1.16 Poder calorífico

La cantidad de calor producido por la combustión completa de un combustible. Puede ser medido seco o saturado con vapor de agua; y neto o bruto. ("Bruto" significa que el agua producida durante la combustión ha sido condensada en líquido, liberando así su calor latente; "Neto" significa que el agua permanece como vapor). La convención general es llamarle seco o bruto.

2.1.1.17 Transporte

Toda actividad para trasladar o conducir de un lugar a otro, hidrocarburos o sus derivados por medio de tuberías, utilizando para ello diversos medios e instalaciones auxiliares, que incluyen el almacenaje necesario para esta actividad y que excluyen la distribución de gas natural por redes.

2.1.1.18 YPFB

Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, empresa pública creada mediante Decreto Ley de 21 de diciembre de 1936.

2.1.1.19 Poliducto

Tubería utilizada para el transporte de los productos del Petróleo, por ejemplo, Gasolina, Diésel Oil, Jet Fuel, Kerosene, GLP (ANH, 2012).

2.1.1.20 Gas Natural

Se denomina gas natural al conjunto de Hidrocarburos, Gaseoso formados principalmente por el metano, en proporción superior al 70% que se obtiene de la naturaleza en los campos petrolíferos. Los Reservorios de gas natural, al igual que los reservorios de petróleo, están formados por rocas porosas y permeables ubicadas en el subsuelo. Un conjunto de reservorios similares constituye un yacimiento (Brucart, 1987).

En la actualidad existen más de 70 % países productores de gas natural que utilizan este insumo para su desarrollo industrial logrando una mayor competitividad debido a las muchas ventajas que el gas ofrece. El gas natural es la fuente de energía más ventajosa porque, además de ser un combustible limpio y de bajo costo, compite con todas las otras fuentes de energía, la forma más económica de transportarlo es a través de redes de tuberías (Graziani, 2022).

La composición del gas natural:

Tabla 1: *Composición del gas natural en Bolivia*

Componente	Porcentaje
Nitrógeno	1.45
Dióxido de Carbono	0.99
Metano	87.21
Etano	6.21
Propano	2.23
I - Butano	0.32
N-Butano	0.47
I - Pentano	0.13
N – Pentano	0.12
Hexano	0.07
Heptano +	0.04

Fuente: Extraído de Cámara Boliviana de Hidrocarburos

2.1.1.20.1 Gas Dulce

Es aquel que contiene cantidades de sulfuro de Hidrogeno (H_2S), menores a 4 ppm. La GPSA define un gas apto para ser transportado por tuberías como aquel que contiene menos de 4 ppm de H, S; menos de 3,0% de CO, y 6 a 7 libras de agua por millón de pies cúbicos en condiciones normales.

2.1.1.20.2 Gas Rico o Húmedo

Es un gas que contiene una cantidad significativa de componentes más pesados que el etano (generalmente expresado como contenido de propano y más pesado) los cuales pueden recuperarse como productos líquidos gasolinas, GLP, etc.

2.1.1.20.3 Gas Seco

cuando el contenido de hidrocarburos licuables es menor de 2.0 galones por mil pies cúbicos de gas, incluido el etano, o menor de 0,7 incluido propano y más pesados.

Por el Análisis geológico:

2.1.1.20.4 Gas Libre

El gas natural no está en contacto con el petróleo crudo del yacimiento (Chacón, 1996).

2.1.1.21 Gasoducto

Gasoducto son todas las partes de las instalaciones físicas a través de las cuales se mueve el gas en su transporte, Incluyendo tuberías, válvulas, accesorios bridas (incluyendo el empernado y las empaquetaduras), reguladores, recipiente de presión, amortiguadores de pulsación, válvulas de desfogue, y otros accesorios instalados en la tubería, unidades de compresión, estaciones de medición, estaciones de regulación, y conjuntos fabricados (ASME, 1999).

Figura 1: *Gasoducto*



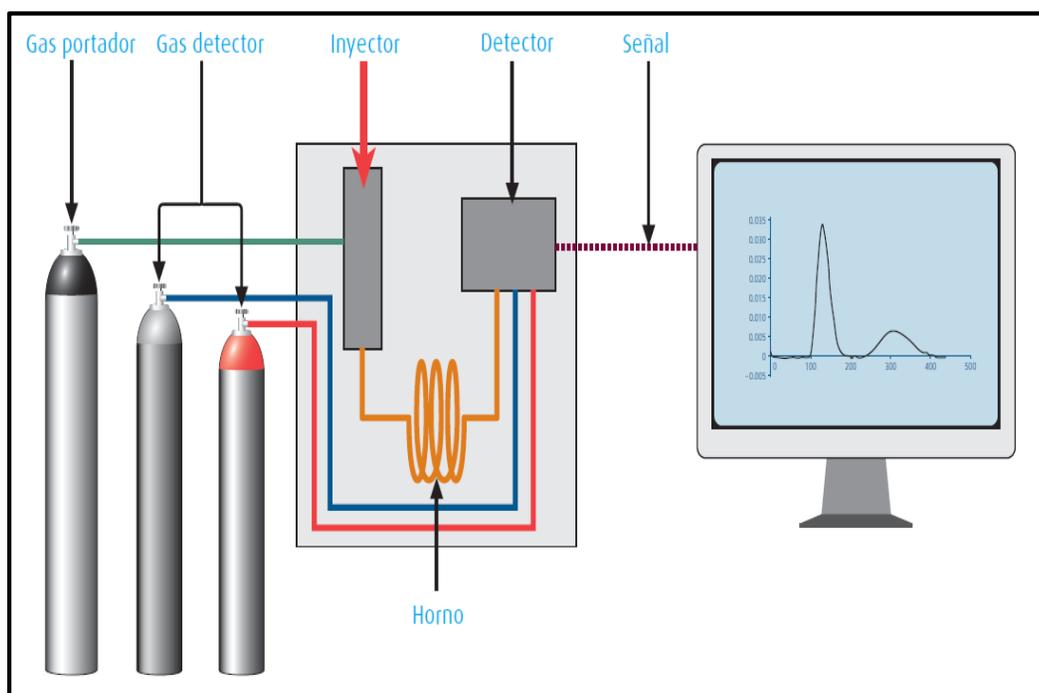
Fuente: Extraído de la página YPFB Transporte S.A.

2.1.1.22 Cromatografía

La cromatografía de gases es una técnica analítica que permite separar mezclas de compuestos fácilmente volatilizables y térmicamente estables en sus componentes individuales. En todas las separaciones cromatográficas, la muestra se desplaza con una fase móvil, a través de una fase estacionaria con la que es inmisible fijada a una columna

o a una superficie sólida. Las dos fases se eligen de tal forma que los componentes de la muestra se distribuyan de modo distinto entre ambas. Aquellos componentes fuertemente retenidos por la fase estacionaria se mueven lentamente con el flujo de la fase móvil, por el contrario, los componentes que se unen débilmente se mueven con rapidez. Como consecuencia de la distinta movilidad, los componentes de la muestra se separan en bandas que pueden identificarse cualitativa y/o determinarse cuantitativamente.

Figura 2: Elementos Básicos de la cromatografía de los gases



Fuente: Extraído de la página Abelló Linde, S.A

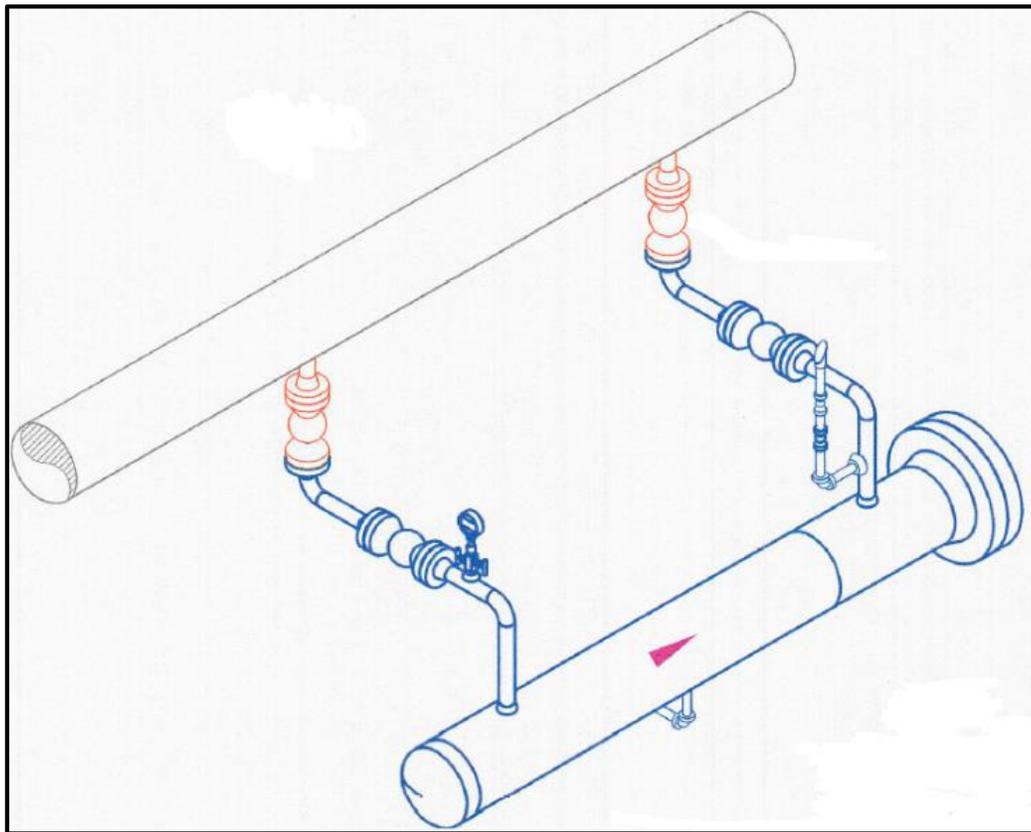
Existen fundamentalmente dos tipos de cromatografía de gases:

- Cromatografía Gas-Sólido cuya fase estacionaria es un sólido y el tipo de equilibrio con la fase móvil es una adsorción.
- Cromatografía Gas-Líquido cuya fase estacionaria es un líquido adsorbido sobre un sólido, el equilibrio lo marca el coeficiente de reparto (Abelló Linde, S.A., 2019).

2.1.1.23 Trampas de Líquidos Tipo Bota

Las Trampas de líquidos tipo Bota es un equipo que tiene como objetivo disponer de facilidades para la retención de los líquidos que se depositan en la parte inferior interna de los ductos que transportan gas natural, Estos equipos funcionan por gravedad, son instalados en los lugares en los cuales existe mayor probabilidad de acumulación de líquidos, para el presente trabajo de investigación el alcance considera la instalación de las botas en el Gasoducto Sucre - Potosí (GSP).

Figura 3: *Esquema de Trampa de líquidos tipo bota*



Fuente: Extraído de la página YPFB Transporte S.A

Los cuales trabajan a una presión de operación de 1.420 PSIG. A continuación, se muestra una referencia del equipo. (YPFB Transporte S.A., 2022)

2.1.1.24 Normas Aplicables

Para el desarrollo del trabajo de investigación de construcción de las cámaras e instalación de las Botas, debe enmarcarse en el cumplimiento de todos los requerimientos exigidos por el código ASME B31.8, como así también en las últimas versiones de los estándares y prácticas recomendadas de la industria petrolera.

De manera general, las normas y/o estándares de carácter internacional, aplicables son:

- ASTM A36-81C, ASTM A 105: American Society for Testing and Materials.
- API 6D, API 1104: American Petroleum Institute.
- ANSI 600 Full port: American National Standards Institute.
- ASME B31.8: American Society of Mechanical Engineers.
- ISO 9001, ISO 14001: International Standard Organization.
- OSHAS 18001: Occupational Health and Safety Assessment Specification.

También se citan los requerimientos de cumplimiento establecidos en la legislación nacional aplicables a la obra/servicio, como ser:

- Ley de Hidrocarburos.
- Reglamento para el Diseño, Construcción, Operación y Abandono de Ductos en Bolivia.
- Ley General de Higiene, Seguridad Ocupacional y Bienestar.
- Ley de Medio Ambiente 1333.
- Reglamentación de la Ley 1333.
- Ley de Gestión Integral de Residuos (YPFB Transporte S.A., 2023).

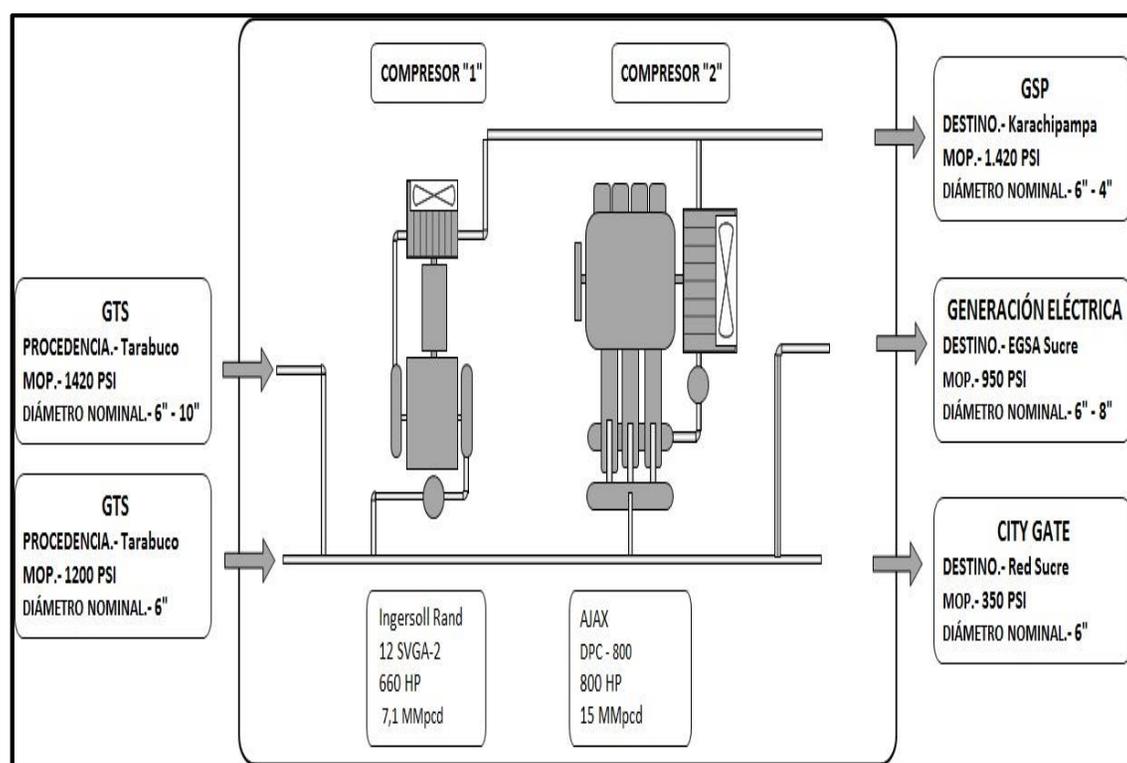
2.1.2 Marco Contextual

2.1.2.1 Planta Estación de Compresión Qhora Qhora

La estación de compresión Qhora Qhora, inicio sus Operaciones en el año 1982 y tiene como vías de acceso terrestre de Carretera Sucre-Tarabuco, Producto que Transporta Gas

natural procedencia del Producto estación de control Tarabuco en dos líneas de gasoductos uno con máxima operación de presión 1420 psi con un diámetro nominal de 4", 6" – 10" y el otro en paralelo la línea con diámetro nominal de 6", máxima operación de presión 1200 psi, Destino del Producto Estación de medición Karachi pampa, su capacidad de entrega es de 13,6 MMPCD, la estación de compresión Qhora Qhora cuenta con 2 unidades de compresión, compresor 1 Ingersoll Rand 12 SVGA-2 con 660 HP, compresor 2 Ajax DPC-800 con una potencia de 800 HP, los 2 compresores tienen con potencia de 1.460 HP (Estación de Compresión Qhora Qhora, 2013).

Figura 4: Sistema de compresión de la planta Qhora Qhora al Gasoducto Sucre-Potosí



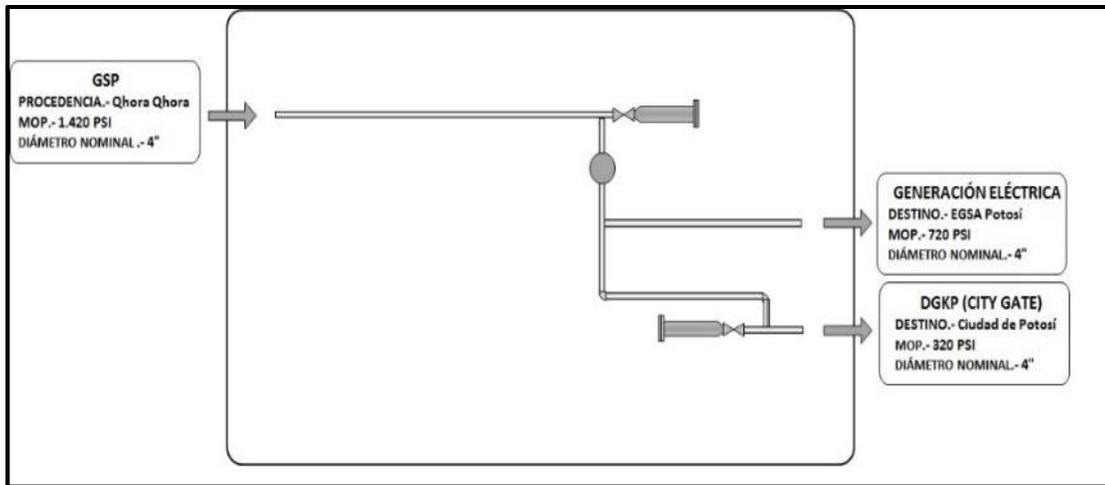
Fuente: Extraído la página de YPFB Transporte S.A.

2.1.2.2 Estación de Medición de Karachi pampa

La estación de medición Karachi pampa, inicio sus operaciones en 1983, las vías de acceso terrestre a la estación de Karachi pampa es de la carretera Sucre-Potosí, el producto que

transporta es gas natural que procede de la estación de Qhora Qhora y el destino del producto transportado es la ciudad de Potosí, tiene una capacidad actual de entrega de 13,6 MMPCD (YPFB Transporte S.A., 2013).

Figura 5: Estación de medición Karachi pampa en Potosí



Fuente: Extraído de Pagina de YPFB Transporte S.A.

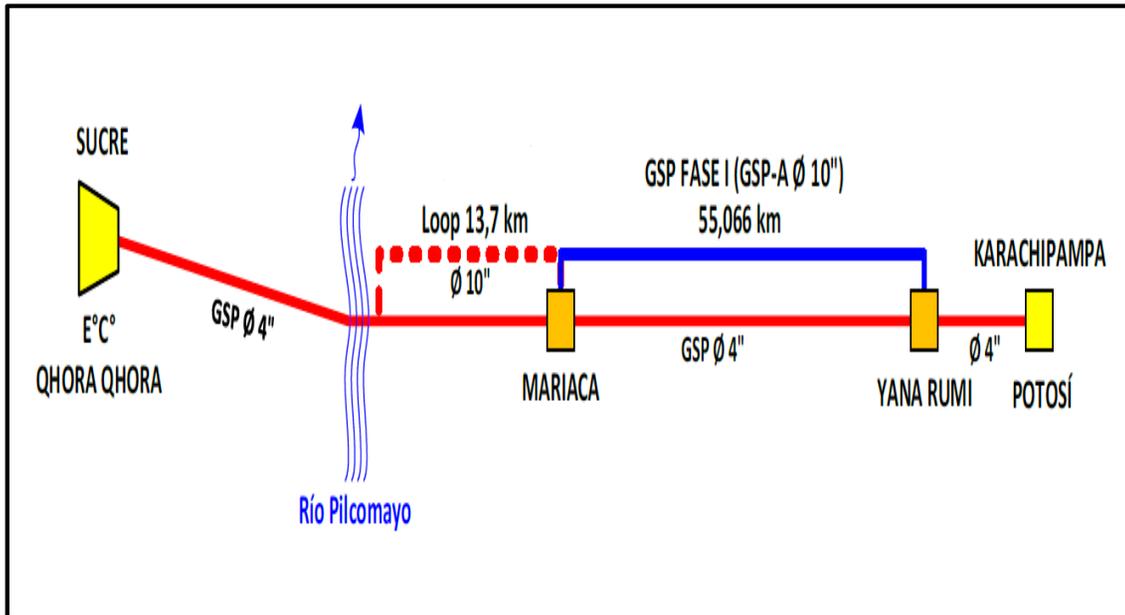
Desde la estación de Karachi pampa se distribuye a la generación eléctrica EGSA Potosí con una presión de operación de 720 Psi con un diámetro nominal de 4”, otra línea al City Gate de ciudad de Potosí con una presión de operación de 320 Psi con un diámetro nominal de 4”.

2.1.2.3 Sistema Gasoducto Sucre-Potosí

Actualmente el Gasoducto Sucre - Potosí abastece al mercado de Potosí y áreas de influencia. Tiene una capacidad de transporte de 13,6 MMPCD, MAOP de 1440 Psi, MOP de 1420 Psi, y a una temperatura promedio de 75°F (23.8 °C). Está constituido por un ducto de 4” de diámetro y una longitud de 103 km, cuenta con un Loop GSP-A 10” de diámetro y una longitud de 55 km (Tramo Estación Mariaca – Karachi pampa). Para poder incrementar la capacidad de transporte del GSP, se ha construido de un Loop (GSP-B) de 13,7 km de longitud aproximada y 10” de diámetro en el tramo Río Pilcomayo – Estación Mariaca (Transporte, 2022).

El volumen promedio del año 2023 es de 3.861 MMPCD en mucho más que los anteriores años por ampliación fase II del gasoducto Sucre-Potosí.

Figura 6: Esquema del sistema actual Gasoducto Sucre-Potosí



Fuente: Extraído de proyecto de ampliación GSP Fase II YPF B Transporte S.A.

Los problemas actuales en el sistema de gasoducto Sucre-Potosí, son acumulación de condensado en los diferentes puntos bajos del ducto, para el buen funcionamiento de los compresores estos se lubrican con un aceite mineral alimentado en forma continua a los compresores, parte de este aceite se pierde por el arrastre en la corriente de gas saliente de los compresores, ocasionando problemas obstrucciones en el funcionamiento de los equipos que compone el sistema gasoducto Sucre-Potosí. Afectaciones al gasoducto por terceros, daño con maquinaria pesada, invasión del DDV (derecho de vía), atentados, fenómenos naturales como deslizamiento, derrumbes, erosión en DDV (derecho de vía).

2.1.2.4 Cromatografía del Gas Natural Transportado por el Sistema GSP

La siguiente tabla presenta la composición del natural que es transportado por el gasoducto Sucre-Potosí.

Tabla 2: Informe de cromatografía del Sistema gasoducto Sucre-Potosí octubre 2023

Estación de compresión Qhora Qhora		1-oct-23	8-oct-23	15-oct-23	23-oct-23	Promedio mensual
Presión	[psig]	660	670	771	680	695.25
Temperatura	[°F]	73	55	71	77	69
Componentes		% Mol				
Nitrógeno	N ₂	0.66	0.66	0.68	0.69	0.67
Dióxido de Carbono	CO ₂	1.43	1.43	1.43	1.38	1.42
Metano	CH ₄	88.74	88.84	91.15	91.05	89.95
Etano	C ₂ H ₆	5.77	5.78	5.60	5.58	5.68
Propano	C ₃ H ₈	2.11	2.07	0.72	0.80	1.43
i-Butano	C ₄ H ₁₀	0.35	0.34	0.10	0.11	0.22
n-Butano	C ₄ H ₁₀	0.52	0.49	0.16	0.19	0.34
i-Pentano	C ₅ H ₁₂	0.15	0.14	0.04	0.05	0.10
n-Pentano	C ₅ H ₁₂	0.11	0.09	0.03	0.04	0.07
Hexanos	C ₆ H ₁₄	0.10	0.10	0.04	0.05	0.07
Total		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Gravedad Especifica		0.64	0.64	0.61	0.61	0.62
Punto de Rocío °F		31.5	32.0	32.0	32.0	32.00
Poder calorif. saturado a 60 °F [BTU/PC]		1,080.3	1,077.7	1,036.2	1,039.9	1,058.5

Fuente: Elaboración propia envase a informes mensual YPFB Transporte S.A.

el gas natural transportado es una mezcla de hidrocarburos más volátiles, principalmente metano y en cantidades menores etano, propano, butano y porcentajes aún más pequeñas compuestos pesados. La gravedad específica de gas natural transportado es 0,627, poder calorífico saturado a 60 °F es de 1.058,5 BTU/PC y el punto de Rocío promedio es 32 °F (0 °C).

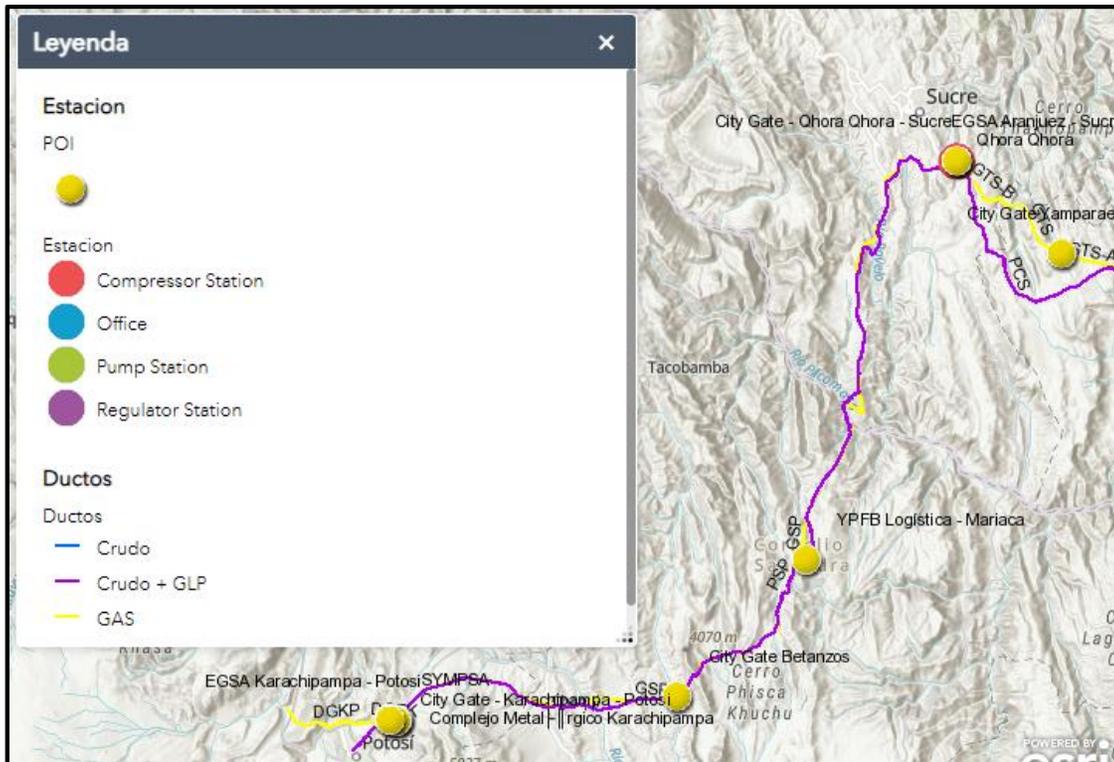
2.2 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

2.2.1 Ubicación Geográfica del Sistema Gasoducto Sucre-Potosí

El sistema gasoducto Sucre-Potosí está situada en el altiplano boliviano, una región geográfica elevada en los Andes centrales de América del Sur. Estación Qhora Qhora se encuentra aproximadamente al sureste de Potosí a una elevación de 2946,3 metros a nivel

del mar, de dicha estación de compresión de transporta gas natural por el gasoducto Sucre-Potosí hasta la Estación Karachi Pampa se encuentra a una elevación de 3997,9 metros a nivel del mar, hay una gran diferencia de elevaciones en todo el sistema gasoducto Sucre-Potosí.

Figura 7: Vista satelital sistema de transporte de gas natural Sucre-Potosí



Fuente: Extraído de página mapa interactivo YPFB Transporte S.A.

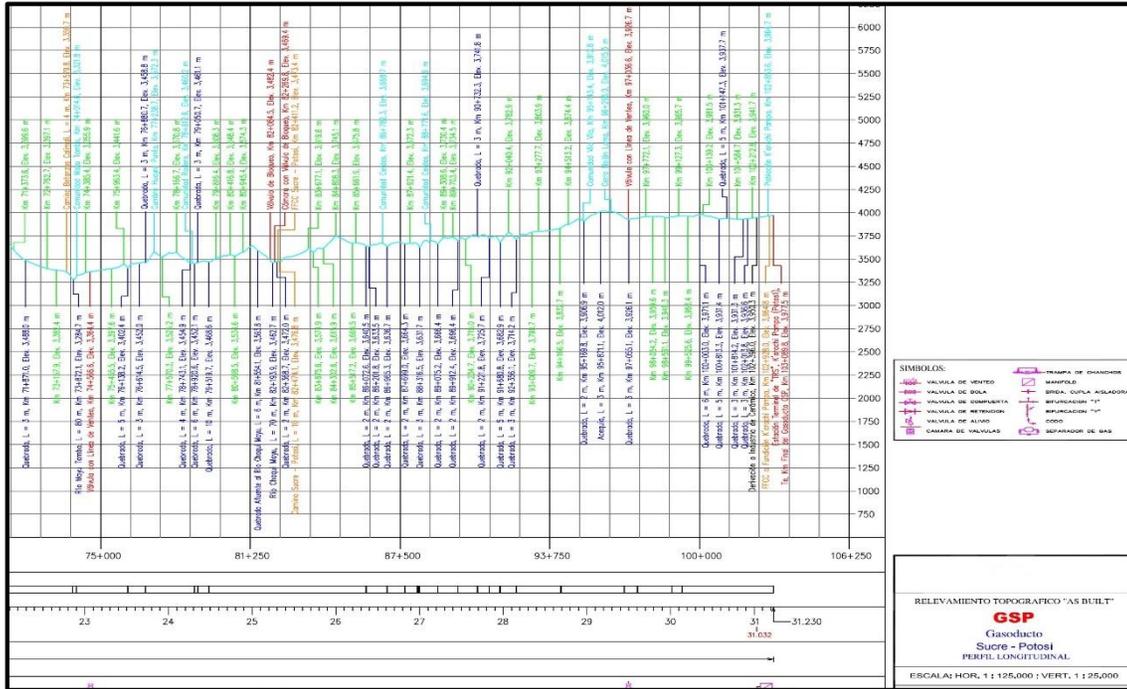
Se presenta en la imagen satelital la ubicación geográfica del sistema Gasoducto Sucre-Potosí

2.2.2 Relevamiento Topográfico y Perfil Longitudinal del Gasoducto Sucre-Potosí

Con el relevamiento topográfico y perfil longitudinal del sistema gasoducto Sucre-Potosí, se realizó un estudio de puntos bajos y críticos. El personal de operaciones de los sistemas Gasoducto Sucre-Potosí realizo la visita a los puntos proporcionados por la Gerencia Sectorial de Mantenimiento y la Gerencia de Mantenimiento de Integridad de ductos, en

dichos puntos se verificó la accesibilidad y facilidades para la construcción y montaje de las trampas de líquidos tipo Bota.

Figura 8: Relevamiento topográfico Gasoducto Sucre-potosí



Fuente: Extraído de solicitud de datos a YPFB Transporte S.A.

Estas Gerencias consideraron la ubicación de las trampas en base al perfil topográfico en los puntos más bajos donde la velocidad en la que se desplaza el gas natural en este gasoducto es baja, debido al poco consumo que tiene Potosí y todos los usuarios en el tramo.

Para determinar las ubicaciones aproximadas donde los equipos de trampas de líquidos serán instalados en los cuales existe mayor probabilidad de acumulación de condensados por gravedad con los datos de perfil topográfico.

2.2.3 Ubicación de las Trampas de Líquidos Gasoducto Sucre-Potosí

Para la ubicación de los puntos, Se hace una inspección instrumentada (MFL) la corrida de una herramienta de fuga de flujo magnético de alta resolución mediante la cual deberá

detectar y medir con precisión anomalías en las tuberías tales como corrosión, grietas en juntas soldadas, defectos de fábrica.

El mapeo de ductos deberá formar parte de la inspección instrumentada. Mediante el mapeo de ductos se pretende obtener la trayectoria central precisa de un ducto en latitud, longitud y altitud; de manera que los informes incluyan: alta precisión de las coordenadas de las tuberías en general soldaduras, válvulas, accesorios, anomalías, etc.

Se utiliza equipos GPS con precisión de 2 a 5 metros en tiempo real, se debe posicionar el GPS en la parte superior de la tubería para obtener las coordenadas.

Para la toma de coordenadas de los diferentes puntos de control, el método a emplearse en la determinación de coordenadas es el Estático Diferencial, los valores mínimos de tolerancia admisibles para la captura de datos son:

- Precisión del punto $\leq 5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$.
- Cuatro satélites comunes observados.
- PDOP y GDOP < 4 .
- Intervalo para el grabado de datos, 15 segundos.
- Mascara de elevación 15° grados (ángulo de corte).

Los receptores de GPS tienen una precisión de $\leq 5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$, cada punto es descrito numéricamente con cuatro (4) valores, Latitud, Longitud, Altura, Profundidad de tubería.

A continuación, se describe la ubicación aproximada para la construcción de cámaras e instalación de trampas de líquidos tipo botas, tomando en cuenta aspectos importantes como los puntos más bajos según el perfil topográfico, facilidades de acceso al terreno y los Vecinos de la zona a la implementación de trampas de líquidos. Se les ubica en el punto más bajo, caso contrario se los mueve un poco para tener las facilidades de accesibilidad de llegar a los puntos para una futura construcción e instalación de trampas de líquidos en caso de implementarse los mantenimientos de drenaje del condensado acumulado en las trampas de retención de líquidos.

En la siguiente tabla se detalla las ubicaciones geográficas de las tres trampas de líquidos.

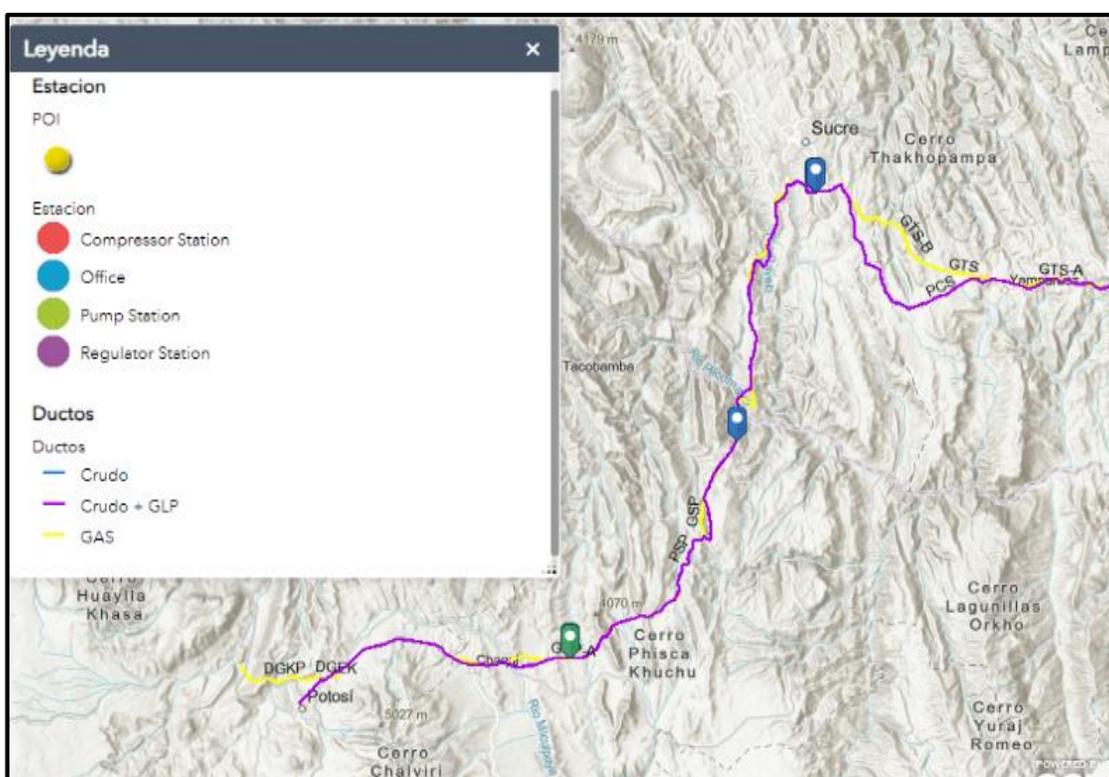
Tabla 3: Ubicación de las 3 trampas de líquidos en el sistemas Gasoducto Sucre-Potosí

N°	Descripción	Latitud	Longitud	Kp	Sector
1	Trampa N° 1 GSP 6"	19°5'14,97" S	65°14'47,78" O	2+788	Rummy Rummy
2	Trampa N° 2 GSP Loop 10"	19°19'36,30" S	65°19'28,70" O	40+757	Vila Vila
3	Trampa N° 3 GSP Loop 10"	19°32'2,10" S	65°29'22,86" O	82+235	Betanzos

Fuente: Extrido de Anexo E PO.007 Dirección de Proyectos YPFB transporte S.A.

Los KPs son referenciales y que estos pueden sufrir variaciones de metros según el lugar. Se debe realizar la medición de espesores de la tubería, mediante esta medición de espesores se establece, los puntos para la soldadura de los Niples para la ejecución del Hot Tap y la construcción de la cámara.

Figura 9: Ubicación aproximada de las 3 trampas en el sistema gasoducto Sucre-Potosí



Fuente: Extraído de la pagina mapa interactivo YPFB transporte S.A.

La primera visita realizada a los puntos sugeridos fue desde el 1 al 5 de junio del 2023 el personal de mantenimiento de líneas para el sistema GSP, quienes validaron los puntos finales para la instalación de las trampas de líquidos en los sistemas GSP.

La última visita realizada en fecha 13 de noviembre se cambiaron los puntos de la zona del GSP (Betanzos Trampa 3), esto debido a la mejor elección de la geografía y facilidades de acceso para la recolección de los condensados.

2.2.3.1 Sector Rummy Rummy

El punto sugerido se encontraba en un cruce aéreo de quebrada por lo que se definió la ubicación de la trampa aguas arriba del punto sugerido.

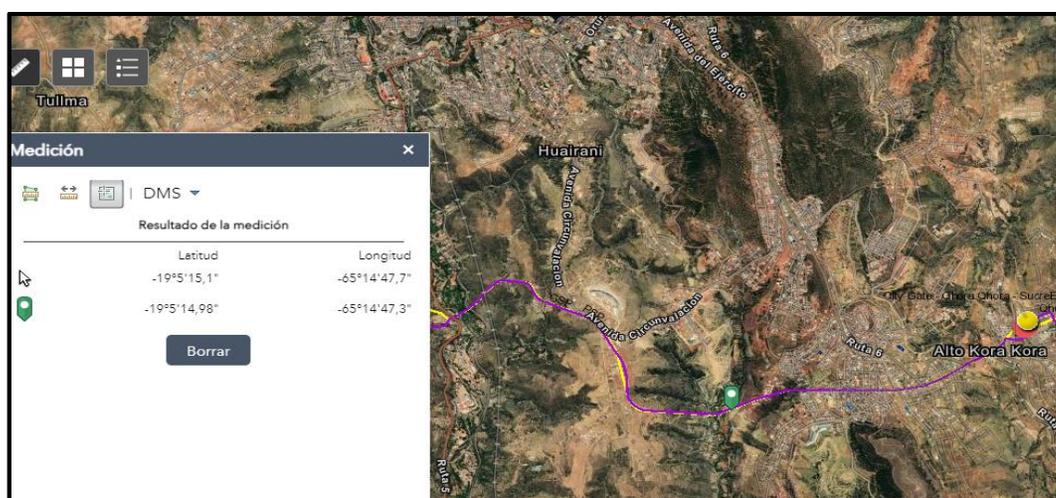
Tabla 4: *Ubicación de trampa uno sector Rummy Rummy*

Kp sugerido	Loop	Sector	Kp confirmado
2+900	GSP 6"	Rummy Rummy	2+788

Fuente: Extraído del informe de ubicación YPFB Transporte S.A

La ubicación se confirmó en base a la accesibilidad al lugar, en la siguiente figura se ilustra el punto donde se pretende hacer la implementación de la trampa 1.

Figura 10: *Ubicación satelital aproximado de trampa de líquidos sector Rummy Rummy*



Fuente: Extraído mapa interactivo YPFB Transporte S.A.

En la figura se ilustra el gasoducto Sucre-Potosí donde se pretende implementar la trampa 1 por la ubicación exacta es accesible y su geografía de elevación baja.

2.2.3.2 Sector Vila Vila

El punto sugerido se encontraba en un cruce de quebrada por lo que se definió la ubicación de la trampa aguas arriba del punto sugerido.

Tabla 5: Ubicación de trampa de líquidos 2 sector Vila Vila

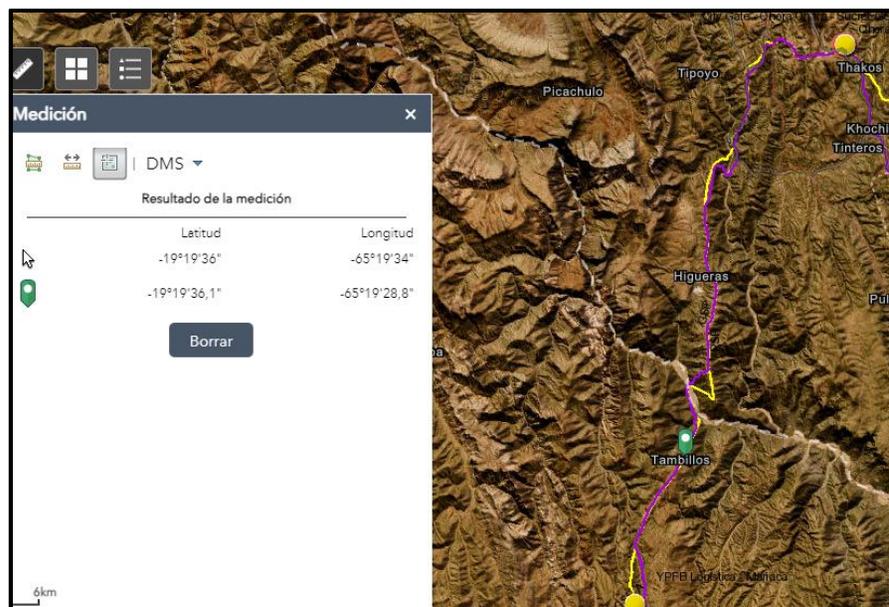
Kp sugerido	Loop	Sector	Kp confirmado
41+340	GSP 10"	Vila Vila	40+757

Fuente: Extraído del informe de ubicación YPFB Transporte S.A

En la tabla se detalla la ubicación confirmado donde se implementará la segunda trampa de líquidos en el sector Vila Vila en una línea de 10".

En la siguiente figura se ilustra vía satélite la ubicación de la segunda de trampas y retención de líquidos.

Figura 11: Ubicación satelital de la segunda trampa de líquidos GSP



Fuente: Extraído de informe técnico de recorrido YPFB Transporte S.A.

Ilustración de la ubicación geográfica donde se pretende implementar la segunda trampa de líquidos.

2.2.3.3 Sector Betanzos

Se reubicó la cámara debido a la geografía, accesos y facilidades para la instalación de la trampa.

Tabla 6: *Ubicación de trampa de líquidos 3 sector Betanzos*

Kp Sugerido	Loop	Sector	Kp Confirmado
82+235	GSP 10"	Betanzos	75+550

Fuente: Extraído del informe de ubicación YPFB Transporte S.A

El punto sugerido se encontraba en una pendiente por lo que se definió la ubicación de la trampa aguas arriba del punto sugerido.

Figura 12: *Ubicación satelital de la tercera trampa de líquidos GSP*



Fuente: Extraído de informe técnico de recorrido YPFB Transporte S.A

Zona Betanzos vista satelital de la ubicación donde se implantará trampa 3.

2.2.4 Cámaras y Trampas de Líquidos en el Sistema Gasoducto Sucre-Potosí

2.2.4.1 Diseño de Cámaras de Hormigón Armado (H^oA^o)

Para el diseño de las cámaras de hormigón armado, se aplica todas las normas y códigos técnicos de construcción para el diseño a detalle en todos los aspectos.

- El hormigón Debe tener una resistencia característica de 210 kg/cm² a los 28 días y debe estar de acuerdo a la última edición de ATM C-150 para Cemento PORTLAND y C-33-76^a para agregado
- Debe cumplir un límite de fluencia del acero $F_yk = 5000$ kg/cm². Todas las barras deben estar limpias sin corrosión.
- Todos los hormigones expuestos deben llevar un Champer de 25 mm en todas las esquinas, hasta 150 mm por debajo del nivel del terreno natural.
- Antes de vaciar la fundación, se deberá colocar una capa de mortero de 50 mm de espesor, con un sobrecancho de 100 mm a todos los lados del área de vaciado, dosificación.
- Todos los materiales metálicos, deberán estar revestidos con pintura anticorrosiva y al óleo color negro para rejillas metálicas
- La soldadura estructural debe estar de acuerdo con A.W.S. D1.1-79 estándar de sociedad americana de soldadura. El Tamaño mínimo será de 3/16” a menos que se indique lo contrario, todo el acero estructural deberá estar conforme a ASTM A36-81C.
- Antes de Realizar las Cámaras, se deberá compactar el suelo natural, para uniformizar su capacidad.
- Todos los peldaños de la escalera deberán ser soldados al perfil “C”
- Colocar un sellante para juntas a base de poliuretano permanente elástico, en el contorno del área donde la tubería traspasa las paredes de la cámara.

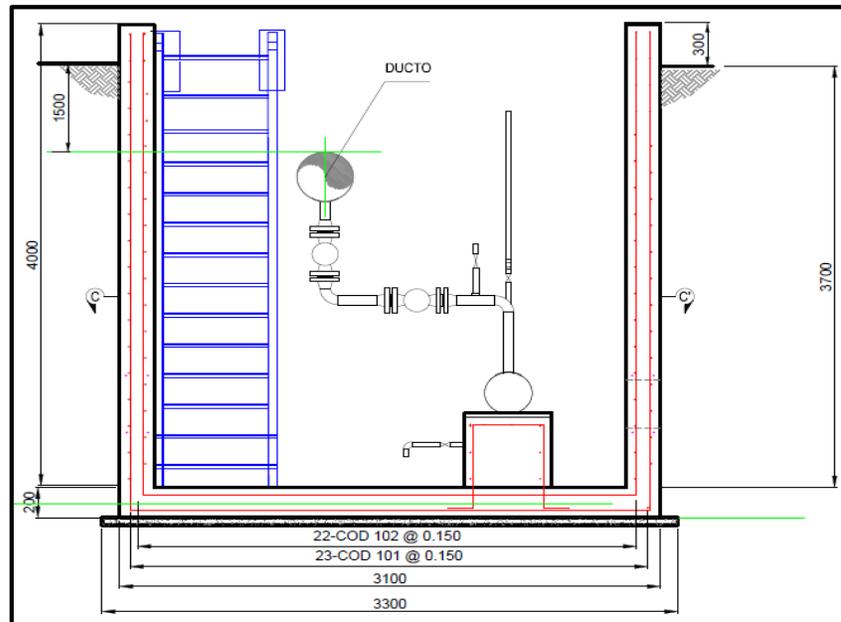
Tabla 7: Planilla de Materiales de escalera y cámara de drenaje

Ítem	Material	Descripción	Unidad
1	Angular	Angular 1-3/4" x 1/4"	m
2	Angular	Angular 1"x1"x1/4"	m
3	Tubo	Tubo 1 1/2" SCH 40	m
4	Plancha	Plancha 150mmx400mmx3/8"	m2
5	Plancha	Plancha 150mmx150mmx3/8"	m2
6	Plancha	Plancha Antideslizante e=3/16"	m2
7	Pletina	Pletina 1"x3/16"	m
8	Angular	Angular 1"x1"x1/8"	m
9	Tubo PVC	Tubo PVC 4"	m
10	Perno Hilti	Perno Hilti 1/2"	Pza

Fuente: Extraído del Anexo E, YPFB Transporte S.A.

El Diseño de las cámaras de H°A°, escaleras, tapas, soportes de cada sitio donde se instalarán las Botas, considerando que algunos puntos del GSP, incluyendo los Loops, están enterradas aproximadamente entre 1,5 a 2,2 m de profundidad y otros aéreas, se realiza sondeos para determinar la profundidad exacta a la que está enterrada la tubería que será intervenida para la instalación de las Botas.

Figura 13: Diseño de cámara de trampa de líquidos



Fuente: Extraído del Anexo E, YPFB Transporte S.A.

El diseño de la cámara de trampa de líquidos de hormigón armado tiene una medida de altura total 4,200 mm, ancho de 3,100 mm, altura desde la superficie es de 300 mm, el gasoducto pasa a una altura hasta la superficie de 1,500 mm, el ancho del hormigón armado es de 200 mm

En la siguiente figura se ilustra una construcción de cámara de trampas de líquidos.

Figura 14: Cámara de H°A° para Trampa de líquidos



Fuente: Extraído de Agencia Nacional de Hidrocarburos.

De forma preliminar se debe visitar los lugares indicados para la implementación de las Cámaras de H°A° para:

- Relevar la zona
- Verificación con detector de metales para estimar la profundidad de la línea.
- Determinar el punto exacto para construcción de las mismas.

2.2.4.1.1 Diseño de tapas metálica de cámaras

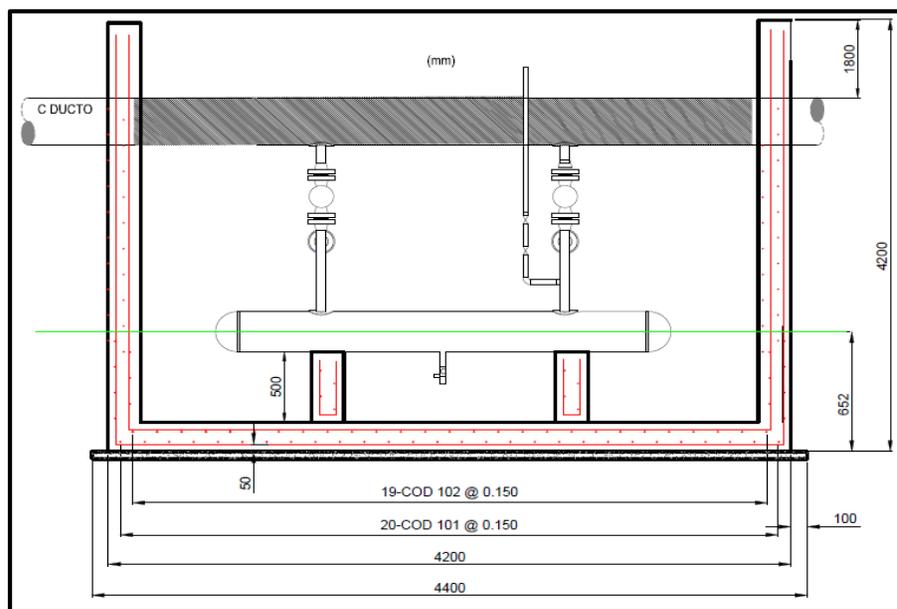
El diseño de tapa para las cámaras de hormigón armado, se debe aplicar todas las normas y códigos técnicos de construcción para el diseño de las tapas de las tres (3) cámaras.

En las figuras se ilustra el diseño de la tapa metálica de la cámara de trampa de líquidos las medidas son 4,200 mm de largo, 3,100 mm de ancho.

2.2.4.1.2 Diseño de soportes para la trampa tipo botas

El diseño de soportes para la trampa tipo botas, se debe aplicar todas las normas y códigos técnicos de construcción para el diseño a detalle, para el diseño de los soportes de H°A°, perfil y grampa para las botas.

Figura 17: *Diseño de los soportes dentro de cámara de trampas de líquidos.*



Fuente: Extraído del Anexo E, YPFB Transporte S.A.

Las medidas están en unidades milímetros, la figura ilustra el diseño de los soportes de la trampa tipo bota.

2.2.4.1.3 Diseño de la escalera de acceso a cámaras de trampa de líquidos

El diseño de la escalera de acceso a cámara de trampa de líquidos, se debe aplicar todas las normas y códigos técnicos de construcción para el diseño a detalle de todas las escaleras de acceso a las cámaras.

2.2.4.1.4 Diseño de tubería de venteo de la bota de 1" metálica

Para el diseño de tubería de venteo de la bota, se debe aplicar todas las normas y códigos técnicos de construcción para el diseño a detalle de la línea de venteo de 1" metálica hasta el nivel superior de la cámara y sus soportes.

- La línea de 1" debe partir desde la tubería de venteo instalada en la bota hasta el nivel superior de la cámara, esta línea debe ir pegada a una de las paredes
- Línea deberá ser de 1" ASTM A 106 Gr B SCH 40
- Se debe diseñar los soportes necesarios para sostener la línea en su trayectoria.
- Se especificará la pintura de la ésta línea con base epóxica y acabado poliuretano.
- Se debe instalar un dispositivo en la parte superior de ésta línea que evite el ingreso de agua de lluvia u otro material.

2.2.4.2 Diseño de Trampas de Retención de Líquidos Tipo Bota

Trampas de Líquidos tiene como objetivo drenar por gravedad los condensados acumulados que se depositan en la parte inferior interna de los ductos que transportan gas natural.

Figura 19: *Trampa de líquidos tipo bota implementado*



Fuente: Extraído de informe GAA, YPF B Transporte S.A.

Para el diseño de trampas de líquidos se debe tomar en cuenta:

- Aplicar todas las normas y códigos técnicos de fabricación aplicables a esta provisión (mecánica, instrumentación y otros).
- La norma para la fabricación a emplear para las trampas será ASME VIII.
- En términos generales, las tres (3) trampas de líquidos serán de un solo tipo tanto en dimensiones y especificaciones técnicas.
- La instalación de un Demister a la salida de las trampas de líquidos, evita que nuevamente el aceite pase a estado niebla por la velocidad del gas.
- Todo el material y equipo necesario para la fabricación de las trampas de líquidos (accesorios de tubería, tubería, válvulas, manómetro digital de 2" de dial con rango de 0 a 2000 PSIG y con dispositivo de conexión rápida, empaquetaduras dieléctricas, etc.).
- Para tuberías ≤ 2 " como mínimo se tomará en cuenta el SCH 100.
- Las válvulas de bloqueo de 2" deben ser de tipo trunnion, además, deberán cumplir con la norma API 6D, "Pipeline Valves" (diseño, calidad de materiales, fabricación, inspección, pruebas, marcado, almacenamiento y transporte).
- Las especificaciones de la tubería, accesorios mecánicos, válvulas y otros a ser utilizadas en el ensamblaje de las trampas, deben ser aprobadas por YPFB TR.
- Arenado de los equipos, según recomendaciones del fabricante de la pintura y pintado de los equipos, según estándar de colores aplicado por YPFB TR.
- La soldadura de las juntas deberá cumplir con las especificaciones técnicas exigidas por el Código ASME IX.
- Medición de espesores en los puntos de conexiones de botas.
- Calificación de soldadores.
- Soldadura en servicio de derivación de 2", de montura de refuerzo y END correspondiente (dos por Bota).
- Prueba hidrostática de prefabricados.

En la siguiente tabla se detallan las partes que compone las trampas de retención de líquidos tipo bota que serán implementados en el sistema gasoducto Sucre-Potosí, los cuales trabajan a una presión de operación de 1.420 PSIG.

Tabla 8: Lista de materiales que compone trampa de líquidos tipo bota

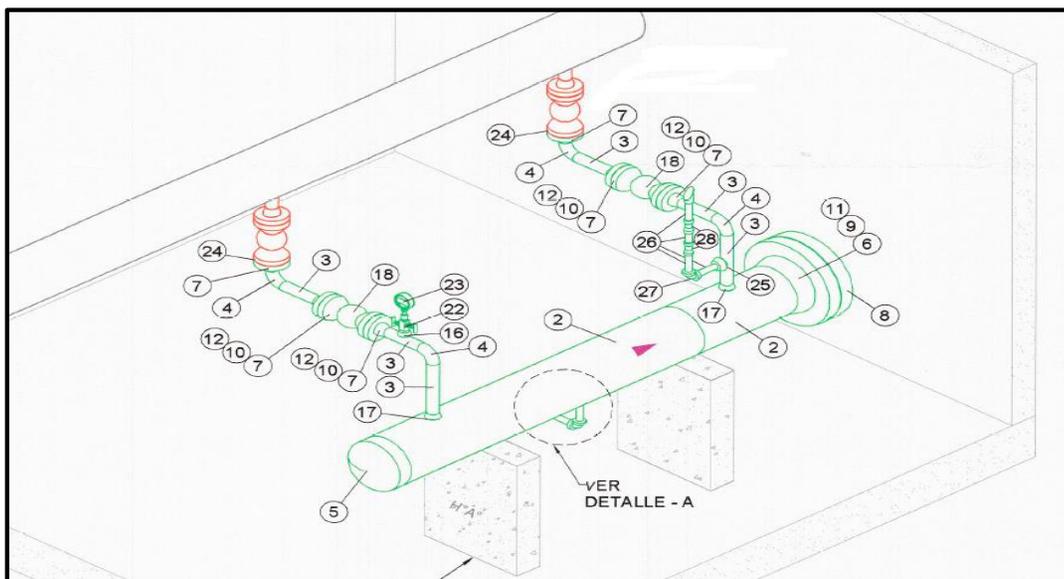
Ítem	Tamaño	Descripción	Cantidad	Peso (Kg)	Longitud (mm)
1	1"	PIPE, S/160 SMLS, A-106 GR B TBE	1	5.33	1275
2	12"	PIPE, S/80 SMLS, ASTM A-106 GR B	1	184.38	2500
3	2"	PIPE, S/160 SMLS, A-106 GR B	1	80.82	1500
4	2"	ELL. 90° LR S/160, ASTM A-234 GR WPB	4	2.72	
5	12"	CAP. S/80, ASTM A-234 GRWPB	1	13.38	
6	12"	FLG, RFWN 600 LB S/80 BORE, ASTM A-105	1	102.51	
7	2"	FLG, RFWN 600 LB S/160 BORE, ASTM A-105	6	32.64	
8	12"	FLG, RF BLIND 600LB ASTM A-105	1	133.81	
9	1 1/4"	(20) STUD BOLTS W/NUTS X 8 3/4"	1	1	222
10	5/8"	(8) STUD BOLTS W/NUTS X 4 1/4"	4	4	108
11	12"	GASKET, 1/8" THK, 600LB	1	1	
12	2"	GASKET, 1/8" THK, 600LB	4	4	
13	1"	90° ELL, THRD 6000LB, ASTM A-105	3	4.83	
14	12"x 1"	THREDOLET, 6000LB FS, ASTM A-105	1	0.56	
15	2"x1"	THREDOLET, 6000LB FS, ASTM A-105	1	0.56	
16	2"x1/2"	THREDOLET, 6000LB FS, ASTM A-105	1	0.20	
17	12"x 2"	WELDOLET, S/160, ASTM A-105	2	1.58	
18	2"	BALL VALVE, 600LB FLG	2	39.92	292
19	1"	BALL VALVE, 800LB THRD	2	1.28	55
20	1"	GLOBE VALVE, 800LB THRD	2	1.28	55
21	1"	TAPA DE VENTEO, ROSCADA	1	1	
22	1/2"	MANIFOLD DE BLOQUEO Y PURGA, NPT*	1	1	
23	1/2"	PRESSURE INDICATOR, NPT*	1	1	
24	2"	JUNTA DIELECTRICA, 600LB	2	2	
Peso total de trampa de líquidos tipo bota				620.8	

Fuente: Elaboración propia envase a datos de YPFB Transporte

En la tabla se accesorios de tubería, tubería, válvulas, manómetro digital, dispositivos de conexión rápida y empaquetaduras dieléctricas, etc.).

En la siguiente Imagen se ilustra a detalle las partes de trampa de líquidos descritas en la tabla 8

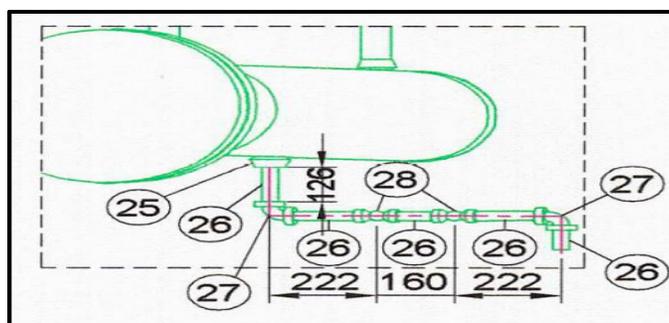
Figura 20: *Diseño de trampa de líquidos*



Fuente: Extraído del Anexo E, YPFB Transporte S.A.

En la figura se muestra las partes por detalle que se menciona en la lista de partes de la trampa de líquidos tipo bota.

Figura 21: *Diseño de drenaje de trampa bota*



Fuente: Extraído del Anexo E, YPFB Transporte S.A.

En la siguiente tabla se detalla las partes del drenaje de trampas de líquidos ilustrado en la (figura 26).

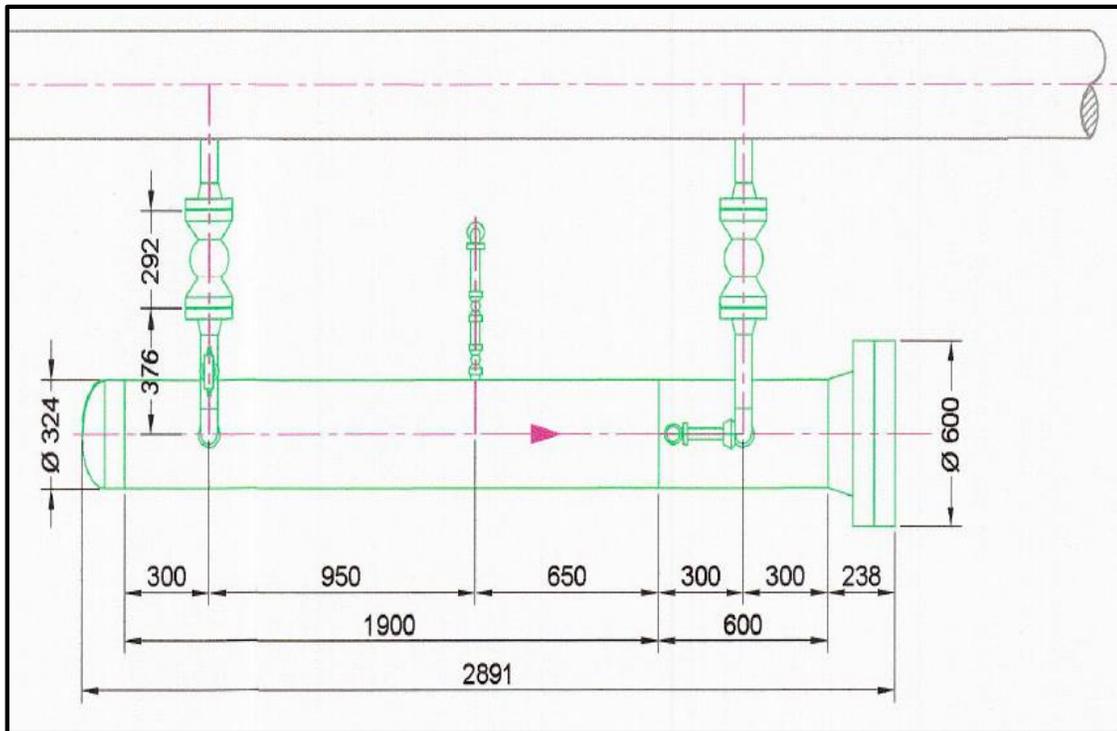
Tabla 9: Lista de partes de la figura 26

Ítem	Tamaño	Descripción	Cantidad	Long. (mm)
25	12" x 1"	WELDOLET, S/160, ASTM A-105	1	
25	2" x 1"	WELDOLET, S/160, ASTM A-105	1	
26	1"	PIPE, S/160 SMLS, ASTM A-106 GR B	9	972.6
27	1"	90° ELL, THRD 6000LB, ASTM A-105	3	
28	1"	BALL VALVE, 600LB FLG	4	

Fuente: Elaboración propia envase a la página de YPFB Transporte S.A.

En la siguiente figura se ilustra el diseño de la trampa tipo bota con sus medidas correspondientes en milímetros

Figura 22: Vista Frontal del diseño de trampa de líquidos

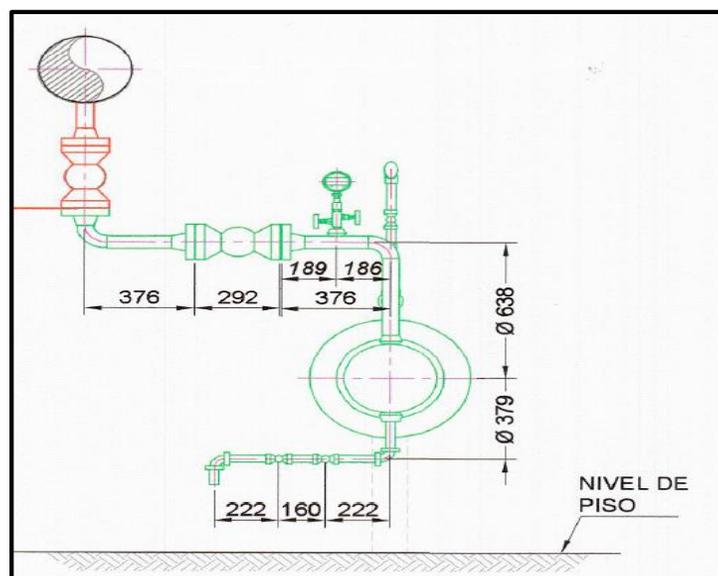


Fuente: Extraído de la Página datos de YPFB Transporte S.A.

La longitud total de tanque de la trampa de líquidos es de 2891 mm, su diámetro menor es de 324 mm y su diámetro mayor es 600 mm

En siguiente figura se detalla el diseño de trampas de líquidos de vista lateral.

Figura 23: Vista lateral de trampa de líquidos



Fuente: Extraído del Anexo E, YPFB Transporte S.A.

Las medidas del diseño están elaboradas en unidad de medida de milímetros.

2.2.4.2.1 Diseño de Instrumentación armado en trampa de líquidos tipo bota

En la siguiente tabla se especifica el diseño de las partes de instrumentación del equipo de trampas de líquidos.

Tabla 10: Lista de materiales de instrumentación manómetro digital (véase figura 24)

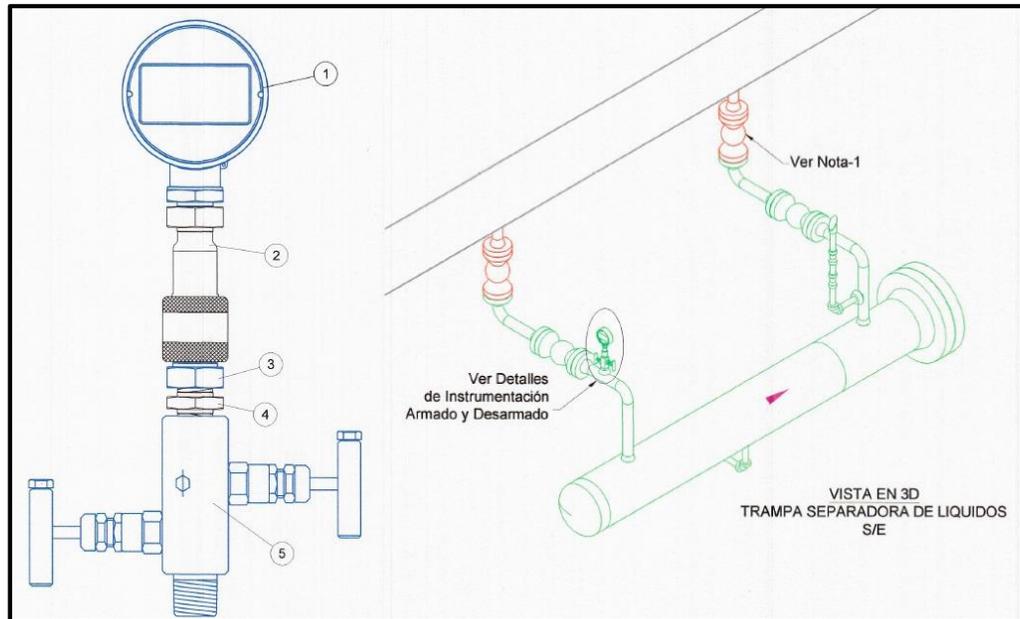
Ítem	Descripción	Conexión
1	Manómetro digital lcd display - día, 2.5",IP65	1/2" NPT (male)
2	Conector rápido, inoxidable	1/2" NPT (female) x 1/2" coupler (female)
3	Conector rápido, inoxidable	1/2" coupler (male) x 1/2" (female)
4	Nipple hexagonal inoxidable	1/2" NPT (male)
5	Manifold de bloqueo y purga, 2 vías	1/2" NPT (female) x 1/2" NPT (male)

Fuente: Elaboración propia envase a datos de Anexo E-01, YPFB Transporte S.A.

Las partes que más se destaca de la instrumentación de trampas de líquido son:

Manómetro digital lcd display - día, 2.5", IP65 dial con rango de 0 a 2000 Psig, Manifold de bloqueo y purga de 2 vías, la siguiente figura ilustra.

Figura 24: Partes de la instrumentación vista a detalle en tabla 10



Fuente: Extraído de datos de Anexo E-01, YPFB Transporte S.A.

En la Figura se puede ver el instrumento de manómetro digital armado numerado uno su diámetro es de 6.9 cm, el conector rápido de 1/2" mide de largo 7.3 cm y sus medidas de Manitol son 15.7 cm por 9.4 cm.

2.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

2.3.1 Costos Unitarios de Construcción de Cámaras

Para determinar los costos unitarios de construcción de cámaras se deben tomar en cuenta costos de materiales, costos de mano de obra y costos de equipos, maquinarias, herramientas, los precios están en Dólares Americanos, al tipo de cambio oficial de 6.96 bs por dólar, en la siguiente tabla muestra costos detallados de materiales para la construcción de cámaras

Tabla 11: Costo de Materiales para la construcción de Cámaras

Descripción		Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Costo total
1	Piedra bruta	M3	0.02	18.23	0.53
2	Poste metálico galv de 2" * 300 cm incluye pernos y tuercas	PZA	1.16	50.3	58.68
3	Poste metálico galv. de 4" x 300 cm incluye pernos y tuercas	PZA	0.11	79.03	8.78
4	Señal preventiva / restrictiva / informativa	PZA	1	85.55	85.55
5	Sika fill 200 fibras	KG	247.16	6.72	1,660.91
6	Combustible	LT	1,072.39	0.53	575.87
7	Gastos adicionales de mano de obra	DIA	187.97	29.44	5,534.72
8	Madera de construcción	P2	253.67	1.43	364.28
9	Listón 2" x 2"	ML	149.38	1.22	182.40
10	Clavo	KG	53.55	1.9	101.75
11	Puntales de madera	ML	35.23	0.85	29.94
12	Cemento portland	KG	4,837.03	0.12	623.97
13	Arena	M3	8.07	9.91	80.04
14	Grava común	M3	13.57	25	339.47
15	Agua	LT	2,580.71	0.008	20.64
16	Barra de acero corrugado	KG	1,099.81	0.88	967.83
17	Alambre negro de amarre	KG	52.37	1.15	60.43
18	Perfil angular 2" x 1/4"	ML	49	6.70	328.30
19	Perfil angular 1 x 1/4"	ML	21.76	1.89	41.12
20	Tubería de acero de 1 1/2"	ML	8.12	4.50	36.54
21	Plancha antideslizante 3/16"	M2	2.02	90.12	182.04
22	Plancha de acero 3/8" (10 mm)	M2	0.35	68.49	23.97
23	Electrodo e-6010	KG	30.2	4.95	149.62
24	Tubo cuadrado 40 x 40 mm	ML	36.3	6.57	238.49
25	Perfil angular 1 x 3/16"	ML	16.8	1.25	21.03
26	Perfil c 250 x 60 x 6 mm	ML	14.6	29.94	437.12
27	Plancha metálica e=2mm	M2	15	17.55	263.25
Costo Total					12,417.38

Fuente: Elaboración propia en base a datos de construcción de trampas GAA, YPFB TR.

Los costos de materiales para la construcción de cámaras de Trampas de líquidos tipo bota son detallados, los cálculos se realizó envase a los datos de informes de la construcción de cámaras en el sistema gasoducto al Altiplano, el costo total de materiales para construir cámaras suma 12,417.38 Dólares Americanos (US\$).

En la siguiente tabla se detalla los costos de mano obra para construir cámara de trampas de líquidos.

Tabla 12: Costo de mano de obra para la construcción de Cámaras

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Costo total
1	Topógrafo	Hh	25.11	3.64	91.59
2	Albañil	Hh	65.43	1.83	120.00
3	Encofrador	Hh	75.00	1.83	137.55
4	Soldador de estructuras	Hh	45.32	3.14	142.46
5	Capataz de obra	Hh	169.94	2.35	400.90
6	Chofer	Hh	58.94	1.62	95.72
7	Ayudante general	Hh	1,042.84	1.66	1,731.12
8	Armador	Hh	35.07	1.83	64.33
9	Chofer camión grúa	Hh	56.03	2.35	132.19
Costo Total					2,915.89

Fuente: Elaboración propia envase a datos de construcción de trampas GAA, YPFB TR.

El costo de mano de obra para la construcción de cámaras se detalla, topógrafo, albañil, encofrador, soldador de estructuras, capataz de obra, chofer, ayudante general, armador, chofer camión grúa, en unidad hombre hora, lo precios son especificados en dólares, el costo total de mano de obra suma 2,915.89 Dólares Americanos (US\$).

En la siguiente tabla se detalla los costos de los equipos, maquinarias y herramientas para la construcción de cámaras en unidad de hombre hora, los precios en dólares, y se detalla un porcentaje del total como mano de obra.

Tabla 13: *Costos de Equipos, maquinarias y herramientas para la construcción de Cámaras*

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Costo total
1	Compactadora manual con motor	Hrs	78.56	0.78	61.37
2	Estación total	Hrs	24	2.60	62.50
3	Mezcladora de hormigón 250 Lt	Hrs	16.44	0.78	12.85
4	Vibrador de hormigón a gasolina	Hrs	32.89	0.78	25.7
5	Módulos de andamios 2x1,5x1 metros	Hrs	836.65	0.69	582.3
6	Moto soldadora 200 Amp	Hrs	43.31	6.77	293.28
7	Camioneta 4x4 tipo hi-lux doble cabina	Hrs	56.32	3.64	205.33
8	Camión 4x4 grúa de 3 Tn	Hrs	2.09	6.25	13.09
9	Camión 4x4 grúa de 5 Tn	Hrs	51.45	6.25	321.57
	Herramientas = (% del total de mano de obra)			6.00%	313.15
Costo Total					1,891.17

Fuente: Elaboración propia en base a datos de construcción de trampas GAA, YPFB TR.

Los costos de los equipos, maquinarias y herramientas para la construcción de cámaras suman un total de 1,891.17 dólares.

En la siguiente tabla se detalla la suma total de materiales, total de mano de obra y total de equipos, maquinarias y herramientas.

Tabla 14: *Costo total de construcción de cámaras de trampa de líquidos*

Descripción	Costo (\$)
Costo de materiales para la construcción de Cámaras	12,417.38
Costo de mano de obra para la construcción de Cámaras	2,915.89
Costos de equipos, maquinarias y herramientas para la construcción de Cámaras	1,891.17
Costo Total	17,224.45

Fuente: Elaboración propia en base a datos de construcción de trampas de líquidos GAA

El costo global para construcción de cámaras es 17,224.45 Dólares Americanos (US\$), como el hormigón armado y la tapa metálica.

2.3.2 Precios Unitarios de Servicios de Hop Top

En la siguiente tabla se muestra el costo de servicio de Hot Top

Tabla 15: Costo de materiales de servicios de Hot Top

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Costo total
Servicio Hot Tap	Glb	1	4,697.38	4,697.38
Costo Total				4,697.38

Fuente: Elaboración propia en base a datos de construcción de trampas de líquidos GAA

El servicio de hot top implica prefabricados para Hot Tap (2 por trampa), la provisión de todos los consumibles necesarios para ejecución de las actividades, medición de espesores en los puntos de conexiones a las trampas tipo bota, calificación de soldadores, la soldadura en servicio de derivación de 2", de montura de refuerzo y END correspondiente (dos por trampa), provisión de equipos y herramientas necesarias para la ejecución del Hot Tap en los puntos de conexión, provisión de equipo de Izaje (Grúa de capacidad suficiente para levantar los equipos de Hot Tap), provisión del equipo de Hot Tap, provisión de válvulas bola de 2" ANSI 600 Full Port de acuerdo a hoja de datos y Vendor List Anexo E-05, provisión de empaquetaduras dieléctricas tipo G10 con alma de acero de 2" ANSI 600 de acuerdo a lo indicado en la ingeniería, provisión de empaquetaduras espirometálicas de 2" ANSI 600, provisión de espárragos y tuercas ASTM A 193 B7/A194 2H para ambas caras de las bridas de 2" ANSI 600 y para empaquetaduras normales y dieléctricas, Instalación de válvulas bola de 2", empaquetaduras espirometálicas y dieléctricas, Prueba de hermeticidad a conjunto conexión-válvula 2" ANSI 600 máximo de 1.5 veces la presión de operación actual del ducto a intervenir, Instalación de equipo de hot tap en puntos de conexión, Ejecución de hot tap en puntos de conexión de trampa tipo bota (dos por Bota) con procedimiento, equipo y personal calificado y Al ser el Hot Tap una actividad crítica, se debe elaborar una presentación de un plan de actividad.

2.3.3 Precios Unitarios de Montaje de Trampas de Líquidos tipo Bota

En lo siguiente se detallan los precios de los materiales utilizados en montaje de trampas de líquidos tipo bota.

Tabla 16: Costo de Materiales en montajes de trampas de retención de líquidos tipo bota

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Costo total
1	Gastos adicionales de mano de obra	Día	53.6	29.44	1,578.19
2	Válvulas de 2" ANSI 600 rf	Pza.	2	1,10	2,2
3	Juntas dieléctricas 2"	Pza.	2	170	340
4	Bridas de 2" ANSI 600 rf	Pza.	2	22	44
5	Bulones para bridas de 2"	Pza.	8	4	32
6	Bridas ciegas ANSI 600,	Pza.	2	32	64
7	Niple 2"	Pza.	2	14	28
8	Refuerzo 10"x2"	Pza.	2	210	420
9	Empaquetadura espiralada 304ss, 600# c/ Anillo interno	Pza.	2	13	26
10	Pintura	Pza.	2	30	60
11	Servicio end (gammagrafía)	Día	2.5	300	750
12	Servicio end (líquidos penetrantes)	Día	2.5	100	250
13	Movilización end	Km	466.66	0.5	233.33
14	Pulgadas de inspección (gammagrafía)	Plg	27.38	0.5	13.69
15	Pulgadas de inspección (líquidos penetrantes)	Plg	58.28	0.5	29.14
16	Procedimiento de soldadura	Glb	0.16	100	16.66
17	Calificación de procedimiento	Glb	0.16	300	50
18	Ensayos destructivos	Glb	0.16	502.87	83.81
19	Calificación de soldadores	Glb	0.16	100	16.66
20	Combustible	Lt	1158	0.53	621.84
Costo Total					6,865.36

Fuente: Elaboración propia en base a datos de construcción de trampas de líquidos GAA

El costo global de materiales para el montaje de trampas de líquidos tipo bota suma un total de 6,865.36 Dólares Americanos (US\$), que consiste en la provisión de todos los materiales necesarios para el montaje de trampas tipo bota.

En la tabla se detalla el costo unitario de mano de obra que implica para el montaje de trampas de líquidos.

Tabla 17: *Costos de Mano de Obra en montajes de trampas de retención de líquidos tipo bota*

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Costo total
1	Inspector de soldadura nii	Hh	69.12	9.19	635.28
2	Ayudante general	Hh	103.68	1.66	172.10
3	Ayudante de soldador	Hh	51.84	2.08	108.13
4	Soldador calificado	Hh	51.84	7.29	377.91
5	Mecánico instrumentista	Hh	51.84	7.85	407.15
6	Cañista	Hh	51.84	4.37	226.8
7	Chofer camión grúa	Hh	82.94	2.35	195.66
Costo Total					2,123.05

Fuente: Elaboración propia envase a datos de construcción de trampas de líquidos GAA

El análisis de costos de mano de obra en montaje de trampas de líquidos, los precios que se manejan son en dólares y la unidad de hombre hora con un costo total de 2,123.05 Dólares Americanos (US\$).

En la siguiente tabla se detallan los costos de equipos, maquinarias y herramientas utilizados en trabajos de montaje de trampas de líquidos.

Tabla 18: *Costos de Equipos, Maquinarias y Herramientas en montaje de trampas de líquido*

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Costo total
1	Camioneta 4x4 tipo hi-lux doble cabina	hrs	48	3.64	175
2	Camión 4x4 grúa de 5 Tn	hrs	76.8	6.25	480
3	Moto soldadora 300 Amp	hrs	48	7.81	375.02
	Herramientas = (% del total de mano de obra)			6.00%	228
Costo Total					1,258.03

Fuente: Elaboración propia envase a datos de construcción de trampas de líquidos GAA

El costo global de equipos, maquinarias y herramientas en montaje de trampas de líquidos suma un total de 1,258.03 Dólares Americanos (US\$).

Se detalla costo total de montaje de trampas de líquido tipo bota.

Tabla 19: *Costo total de montaje de trampa de líquidos*

Descripción	Costo (\$)
Total materiales en montaje de trampas de líquidos	6,865.36
Total mano de obra en montaje trampas de líquidos	2,123.05
Total equipos, maquinarias y herramientas en montaje trampas de líquidos	1,258.03
Costo Total	10,246.45

Fuente: Elaboración propia

Costo total por montaje de una trampa de líquidos tipo bota, esto implica materiales, mano de obra, equipos, maquinaria y herramientas suma un total de 10,246.45 Dólares Americanos (US\$).

2.3.4 Costo Global de implementación de trampas de retención de líquidos

En la siguiente tabla se detalla el costo total de una trampa de retención de líquidos el tipo de moneda se maneja en Dólares Americanos (US\$).

Tabla 20: *Costo global de construcción de cámaras y montaje de las trampas de líquidos*

Descripción	Costo (\$)
Costo total por construcción de cámaras	17,224.45
Total Servicios de Hop Top	4,697.38
Costo total por montaje de trampas de líquidos tipo Bota	10,246.45
Costo Total	32,168.28

Fuente: Elaboración propia

El costo total de una (1) construcción de cámaras e instalación de las trampas de líquidos suma los 32,168.28 Dólares Americanos (US\$).

Costo de Implementación de las tres (3) trampas de retención de líquidos en el transporte de gas natural en gasoducto Sucre-Potosí Suma un global de 96,504.86 Dólares Americanos (US\$), el costo total en bolivianos es 671,673.82 (Bs), al tipo de cambio oficial de 6.96 bs por dólar.

CAPÍTULO III: CONCLUSIONES

- En el presente trabajo de implementación de trampas de retención de líquidos, se diagnosticó los problemas por acumulación de condensado en los diferentes puntos bajos del gasoducto Sucre-Potosí, el perfil topográfico es muy variado, el clima tiene temperaturas bajas en invierno, en consecuente acumulación de líquidos en zonas geográficas bajas del sistema gasoducto Sucre-Potosí.
- En este trabajo de investigación se determinó la ubicación geográfica para la construcción e instalación de trampas de retención de líquidos en el sistema gasoducto Sucre-Potosí, la determinación de las tres trampas de líquidos fueron con GPS, en el sector de Rummy Rummy con Latitud de 19°5'14,97" S - Longitud 65°14'47,78" O, Vila Vila con Latitud 19°19'36,30"S – Longitud 65°19'28,70" O y Betanzos con Latitud 19°32'2,10" S – Longitud 65°29'22,86" O, a través del perfil topográfico, considerando las zonas geográficas más bajas con mayor probabilidad de acumulación de condensado, el acceso a los terrenos y el vecindario.
- Se realizó el diseño de las cámaras y trampas de líquidos, usando las normas, códigos técnicos de construcción, porque con ellos se regulan los mínimos de seguridad y calidad de los diseños.
- Finalmente se determinó el costo referencial de 96,504.86 (US\$), para la implementación de trampas de retención de líquidos tipo bota, tomando en cuenta costos de materiales, costos de mano de obra y costos de equipos, maquinaria, herramientas, la determinación de costos fueron en base a datos proporcionados del gasoducto al altiplano por YPF B Transporte S.A.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abelló Linde, S.A. (1 de Julio de 2019). *Cromatografía de Gases*. Obtenido de Linde:
https://www.linde-gas.es/es/images/Cromatograf%C3%ADa%20de%20gases%2019107-01_tcm316-120150.pdf
- Adewumi, M. (30 de Octubre de 2022). *Modelado de Gasoductos Naturales*. Obtenido de LibreTexts:
[https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingenier%C3%ADa_Qu%C3%ADmica/Relaciones_de_Fase_en_Ingenier%C3%ADa_de_Embalses_\(Adewumi\)/21%3A_Aplicaciones_de_Ingenier%C3%ADa_II/21.01%3A_Modelado_de_Gasoductos_Naturales](https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingenier%C3%ADa_Qu%C3%ADmica/Relaciones_de_Fase_en_Ingenier%C3%ADa_de_Embalses_(Adewumi)/21%3A_Aplicaciones_de_Ingenier%C3%ADa_II/21.01%3A_Modelado_de_Gasoductos_Naturales)
- ANH. (6 de Enero de 2012). *Diccionario Hidrocarburífero*. Obtenido de Agencia Nacional de Hidrocarburos: <https://www.anh.gob.bo/w2019/contenido.php?s=18>
- ASME. (1999). *Sistemas de Tubería para Transporte y Distribución de Gas*. Nueva York, EE. UU.: Edición de 1999.
- Brucart, E. B. (1987). *Gas Natural*. Barcelona: Editores Tecnicos Asociados.
- Chacón, L. L. (1996). Tecnología del gas natural. 10.
- Estación de Compresión Qhora Qhora*. (5 de Febrero de 2013). Obtenido de Sistemas de Transporte de Gas YPFB Transporte S.A.:
<https://www.ypfbtransporte.com.bo/nuestras-operaciones/sistemas-de-transporte-de-gas/qhora-qhora/>
- Graziani, L. F. (2022). *El Gas Natural*. Callao - Perú: Tercera Edicion.
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de Investigación*. México D.F.: McGraw - Hill.

Sánchez Ruiz, E. E. (1991). *Apuntes sobre una metodología histórico-estructural (con énfasis en el análisis de medios de difusión)*. Obtenido de <http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/handle/123456789/2613>

Transporte, Y. (13 de Abril de 2022). *Contrucción del Proyecto Ampliación Gasoducto GSP FASE II*. Obtenido de Contratación de bienes y servicios: <https://www.yxfbtransporte.com.bo/contrataciones/contratacion-de-bienes-y-servicios/page/13/>

YPFB. (14 de Agosto de 2023). *YPFB Transporte S.A.* Obtenido de Contratación de bienes y servicios: <https://www.yxfbtransporte.com.bo/contrataciones/contratacion-de-bienes-y-servicios/page/13/>

YPFB Transporte S.A. (13 de Marzo de 2013). *Estación de Medición Karachipampa*. Obtenido de Sistemas de Transporte de Gas: <https://www.yxfbtransporte.com.bo/nuestras-operaciones/sistemas-de-transporte-de-gas/karachipampa/>

YPFB Transporte S.A. (28 de Julio de 2022). *Contratación de bienes y servicios*. Obtenido de YPFB Transporte S.A.: <https://www.yxfbtransporte.com.bo/contrataciones/contratacion-de-bienes-y-servicios/page/13/>

YPFB Transporte S.A. (14 de Agosto de 2023). *Contratación de bienes y servicios*. Obtenido de YPFB Transporte S.A.: <https://www.yxfbtransporte.com.bo/contrataciones/contratacion-de-bienes-y-servicios/page/13/>

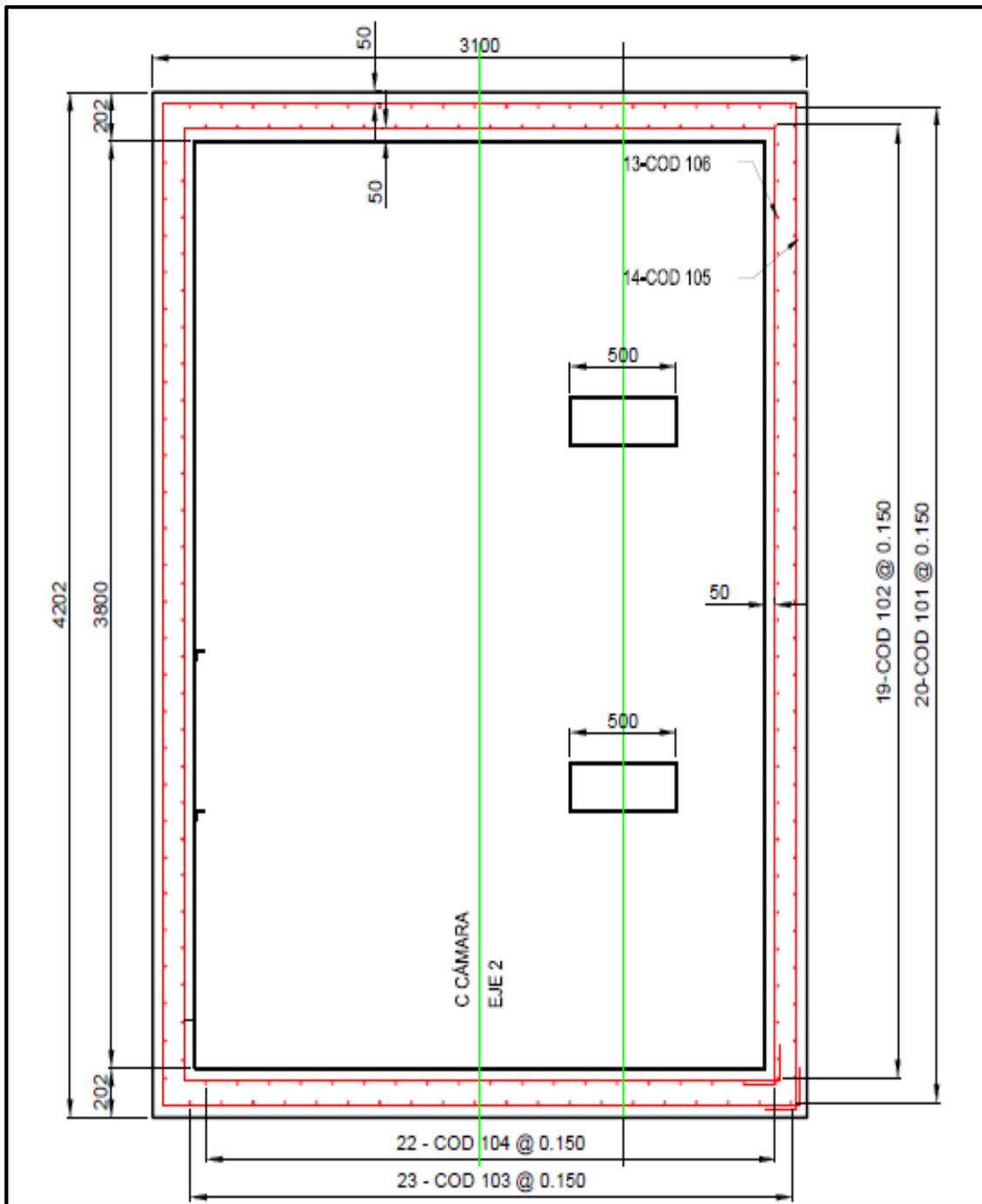
ANEXOS

Anexo 1: *Prueba hidrostática de la trampa tipo bota*



Fuente: Extraído de informe YPFB Transporte S.A.

Anexo 2: *Diseño de la cámara y soportes de trampas de líquidos tipo bota*



Fuente: Extraído de informes de diseño YPFB Transporte S.A.

Anexo 3: Especificaciones de la calidad del gas natural en Bolivia

Especificaciones de calidad del Gas Natural.		
Propiedad	Especificación	Método de ensayo
Poder Calorífico Superior ⁽¹⁾	No menor a 36,14 MJ/m ³ (970 BTU/ft ³)	ASTM D 3588
Densidad relativa al aire ⁽¹⁾	No menos de 0,58 y no más de 0,69	ASTM D 3588
Volumen de Nitrógeno ⁽³⁾	No más de 2% vol.	ASTM D 1945
Volumen de gases inertes incluyendo dióxido de carbono ⁽²⁾	No más de 3,5% vol.	ASTM D 1945
Vapor de agua ⁽¹⁾	No más de 95 mg/m ³	ASTM D 1142
Sulfuro de Hidrogeno (H ₂ S) ⁽¹⁾	No más de 5 mg/m ³	ASTM D 4084-07 o a ser acordado entre partes
Sulfuro de Mercaptano	No más de 15 mg/m ³	ASTM D 4084-07 o a ser acordado entre partes
Azufre total ⁽¹⁾	No más de 50 mg/m ³	ASTM D 4468-85 o a ser acordado entre partes
Oxígeno ⁽³⁾	No más de 0,2% vol.	ASTM D 1945
Dióxido de carbono ⁽¹⁾	No más de 2% vol.	ASTM D 1945
Punto de rocío	0°C a la presión manométrica de 45 kg/cm ²	ASTM D 1142
Impurezas	Libre de agua en forma líquida, polvo o cualquier otra materia sólida o líquida, ceras, adherentes y elementos que formen adherentes y/o cualquier otra sustancia que interfiera con o perjudique la comercialidad del Gas. Sustancialmente libres de hidrocarburos aromáticos, glicoles, metanol o cualquier otra sustancia utilizada en el procesamiento del Gas. No contener condensados o hidrocarburos en forma líquida.	A ser acordado entre partes

Fuente: Extraído de Anexo 4 calidad del gas natural ANH

Anexo 4: Solicitud de información de datos a YPFB Transporte S.A.



BICENTENARIO DE
BOLIVIA



YPFB
Transporte S.A.



BOLIVIA
MINISTERIO DE
TRANSPORTE Y SERVICIOS

Santa Cruz, 07 de diciembre de 2023
YPFBTR.GOP.GSTG.14.2023

Señor
M. Sc. Ing. Victor Hugo Gutierrez Vega
**DIRECTOR CARRERA DE INGENIERIA DE PETROLEO Y GAS NATURAL Y PETROLEO Y GAS NATURAL
TECNICO SUPERIOR**
UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA DE SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA
Sucre.-

Ref.: SU SOLICITUD DE INFORMACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE MONOGRAFÍA

De nuestra consideración:

En atención a su nota Ing.P.G.N./N° 642, remitimos la información solicitada de datos históricos a octubre del 2023 y parámetros técnicos del Gasoducto Sucre – Potosí para uso “como referencia” en el trabajo (monografía) del universitario Orlando Fernandez Garcia, de acuerdo a su requerimiento.

Con este particular, saludamos a ustedes atentamente,



Carlos Caballero M.
Gerente Sectorial de Transporte de Gasoductos

c.c.: GOP – AJimenez/EQhora Qhora
Anexo: Lo citado.



A. Jimenez
Operaciones
Gasoductos

| 2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO

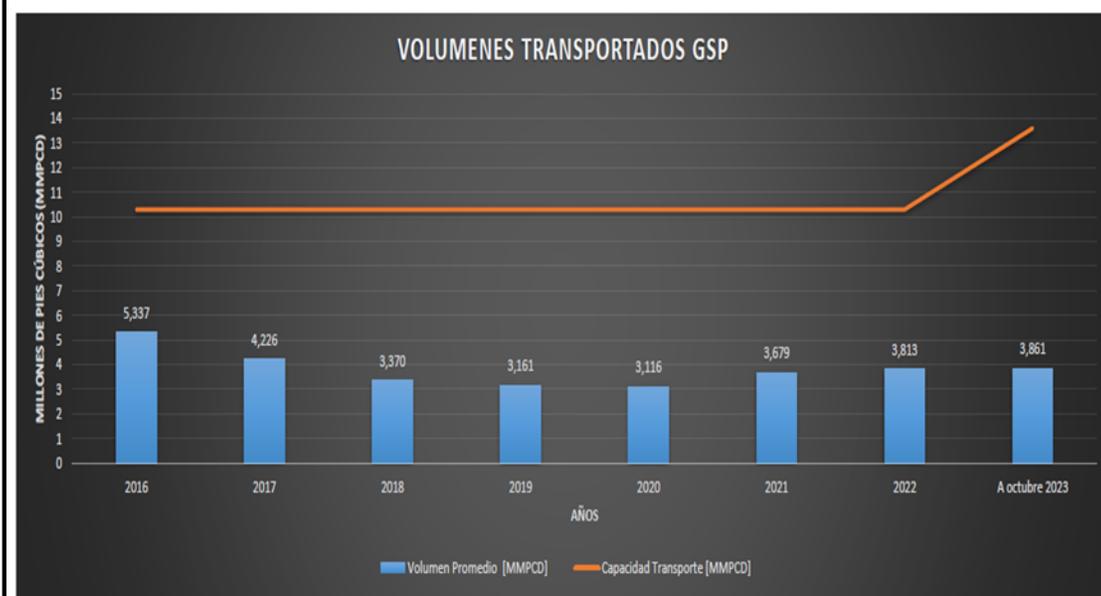
Doble Vía La Guardia Km. 7 1/2 • Casilla 3137 • Telf. (591-3) 3566000 • Fax: (591-3) 3566069
Telf. Emergencias 800-10-4005 • Santa Cruz - Bolivia • www.ypfbtransporte.com.bo

Fuente: Extraído de la respuesta de YPFB Transporte

Anexo 5: Historial de transporte de gas natural gasoducto Sucre-Potosí

GESTION	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
ENERO	163.479.877	157.154.241	98.081.600	92.691.705	84.150.542	108.977.727	111.192.981	109.293.885
FEBRERO	153.793.372	160.847.667	94.546.519	81.017.414	90.468.013	99.743.047	101.255.621	104.322.678
MARZO	163.402.203	174.488.287	104.194.780	89.959.708	89.351.178	115.033.597	104.920.753	117.407.050
ABRIL	161.567.533	139.476.271	124.804.253	91.716.754	66.905.264	106.392.638	100.887.867	111.770.642
MAYO	141.841.770	164.206.948	99.403.860	107.355.526	77.023.813	120.388.381	125.475.300	120.297.944
JUNIO	141.210.376	116.920.997	103.618.080	107.991.388	87.127.492	124.608.016	124.551.542	123.040.765
JULIO	161.607.865	107.289.885	93.250.990	109.054.247	99.958.491	111.932.606	118.636.533	123.067.258
AGOSTO	166.149.952	100.592.510	90.601.851	98.524.291	95.410.286	118.643.970	117.310.834	122.423.529
SEPTIEMBRE	169.074.663	92.599.111	104.961.415	90.965.157	101.599.988	105.627.321	120.741.754	115.017.724
OCTUBRE	170.784.881	95.720.716	102.088.962	100.547.619	108.707.637	116.033.339	120.386.406	111.622.573
NOVIEMBRE	162.047.303	105.191.285	96.004.193	79.460.786	110.513.200	100.481.193	116.227.448	
DICIEMBRE	166.530.485	106.987.979	101.733.369	88.764.328	110.470.045	96.513.569	111.129.120	

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	A octubre 2023
Volumen Promedio [MMPCD]	5,337	4,226	3,370	3,161	3,116	3,679	3,813	3,861
Capacidad Transporte [MMPCD]	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	13,6



Fuente : Extraído de solicitud de datos a YPFB Transporte S.A.

Anexo 6: Planilla de fierro para la construcción de cámara de trampas de líquidos

ARMADURA				LONGITUD DE DOBLADO							COMENTARIOS
CODIGO	CANTIDAD	DIÁMETRO	LONGITUD	TIPO	A	B	C	D	E	F	
101	20	12 mm (1/2")	8460	3	2480	3500	2480				
102	19	12 mm (1/2")	8160	3	2430	3300	2430				
103	23	12 mm (1/2")	7885	3	2480	2925	2480				
104	22	12 mm (1/2")	7585	3	2430	2725	2430				
105	14	6 mm (1/4")	13000	4	75	2925	3500	2925	3500	75	
106	13	6 mm (1/4")	12200	4	75	2725	3300	2725	3300	75	
107	7	6 mm (1/4")	1530	6	200	300	530	300	200		
108	4	6 mm (1/4")	1900	6	200	300	900	300	200		
109	4	6 mm (1/4")	1350	8	380	150					PERIMETRO DE CIRCULO

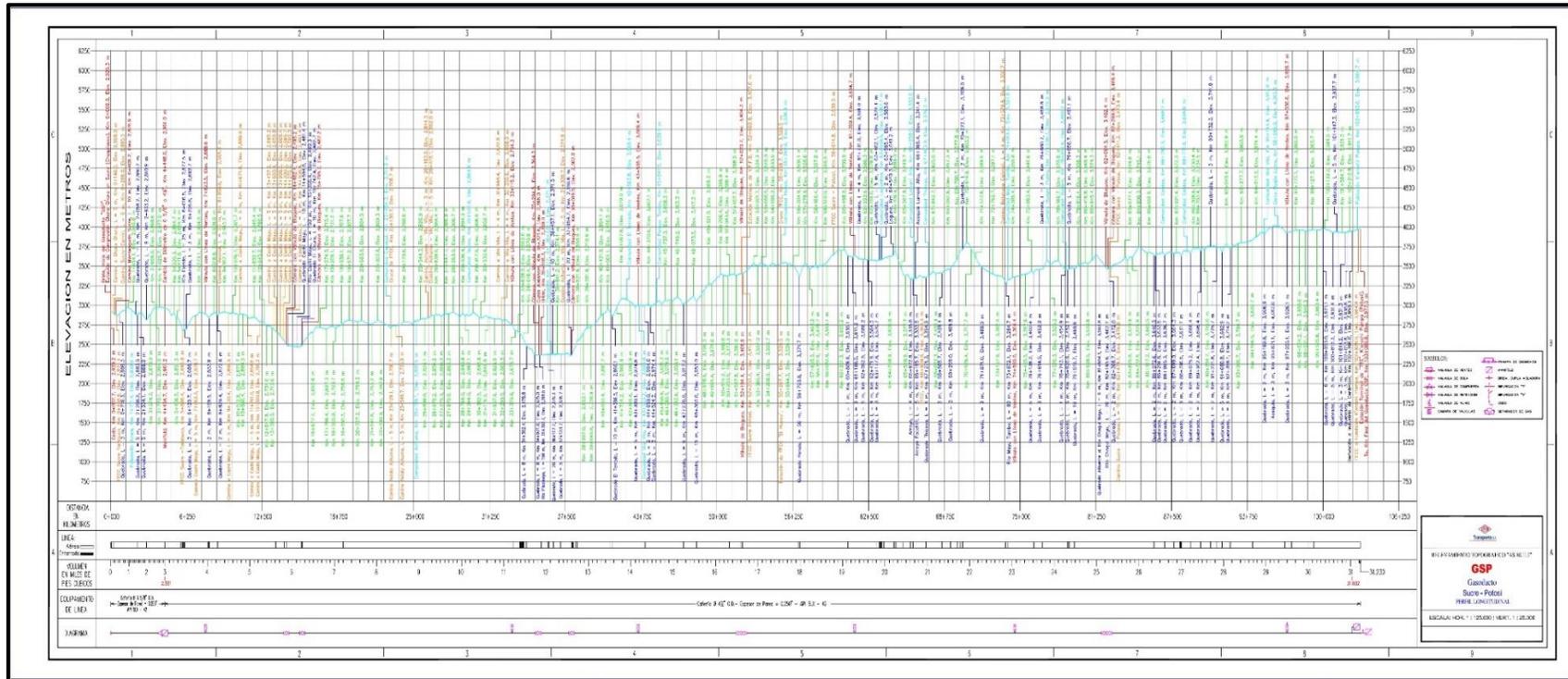
Fuente: Extraído del diseño de cámaras YPFB Transporte S.A.

Anexo 7: *Cromatografía de gas natural transportado por el sistema gasoducto Sucre-Potosí*

Date/Time	SPGR AVG	GASHV AVG	NITROG AVG	CARBDI AVG	METHAN AVG	ETHANE AVG	PROPAN AVG	NBUTAN AVG	IBUTAN AVG	NPENTA AVG	IPENTA AVG	NHEXAN AVG
11/15/2023 16:00:00	0,6180	1048,4260	0,7312	1,3540	90,7614	5,5093	1,0634	0,2509	0,1433	0,0494	0,0704	0,0666
11/15/2023 15:00:00	0,6180	1048,4260	0,7312	1,3540	90,7614	5,5093	1,0634	0,2509	0,1433	0,0494	0,0704	0,0666
11/15/2023 14:00:00	0,6180	1048,4260	0,7312	1,3540	90,7614	5,5093	1,0634	0,2509	0,1433	0,0494	0,0704	0,0666
11/15/2023 13:00:00	0,6180	1048,4260	0,7312	1,3540	90,7614	5,5093	1,0634	0,2509	0,1433	0,0494	0,0704	0,0666
11/15/2023 12:00:00	0,6180	1048,4260	0,7312	1,3540	90,7614	5,5093	1,0634	0,2509	0,1433	0,0494	0,0704	0,0666
11/15/2023 11:00:00	0,6180	1048,4260	0,7312	1,3540	90,7614	5,5093	1,0634	0,2509	0,1433	0,0494	0,0704	0,0666
11/15/2023 10:00:00	0,6180	1048,4260	0,7312	1,3540	90,7614	5,5093	1,0634	0,2509	0,1433	0,0494	0,0704	0,0666
11/15/2023 09:00:00	0,6180	1048,4260	0,7312	1,3540	90,7614	5,5093	1,0634	0,2509	0,1433	0,0494	0,0704	0,0666
11/15/2023 08:00:00	0,6180	1048,4260	0,7312	1,3540	90,7614	5,5093	1,0634	0,2509	0,1433	0,0494	0,0704	0,0666
11/15/2023 07:00:00	0,6180	1048,4260	0,7312	1,3540	90,7614	5,5093	1,0634	0,2509	0,1433	0,0494	0,0704	0,0666
11/15/2023 06:00:00	0,6180	1048,4260	0,7312	1,3540	90,7614	5,5093	1,0634	0,2509	0,1433	0,0494	0,0704	0,0666
11/15/2023 05:00:00	0,6180	1048,4260	0,7312	1,3540	90,7614	5,5093	1,0634	0,2509	0,1433	0,0494	0,0704	0,0666
11/15/2023 04:00:00	0,6180	1048,4260	0,7312	1,3540	90,7614	5,5093	1,0634	0,2509	0,1433	0,0494	0,0704	0,0666
11/15/2023 03:00:00	0,6180	1048,4260	0,7312	1,3540	90,7614	5,5093	1,0634	0,2509	0,1433	0,0494	0,0704	0,0666

Fuente: Extraído de los informes diarios de YPFB Transporte S.A.

Anexo 8: Perfil Topográfico del sistema gasoducto Sucre-Potosí



Fuente: Extraído de la respuesta de solicitud de datos YPFB Transporte S.A.