

**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 PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TANQUES DE  
ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS LÍQUIDOS EN  
LA ZONA SUD DE LA CIUDAD DE LA PAZ**

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

José Alberto Flores Murillo

SUCRE, FEBRERO DE 2020

# **ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS LÍQUIDOS EN LA ZONA SUD DE LA CIUDAD DE LA PAZ**

Monografía presentada a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, en cumplimiento de requisito formal y académico del curso de postgrado: Diplomado en Transporte, Almacenamiento y Distribución de Hidrocarburos.

**SUCRE, FEBRERO DE 2020**

## CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo para 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 y posgrado e investigación o a la biblioteca de la universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según la norma 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 el manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

.....

José Alberto Flores Murillo

**A mi amada Arianita:**

"Hay amores que son increíbles, pero ninguno  
que pueda igualar al que siente  
un padre por su hija"

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios, por darme siempre la fuerza para seguir hacia adelante y nunca abandonarme en los momentos más difíciles.*

*A mi preciosa hija **Ariana Tiaré**, Por ser mi orgullo y gran motivación en la vida, libras mi mente de todas las adversidades y me impulsas cada día a superarme con tal de ofrecerte siempre lo mejor. No es fácil, eso lo sé; pero si tal vez no te tuviera, mi vida sería un desastre sin ti. Le agradezco al todopoderoso por ponerme a ese hermoso ser en mi camino, la cual me ha enseñado muchas lecciones de vida y gracias, porque sin ti nada sería posible.*

*A mi Gemela del destino **Ana Maribel**, Dentro de mi recorrido por la vida, me di cuenta que hay muchas cosas para las que soy bueno, encontré destrezas y habilidades que jamás pensé que se desarrollasen en mí; pero lo realmente importante que pude descubrir, es que por más que disfrute trabajar solo, siempre obtendré un mejor resultado si lo realizo con la ayuda y compañía perfecta. Dentro del desarrollo de esta monografía, se presentaron muchos momentos en los cuales pareciera que los deberes y compromisos fueran a acabar por completo conmigo, por esto mismo quiero dedicar este trabajo al amor de mi vida, decirte que para mi eres no solo eres mi “esposa”, eres mi compañera, mi amante y todo lo que un hombre puede desear de la mujer que ama. Todas las noches desde que estas lejos me pongo a recordar los hermosos momentos que hemos compartido y te extraño, ruego a Dios por que esta lejanía se acabe pronto.*

## RESUMEN

El presente proyecto **“ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS LÍQUIDOS EN LA ZONA SUD DE LA CIUDAD DE LA PAZ”** facilitará el abastecimiento, distribución y posterior comercialización de los hidrocarburos líquidos, a través de la prestación de un servicio enmarcado dentro de la normativa vigente de Construcción y Operación de Plantas de Almacenamiento de la ANH, asegurando de esta manera el principio de continuidad para que el abastecimiento no sea interrumpido, mitigando de esta manera los problemas existentes en la actualidad.

En la introducción, se describe lo que se hizo en todo el proyecto, los objetivos y acciones a realizar, en base a las necesidades actuales se plantea el diseñar los tanques de almacenamiento de Hidrocarburos Líquidos.

En el marco Teórico Contextual, se realizó una recopilación de conceptos teóricos y conceptuales, necesarios para el diseño e implementación de los tanques de almacenamiento, a fin de contrastar las experiencias realizadas, para la ejecución del trabajo, tomando en cuenta la consideración en cuanto a equipos e infraestructura para el diseño de la Planta. En el estudio de Mercado, se realizó una proyección de consumo a diez años futuros, con los cuales se determinó la capacidad de los tanques de almacenamiento.

En el Marco Practico, se realizó el diseño de tanques y la evaluación económica, se analizaron los aspectos técnicos, en los cuales se detalla las características de los distintos equipos que serán requeridos; y los aspectos económicos estimados, para tener una idea sobre la magnitud de los costos requeridos para el sector de almacenamiento de combustibles líquidos.

## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1. Antecedentes y Justificación.....	1
2. Situación Problémica.....	3
3. Formulación del Problema de Investigación o Pregunta Científica.....	3
4. Objetivo General.....	3
5. Objetivos Específicos.....	3
6. Diseño Metodológico (Métodos, Técnicas, Procedimientos e Instrumentos de Investigación).....	4
6.1. Tipo de Estudio.....	4
6.2. Método de Investigación.....	4
6.3. Fuentes de Información.....	4
6.4. Procedimiento para la Recolección y Tratamiento de la Información.....	4
<b>CAPITULO No 1: MARCO TEORICO Y CONTEXTUAL.....</b>	<b>5</b>
1.1. Marco Teórico.....	5
1.1.1. Hidrocarburos Líquidos.....	5
1.1.1.1. Tipos de hidrocarburos líquidos derivados del petróleo.....	5
1.1.1.1.1. Diesel.....	5
1.1.1.1.2. Gasolina.....	5
1.1.2. Transporte y Almacenamiento de Hidrocarburos.....	6
1.1.2.1. Tipos de Transporte de Hidrocarburos.....	6
1.1.2.2. Almacenamiento de hidrocarburos.....	6
1.1.2.2.1. Tanques de Almacenamiento.....	7
1.1.2.2.1.1. Clasificación de los tipos de tanques.....	7
1.1.2.2.1.2. Componentes de un tanque de Almacenamiento.....	7
1.1.2.2.1.3. Normas que regulan el diseño y construcción de tanques.....	7
1.1.2.2.1.4. Bases de diseño.....	8

1.1.3. Equipos complementarios a los Tanques de Almacenamiento.....	9
1.1.3.1. Bombas.....	10
1.1.3.2. Tuberías.....	10
1.1.3.3. Valvulería .....	10
1.1.3.4. Eliminador de aire.....	11
1.1.3.5. Controlador Accuload.....	11
1.1.3.6. Manifold de recepción.....	11
1.1.3.7. Válvulas de control Smith Meter.....	11
1.1.3.8. Medidor Smith Meter.....	11
1.1.3.9. Brazo de carga de combustibles.....	12
1.1.3.10. Filtros Smith Meter.....	12
1.1.3.11. Estructuras de despacho.....	12
<b>1.2. Marco contextual.....</b>	<b>12</b>
1.2.1. Demanda de combustibles en el departamento de La Paz.....	12
1.2.2. Demanda Actual y Proyectada.....	13
1.2.3. Dimensionamiento de la Planta en base al Análisis del Estudio de Mercado de Hidrocarburos Líquidos.....	13
1.2.4. Demanda Proyectada.....	16
 <b>CAPITULO No 2: MARCO PRACTICO.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1. Ubicación y distribución de la planta.....</b>	<b>20</b>
2.1.1. Ubicación.....	20
2.1.2. Descripción del terreno.....	22
2.1.3. Disponibilidad de servicios.....	22
2.1.4. Logística de abastecimiento de La Planta.....	22
<b>2.2. Diseño de la Planta.....</b>	<b>22</b>
2.2.1. Diseño de los Tanques de Almacenamiento.....	22
2.2.1.1. Dimensionamiento de los Tanques.....	23
2.2.1.2. Ubicación de los Tanques.....	24
2.2.1.3. Diseño del Fondo del Tanque.....	24
2.2.1.4. Diseño del Cuerpo del Cilindro del Tanque.....	24

2.2.1.4.1.	Esfuerzos Admisibles del material.....	25
2.2.1.4.2.	Cálculo de Espesores de Pared por el Método de 1 Pié.....	25
2.2.1.4.3.	Aperturas en el Cuerpo.....	30
<b>2.3.</b>	<b>Evaluación Técnica y Económica.....</b>	<b>32</b>
2.3.1.	Evaluación Técnica.....	32
2.3.1.1.	Equipos.....	33
2.3.1.2.	Área de recepción y despacho de Diesel Oíl y Gasolina Especial.....	33
2.3.1.3.	Área de tanques de Diesel Oíl y Gasolina Especial.....	34
2.3.1.4.	Infraestructura y obra civil.....	34
2.3.1.5.	Logística de Abastecimiento de la Planta.....	35
<b>2.3.2.</b>	<b>Evaluación Económica.....</b>	<b>35</b>
2.3.2.1.	Costos de los equipos.....	35
2.3.2.1.1.	Costos Área de recepción y despacho de Diesel Oíl y Gasolina Especial.....	35
2.3.2.1.2.	Costos área de despacho de Diesel Oíl y Gasolina Especial.....	35
2.3.2.1.3.	Costos área de tanques de Diesel Oíl y Gasolina Especial.....	36
2.3.2.2.	Costos de infraestructura.....	36
2.3.2.3.	Costo total de la Planta.....	37
<b>CAPITULO No 3:</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>BILBIOGRAFIA.....</b>		<b>40</b>

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura No 1.1.</b> MUNICIPIO DE LA PAZ (MACRO DISTRITOS Y DISTRITOS).....	14
<b>Figura No 2.1.</b> UBICACIÓN PLANTA DE ALMACENAJE ZONA DE OBRAJES.....	20
<b>Figura No 2.2.</b> VISTA PANORÁMICA DE LA ZONA DE OBRAJES.....	21
<b>Figura No 2.3.</b> CASAS ALEDAÑAS A LA ZONA DEL EMPLAZAMIENTO.....	21
<b>Figura No 2.5.</b> DIMENSIONES DE LOS TANQUES DE GASOLINA ESPECIAL.....	29
<b>Figura No 2.6.</b> DIMENSIONES DE LOS TANQUES DE DIESEL OIL.....	29

## **ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla No 1.1.</b> LA PAZ, VENTA DE DIESEL (DO), (M <sup>3</sup> /DÍA).....	13
<b>Tabla No 1.2.</b> LA PAZ, VENTA DE GASOLINA ESPECIAL, (M <sup>3</sup> /DÍA).....	13
<b>Tabla No 1.3.</b> DEMANDA PROYECTADA DE GE.....	14
<b>Tabla No 1.4.</b> REGISTRO Y UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE SERVICIO DEL ÁREA DE INFLUENCIA.....	15
<b>Tabla No 1.5.</b> DEMANDA PROYECTADA DE GE.....	17
<b>Tabla No 1.6.</b> VOLÚMENES DEMANDADO DE GE.....	17
<b>Tabla No 1.7.</b> DATOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES DE GE.....	17
<b>Tabla No 1.8.</b> DEMANDA PROYECTADA DE DO.....	18
<b>Tabla No 1.9.</b> VOLÚMENES DE DO.....	18
<b>Tabla No 1.10.</b> DATOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES DE DO.....	18
<b>Tabla No 1.11.</b> PERIODO DE SEGURIDAD POR DÍAS.....	19
<b>Tabla No 2.1.</b> CARACTERÍSTICAS DE LOS COMBUSTIBLES A ALMACENAR EN LA PLANTA SUR LA PAZ.....	23
<b>Tabla No 2.2.</b> DISTANCIA MINIMA ENTRE TANQUES DE ALMACENAMIENTO.....	24
<b>Tabla No 2.3.</b> ESPESORES DE PARED DE TANQUES.....	24
<b>Tabla No 2.4.</b> DATOS TANQUES DE DIESEL OÍL.....	25
<b>Tabla No 2.5.</b> ALTURA MÁXIMA DE OPERACIÓN DE TANQUES DE DO.....	26
<b>Tabla No 2.6.</b> ESFUERZOS ADMISIBLES DEL MATERIAL DE LAS PLANCHAS DEL TANQUE.....	26
<b>Tabla No 2.7.</b> CÁLCULO DE LOS ESPESORES DE LAS VIROLAS DE LOS TANQUES DE DO.....	27
<b>Tabla No 2.8.</b> ESPESORES COMERCIALES DE PLANCHAS.....	28
<b>Tabla No 2.9.</b> DATOS TANQUES DE GASOLINA ESPECIAL.....	28
<b>Tabla No 2.10.</b> ALTURA MÁXIMA DE OPERACIÓN.....	28
<b>Tabla No 2.11.</b> ESFUERZOS ADMISIBLES DEL MATERIAL.....	28

<b>Tabla No 2.12.</b>	<b>CÁLCULO DE LOS ESPESORES DE LAS VIROLAS.....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla No 2.13.</b>	<b>MÁXIMO NIVEL DE DISEÑO DEL LÍQUIDO EN LOS TANQUES.....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla No 2.14.</b>	<b>ESPESORES DE BRIDA Y CUBIERTA DE MANHOLE.....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla No 2.15.</b>	<b>RELACIÓN ENTRE ESPESORES DE PARED.....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla No 2.16.</b>	<b>CAPACIDADES DE VENTEO DE VÁLVULAS PRESIÓN-VACIO.....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla No 2.17.</b>	<b>EQUIPOS ÁREA DE RECEPCIÓN DE COMBUSTIBLES.....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla No 2.18.</b>	<b>EQUIPOS ÁREA DE DESPACHO DE COMBUSTIBLES.....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla No 2.19.</b>	<b>EQUIPAMIENTO ÁREA DE TANQUES.....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla No 2.20.</b>	<b>EDIFICACIONES.....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla No 2.21.</b>	<b>COSTOS DE LOS EQUIPOS DEL ÁREA DE RECEPCIÓN.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla No 2.22.</b>	<b>COSTOS DE LOS EQUIPOS DEL ÁREA DE DESPACHO.....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla No 2.23.</b>	<b>COSTOS DEL EQUIPAMIENTO ÁREA DE TANQUES.....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla No 2.24.</b>	<b>EDIFICACIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla No 2.25.</b>	<b>COSTO TOTAL DE LA PLANTA.....</b>	<b>38</b>

# INTRODUCCION

## 1. Antecedentes y Justificación

El almacenamiento de hidrocarburos es una actividad de gran importancia dentro de la cadena hidrocarburífera, porque nos permite controlar mejor la producción, el transporte, distribución y su utilización es evidente en la medida en que se desea asegurar un abastecimiento abundante y regular la industria de los consumidores. (J. GOMEZ, 2004)

En Bolivia, Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB) Logística, es la empresa encargada del almacenamiento de hidrocarburos líquidos, cuenta con 19 Plantas de almacenaje instaladas en 8 departamentos del territorio boliviano (exceptuando Pando), de las cuales 16 se encuentran en operación, prestando el servicio de recepción, almacenamiento y despacho de productos refinados de petróleo (Diesel Oíl, Gasolina Especial, Gasolina Premium, Kerosene, Gas Licuado de Petróleo, etc.), representando el 76% del total de las Plantas de almacenaje existentes en Bolivia, contando con la responsabilidad de brindar el servicio las 24 horas al día, durante los 365 días de manera interrumpible debido a su importancia social en todo el país. (YPFB CORPORACIÓN, 2012)

Las ciudades del eje troncal, La Paz, Cochabamba y Santa Cruz, concentran los mayores centros urbanos y de actividad productiva, por ende el mayor consumo de combustibles líquidos, por lo que se hace evidente la necesidad de incrementar la capacidad de almacenaje en estas Plantas, de manera de contar con un periodo de stock de seguridad, de acuerdo a los lineamientos de la Estrategia Boliviana de Hidrocarburos y Energía, las ciudades de mayor consumo de hidrocarburos en Bolivia *“no cuentan con suficiente infraestructura que garantice seguridad energética”*, en el sentido de contar con stocks de seguridad en las distintas áreas comerciales, para el caso del Diesel Oíl y la Gasolina Especial.

El Diesel Oíl (DO) y la Gasolina Especial (GE) son los combustibles de mayor consumo, consecuentemente YPFB en sus planes de proyectos a nivel nacional, propone la construcción de 15 nuevos tanques para DO, 12 tanques para GE y 6 para GLP, con una inversión total

para el incremento de la capacidad de almacenaje en Plantas de YPFB Logística S.A. (YPFB CORPORACIÓN, 2012)

En lo que respecta al departamento de La Paz, la logística de almacenamiento y distribución en su totalidad está concentrada a través de la Planta "Senkata" ubicada en la ciudad de El Alto, la cual realiza despachos de Diesel Oil (DO), Gasolina Especial (GE) y Gas licuado de Petróleo (GLP), para el mercado local urbano y rural. (MEMORIA ANUAL YPFB CORPORACION 2012 - 2016)

En los últimos años el departamento de La Paz ha presentado un elevado crecimiento en el parque automotor, motivo por el cual la demanda de combustibles líquidos se incrementó, y se ve la necesidad de una ampliación de la planta en actual funcionamiento y por otro lado la instalación de una nueva planta ubicado en un lugar estratégico de la ciudad de La Paz, de esta manera garantizando un continuo abastecimiento de los combustibles hacia los distintos lugares del departamento.

Al diseñar una nueva unidad de almacenamiento de hidrocarburos líquidos en la zona Sud, se logrará una mejor y eficiente distribución de carburantes a las distintas estaciones de servicio de la zona sud de La Paz, debido al incremento en la demanda de los combustibles líquidos, ofreciendo una mayor cobertura y respondiendo a las necesidades de la población, este diseño se realizará en base a reglamentos y normas vigentes establecidas por la ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos), además de contar con tecnología moderna en cuanto a infraestructura, tanques y equipos para el control y monitoreo de los hidrocarburos.

Con la nueva ubicación de la Planta de hidrocarburos líquidos, se genera la mejora en la logística de distribución y también por la ubicación estratégica de la misma, debido a que los camiones cisternas de la zona sud de la ciudad realizaban un largo recorrido para cargar combustible en la Planta Senkata ubicada en el Alto, para abastecer no solo a la ciudad de El Alto, sino de La Paz y las provincias.

## **2. Situación Problemática**

El departamento de La Paz en los últimos años ha presentado un elevado crecimiento en el parque automotor, por lo tanto genera una mayor demanda de carburantes, presentándose un deficiente abastecimiento del producto y designación de volúmenes hacia las distintas estaciones de servicio, y ante la inminente demanda requiere la necesidad de un continuo abastecimiento, cabe mencionar el recorrido extenso que realizan los camiones cisternas, para realizar el abastecimiento generándose un mayor costo en la logística de distribución de combustibles.

Debido a que la población alteña sabe que la Planta de Senkata es el punto estratégico de las protestas, se convierte en un blanco fácil del perjuicio para otros sectores e instituciones, se ve limitada la distribución de carburantes impidiendo el correcto comercio y abastecimiento, hacia los surtidores no sólo de la ciudad de El Alto, sino de La Paz y las provincias, provocando escasez ante la falta de distribución de dicho combustible.

## **3. Formulación del Problema de Investigación o Pregunta Científica**

¿De qué manera se puede garantizar un abastecimiento constante de combustibles líquidos en la zona sud de la ciudad de la Paz y sus alrededores?

## **4. Objetivo General**

Realizar un estudio para la implementación de Tanques de Almacenamiento de hidrocarburos líquidos en la zona sud de la ciudad de La Paz, con la finalidad de cubrir la demanda insatisfecha.

## **5. Objetivos Específicos**

- Realizar un diagnóstico sobre la logística de distribución de la actual planta de almacenamiento Senkata.
- Realizar una proyección en el consumo de combustibles para determinar la demanda insatisfecha para el departamento de la ciudad de La Paz.

- Dimensionar la capacidad del área de almacenamiento en función a la proyección descrita en el punto anterior y de igual manera realizar el diseño de los tanques de almacenamiento de hidrocarburos líquidos.
- Realizar la estimación de costos de la Planta de Almacenamiento.

## **6. Diseño Metodológico (Métodos, Técnicas, Procedimientos e Instrumentos de Investigación).**

### **6.1 Tipo de Estudio**

La investigación será del tipo No Experimental Descriptivo, porque se describirá e interpretará el comportamiento de la variable independiente (Implementación de una Planta de Almacenamiento) y de la variable dependiente (garantizar un abastecimiento continuo de hidrocarburos líquidos a la ciudad de La Paz).

### **6.2 Método de Investigación**

Se empleará el método de investigación lógico, ya que se tendrá en cuenta la deducción, análisis, y síntesis de los datos obtenidos durante la ejecución del proyecto, para una posterior toma de decisiones.

### **6.3. Fuentes de Información**

Una fuente primaria es la fuente documental que se considera material de primera mano relativo a un fenómeno que se desea investigar. Las fuentes primarias que se van a utilizar son: Observación, Entrevistas y Documentos. Además, se acudirá a técnicas de investigación como la revisión bibliográfica, entrevista personal a personas especializadas en el tema, páginas de internet, talleres, etc.

### **6.3. Procedimiento para la Recolección y Tratamiento de la Información**

Para la realización del trabajo de procedimientos y recolección de la información se utilizará la técnica de la observación y revisión de la bibliografía. En la que se utilizara paquetes de interpretación de datos, digitalizando la información en un documento Word, PDF, etc.

# **CAPÍTULO No 1**

## **MARCO TEORICO Y CONTEXTUAL**

### **1.1. Marco Teórico**

#### **1.1.1. Hidrocarburos Líquidos.**

Los hidrocarburos líquidos son productos que generan energía o combustibles que pueden ser aprovechados para generar energía mecánica o cinética. La mayoría de los combustibles líquidos actualmente se producen a partir del petróleo, entre los derivados tenemos los diversos tipos de gasolinas, kerosenes, petróleos Diesel, petróleos combustibles y solventes.

##### **1.1.1.1. Tipos de hidrocarburos líquidos derivados del petróleo.**

Los principales combustibles líquidos derivados del petróleo se obtienen mediante la destilación fraccionada del petróleo crudo (mezcla de hidrocarburos y sus derivados que se encuentran desde el metano hasta compuestos bituminosos pesados). A continuación, solo se dará énfasis en describir a los combustibles líquidos que se van a almacenar en la Planta, los cuales son Diesel Oíl (DO), Gasolina Especial (GE).

###### **1.1.1.1.1. Diesel.**

El Diesel es una mezcla de hidrocarburos líquidos de densidad  $0,850 \text{ g/cm}^3 @ 15^\circ\text{C}$ , compuesto principalmente por parafinas, naftenos y componentes aromáticos, que a veces contienen cantidades moderadas de olefinas. Es utilizado principalmente como combustible en calefacción y en motores diésel. Su poder calorífico inferior es de  $35,86 \text{ MJ/l}$  ( $43,1 \text{ MJ/kg}$ ) que depende de su composición. (KRAUS, 2000)

###### **1.1.1.1.2. Gasolina.**

La gasolina es una composición de hidrocarburos obtenida del petróleo por destilación fraccionada, que se utiliza principalmente como combustible para todo tipo de móviles con motor en motores de

combustión interna, estufas, lámparas y para limpieza con disolventes, entre otras aplicaciones. Su densidad es de 680 kg/m, un 20 % menos que la del Diésel. (KRAUS, 2000)

### **1.1.2. Transporte y Almacenamiento de Hidrocarburos.**

Dada la importancia que tiene ese suministro energético, se ha desarrollado una extensa red logística para llevar los combustibles desde la refinería hasta los centros de consumo, este proceso de distribución usa instalaciones y vehículos para el transporte y almacenamiento.

En el caso de combustibles de amplia utilización como la Gasolina, Diesel y combustible para aviación, este complejo sistema incluye a los poliductos, terminales de despacho, camiones de transporte especiales y estaciones de servicio. Las tecnologías de estas instalaciones son diversas y permanentemente actualizadas. Ello asegura la llegada de los combustibles a sus usuarios en los lugares, momentos y cantidades requeridas, con mínimo riesgo para el medio ambiente. (REPSOL YPF, 2004)

#### **1.1.2.1. Tipos de Transporte de Hidrocarburos.**

El transporte de combustibles líquidos desde las refinерías se lo realiza por medio de ductos y camiones cisterna, para llevarlos hacia las Plantas de Almacenamiento y su posterior despacho hasta las estaciones de servicio, se utilizan camiones cisterna, especialmente diseñados y equipados, capaces de transportar desde 10.000,00 Lt de combustible. Aunque actualmente los modernos camiones pueden transportar aproximadamente 35.000,00 Lt de combustible.

#### **1.1.2.2. Almacenamiento de hidrocarburos.**

El Almacenamiento es una actividad indispensable en el transporte y manejo de hidrocarburos. La necesidad de almacenar los recursos energéticos, para controlar mejor su producción, su transporte, su distribución y su utilización es evidente en la medida en que se desea asegurar un abastecimiento abundante y regular de las industrias y de los consumidores.

### **1.1.2.2.1. Tanques de Almacenamiento.**

Los tanques de almacenamiento son generalmente recipientes metálicos destinados al almacenamiento de combustibles líquidos, gases y otros, capaces de almacenar fluidos de manera eficiente dependiendo del diseño, construcción (conforme a normas técnicas establecidas) y de acuerdo a las características del hidrocarburo que va a almacenar.

#### **1.1.2.2.1.1. Clasificación de los tipos de tanques.**

Los tanques de almacenamiento en la industria se clasifican:

<b>Por su construcción:</b>	Empernados y Soldados
<b>Por su forma:</b>	Cilíndricos y Esféricos
<b>Por su función:</b>	Techo Fijo y Techo Flotante.

#### **1.1.2.2.1.2. Componentes de un Tanque de Almacenamiento.**

Los tanques de almacenamiento cuentan con los siguientes dispositivos:

- **Válvulas de venteo presión/vacío.** - Son dispositivos que permiten el ingreso y salida de aire al tanque cuando se realizan operaciones de recepción y despacho de combustibles.
- **Escaleras y plataformas.** - Las escaleras y plataformas tienen la finalidad de situar al personal que así lo requiera, en una zona del tanque que necesite de constante mantenimiento o supervisión, generalmente sobre el techo.
- **Escotilla de medición**  
La boca de medición se coloca sobre el techo del tanque, para utilizarse como tapa para poder sondear el mismo y verificar la cantidad de producto que contiene, temperatura, tomar.

#### **1.1.2.2.1.3. Normas que regulan el diseño y construcción de tanques.**

En nuestro país para la construcción de tanques de Almacenamiento, la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) como ente regulador, dispone del: Reglamento para la Construcción y Operación de Plantas de Almacenaje de Combustibles Líquidos. Como se mencionó con

anterioridad en Bolivia, para el diseño de tanques nos basamos en la API 650, pero estos códigos no cubren todos los aspectos por lo cual recurren a otras normas como ser:

⇒ **Código A.S.T.M**

Se encarga de desarrollar los estándares de las características de los materiales, suministros de servicios y métodos de prueba en casi todas las industrias. La norma A.P.I. 650 se basa en estos estándares para especificar todo lo relacionado con los materiales que se deben utilizar, tipo de material, espesores mínimos, condiciones de rolado, temperaturas de trabajo, esfuerzos permisibles, etc.

⇒ **Código A.S.M.E**

Establece que toda junta soldada deberá realizarse mediante un procedimiento de soldadura, de acuerdo a la clasificación de la junta y que el operador deberá contar con un certificado.

⇒ **Reglamentación N.F.P.A**

Establece procesos y sistemas de seguridad, para el desarrollo y diseminación de conocimiento sobre seguridad contra incendios y de vida. (Código Eléctrico Internacional, Código de Seguridad Humana, Código de Prevención de Fuego y el Código Internacional de Alarmas de Incendios).

**1.1.2.2.1.4. Bases de diseño.**

⇒ **Cálculo de Espesores de Pared por el Método de 1 Pie de la API 650.**- Este método calcula el espesor requerido en puntos de diseño localizados a 1 Pie por encima del borde inferior de cada anillo del cuerpo. El mínimo espesor requerido de cada anillo del cuerpo deberá ser el mayor valor entre los valores calculados por las siguientes ecuaciones:

$$t_d = \frac{2,6 \cdot D \cdot (H - 1) \cdot G}{S_d} + CA \quad \text{Ec. No 1}$$

$$t_d = \frac{2,6 \cdot D \cdot (H - 1)}{S_d} \quad \text{Ec. No 2}$$

Donde:

- $t_d$  = Espesor de Diseño del Cuerpo (Pulg.)
- $D$  = Diámetro Nominal del Tanque (Pies)
- $H$  = Nivel de Diseño del Líquido (Pies)
- $G$  = Gravedad Específica de Diseño del Líquido Almacenado
- $CA$  = Tolerancia a la Corrosión Definida por el Comprador (Pulg.)
- $S_d$  = Esfuerzo Admisible para la Condición de Diseño (lbf/Pulg<sup>2</sup>)
- $S_t$  = Esfuerzo Admisible para la Condición de Prueba Hidrostática (lbf/Pulg<sup>2</sup>)

### ⇒ **Aperturas en el Cuerpo del Cilindro (Manholes, Recepción, Despacho, Drenaje)**

La **API 650** contiene una serie de requerimientos y limitaciones para las aperturas en el cuerpo del cilindro:

- **Manhole del Cuerpo del Cilindro (Entradas hombre horizontales y verticales).**  
Los tanques de Almacenamiento contarán, por lo menos con una entrada hombre en el cuerpo o en el techo con la finalidad de poder realizar limpieza, revisiones o reparaciones en el interior del tanque. Su dimensionamiento se encuentra en la norma API 650. (Estrada, 2001)
- **Boquillas Entrada (Recepción) y Salida (Despacho) del Cuerpo del Cilindro. -**  
Las boquillas son los puntos de ingreso y salida de combustibles en el tanque. En la norma de la **API 650** muestra de manera esquemática los requerimientos que deben cumplir las boquillas de entrada y salida de los tanques de almacenaje, espesores, distancias y requerimientos de refuerzos de los mismos de acuerdo al diámetro nominal de la boquilla.
- **Boquillas de Drenaje del Cuerpo del Cilindro. -** Los tanques de Almacenamiento también deberán contar con una boquilla por lo menos para el drenado de lodos, la cual podrá estar al ras del fondo, dirigidas a un sumidero o por debajo del tanque. (Estrada, 2001)

#### **1.1.3. Equipos complementarios a los Tanques de Almacenamiento.**

Los tanques, están equipadas con distintos y diversos equipos y elementos, que forman parte de las operaciones de recepción y despacho de combustibles líquidos.

### 1.1.3.1. Bombas.

Un equipo de bombeo es un transformador de energía. Recibe energía mecánica, que puede proceder de un motor eléctrico, térmico, etc., y la convierte en energía que un fluido adquiere en forma de presión, de posición o de velocidad. (Viejo Zubicaray, 2001)

### 1.1.3.2. Tuberías.

Las tuberías son conductos cilíndricos de material, diámetro y longitud variable, se identifican por su diámetro interno y su espesor, el cual varía según el tipo y condición del fluido a transportar. Las tuberías están fabricadas de muchos materiales como acero, acero inoxidable, hierro fundido, arcilla vitrificada, cobre y plástico, entre otros.

### 1.1.3.3. Valvulería

Una válvula es un aparato mecánico que detiene o regula la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos. (Montt, 2002)

#### a) Tipos de válvulas.

Todos los tipos de válvulas recaen en nueve categorías: válvulas de compuerta, válvulas de globo, válvulas de bola, válvulas de mariposa, válvulas de apriete, válvulas de diafragma, válvulas de macho, válvulas de retención y válvulas de desahogo (alivio).

➡ **Válvula de alivio.** - Su función es controlar la presión interior de la línea (compensar la expansión térmica del producto), abriendo automáticamente cuando esa presión pasa a determinado valor, para la cual fue calibrada, la cual se denomina “presión de apertura de la válvula” por lo que la válvula de alivio se cierra enseguida, cuando la presión cae por debajo de la presión de apertura. (Montt, 2002)

➡ **Válvula Check.-** Son válvulas de retención. Estas permiten el flujo en un solo sentido y su aplicación principal en la descarga de bombas. Su función principal es prevenir que el flujo bombeado regrese una vez que las bombas se detienen. También evitan que el flujo de retorno provoque un giro inverso en las bombas, lo cual puede en algunos casos, dañar los equipos de bombeo. (E. Luna, 2006)

- ➔ **Válvula de globo.** - La válvula de globo es adecuada para utilizarse en una amplia variedad de aplicaciones, desde el control de caudal hasta el control abierto-cerrado. Cuando el tapón de la válvula está en contacto firme con el asiento, la válvula está cerrada. (Montt, 2002)

#### **1.1.3.4. Eliminador de aire.**

El eliminador de aire es un dispositivo diseñado para extraer volúmenes libres o acumulados de aire o vapor del sistema de medición de líquido para lograr resultados de medición precisos. (Pefow Equipamientos S.A., 2005)

#### **1.1.3.5. Controlador Accuload.**

El controlador permite medir el combustible que será despachado desde los camiones cisterna hasta el tanque en condiciones ambientales. La temperatura ambiente máxima no debe exceder los 140° F (60° C) para asegurar que no se exceda el límite de temperatura interior.

#### **1.1.3.6. Manifold de recepción.**

La distribución en el Manifold se realiza mediante válvulas de bola y válvulas de doble bloqueo y drenaje en los tramos que van desde el Manifold hacia los estanques. Cuenta con una válvula, un filtro, con un filtro de respaldo y la válvula de corte de la línea, además de instrumentación para medir presión y temperatura. (Pefow Equipamientos S.A., 2005)

#### **1.1.3.7. Válvulas de control Smith Meter.**

La válvula de control Smith Meter Modelo 210, se usa típicamente en conjunción con ya sea la Accuload Smith Meter o Controladores preestablecidas, para carga y descarga de los camiones cisterna, en plantas a almacenamiento, o instalaciones de procesamiento.

#### **1.1.3.8. Medidor Smith Meter.**

Permite medir y registrar el flujo de caudal, que está siendo despachado desde los tanques hacia los camiones cisterna en los puntos de despacho. Estos equipos suelen colocarse en

línea con la tubería que transporta el fluido. También suelen llamarse medidores de caudal o medidores de flujo.

#### **1.1.3.9. Brazo de carga de combustibles.**

Este tipo de brazo articulado, es el de mayores aplicaciones, debido a su facilidad de operación es el utilizado en la carga de camiones que tienen la boca en su parte superior del tanque. La cualidad principal de este brazo es la maniobrabilidad que le dan las diferentes articulaciones reemplazando el uso de las clásicas mangueras. (Pefow Equipamientos S.A., 2005)

#### **1.1.3.10. Filtros Smith Meter.**

Estos elementos evitan el paso de impurezas, que son arrastradas por los líquidos a través de las tuberías en las operaciones de planta. Permiten que se almacene un producto dentro de las especificaciones de calidad establecidos.

#### **1.1.3.11. Estructuras de despacho.**

Para utilizar los brazos cargadores de camiones, es aconsejable montarlos sobre una estructura apta para esta Área, estos módulos de carga deben contar con accesorios apropiados como escalera de acceso, plataforma basculante y barandas perimetrales. La estructura debe ser fuerte y diseñada para las condiciones de trabajo que va a realizar.

### **1.2. Marco Contextual**

#### **1.2.1. Demanda de combustibles en el departamento de La Paz.**

La Planta de Almacenamiento de Hidrocarburos líquidos que se pretende instalar en la Zona Sud de la ciudad de La Paz, tendrá una cobertura de abastecimiento que considera 8 Macro Distritos que se presentan a continuación: Zona Sur, Mallasa, Cotahuma, Centro, Max Paredes, Periférica, San Antonio y Zongo; Cubriendo de esta manera las necesidades de aproximadamente 1.900.786,00 de habitantes.

### 1.2.2. Demanda Actual y Proyectada.

En las siguientes tablas, se puede apreciar la demanda actual de combustibles líquidos, como ser el Diesel Oíl y Gasolina Especial expresada en metros cúbicos por día (m<sup>3</sup>/día):

**Tabla No 1.1. LA PAZ, VENTA DE DIESEL (DO), (M<sup>3</sup>/DÍA)**

<b>AÑOS</b>	<b>DESPACHO ANUAL (m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>DESPACHO MENSUAL (m<sup>3</sup>/mes)</b>	<b>DESPACHO DIARIO (m<sup>3</sup>/día)</b>
2014	264.320,77	22.026,73	734,22
2015	282.823,23	23.568,60	785,62
2016	302.620,85	25.218,40	840,61
2017	323.804,31	26.983,69	899,46
2018	346.470,61	28.872,55	962,42

Fuente: Gerencia Nacional de Comercialización-YPFB, 2018

**Tabla No 1.2. LA PAZ, VENTA DE GASOLINA ESPECIAL, (M<sup>3</sup>/DÍA)**

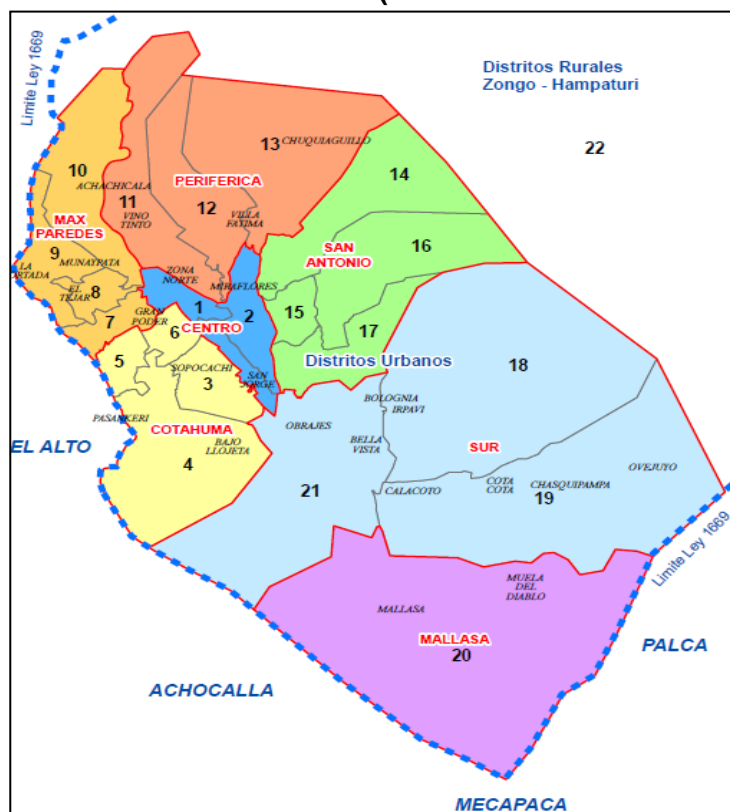
<b>AÑOS</b>	<b>DESPACHO ANUAL (m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>DESPACHO MENSUAL (m<sup>3</sup>/mes)</b>	<b>DESPACHO DIARIO (m<sup>3</sup>/día)</b>
2014	366.413,80	30.534,48	1.017,82
2015	392.062,76	32.671,90	1.089,06
2016	419.507,16	34.958,93	1.165,30
2017	448.872,66	37.406,05	1.246,87
2018	480.293,74	40.024,48	1.334,15

Fuente: Gerencia Nacional de Comercialización-YPFB, 2018

### 1.2.3. Dimensionamiento de la Planta en base al Análisis del Estudio de Mercado de Hidrocarburos Líquidos.

La Planta de Almacenamiento de Hidrocarburos líquidos que se pretende diseñar en la Zona Sud de la ciudad de La Paz, tendrá una cobertura de abastecimiento que considera 8 Macrodistrictos que comprenden el municipio de la ciudad de La Paz los cuales se presentan a continuación en la Figura siguiente:

**Figura No 1.1. MUNICIPIO DE LA PAZ (MACRO DISTRITOS Y DISTRITOS)**



**Fuente:** Elaboración propia, en base al Dossier Estadístico del Departamento de La Paz, 2018

**Tabla No 1.3. DEMANDA PROYECTADA DE GE**

MACRODISTRITOS	
1. Sur	4. Centro
2. Mallasa	5. Max Paredes
3. Cotahuma	6. Periférica
4. San Antonio	7. Zongo

**Fuente:** Elaboración propia, en base al Dossier Estadístico del Departamento de La Paz, 2018

Cubriendo de esta manera los requerimientos de 29 estaciones de servicio que se encuentran en el área urbana; que distribuyen los combustibles al municipio paceño que concentra el 19,3% del parque automotor del departamento según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), a continuación, se los describe en la siguiente tabla:

**Tabla No 1.4. REGISTRO Y UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE SERVICIO DEL ÁREA DE INFLUENCIA**

<b>Nº</b>	<b>ESTACIONES DE SERVICIO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>TIPO DE COMBUSTIBLE QUE DISTRIBUYE</b>
1	"PLAZA DEL PERIODISTA-GAS CENTRO SRL"	Calle Loayza-Esquina Indaburo	GE
2	"JACHA INTI"	Av. Las Américas Entre Calles 3 Y 4-Villa El Carmen	GE
3	"H & S HIDROSER"	Calle Litoral No. 1315 - Zona Miraflores	GE
4	"KANTUTA"	Av. Busch Esq. Calle Honduras No. 885	GE
5	"AGASS - YUPANQUI QUISPE MARCOS"	Almirante Grau Esq. Gral. Gonzales	GE
6	"ANGELITA"	Av. Venezuela No. 22 - San Antonio Bajo	GE
7	"COSTANERA S.R.L."	Av. La Paz - Lipari Esq. Calle No. 5	GE
8	"TUPAC KATARI SRL"	Final Sánchez Lima Esq. Av. Kantutani N° 100	GE – DO
9	"ESUR G.H.S. LTDA."	Calle 21 de Calacoto y Av. José M. Aguirre	GE - DO
10	"SIEMPRE A FULL MIRAFLORES S.R.L."	Avenida Busch Y Nicaragua	GE – DO
11	"ATOMOVIL CLUB BOLIVIANO II"	Calle No. 12 Calacoto Esq. Gral. Inofuentes	GP - GE
12	"Automóvil Club Boliviano - SAN JORGE"	Av. 6 de Agosto Esq. Av. Arce	GP – GE
13	"EL CARMEN"	Carr. De Salida A Los Yungas – Chuquiaguillo	GE - DO
14	"CARBURANTES DEL SUR S.R.L."	Av. 14 de septiembre Esq. Calle 17 – Obrajes	GE - DO
15	"Soc. Ind. Comerc. G.P.L.H. Ltda."	Av. Circunvalación Esq. Juan De La Cruz	GE - DO
16	"LUBRICAN S.R.L."	Av. Periférica Y Litoral	GE - DO
17	"CHASQUIPAMPA S.R.L."	Av. Chasquipampa Final s/n	GE - DO
18	"CHALY"	Carretera La Paz - Yungas - Zona Chuquiaguillo	GE - DO

19	"BASSAM LTDA"	Av. Hernando Siles Esq. Calle 1 Obrajes	GE - DO
20	"COTA COTA"	Av. Muñoz Reyes Esq. Calle 28	GE - DO
21	"SALIDA LTDA."	Urb. Providencia - Alto Valle de La Luna	GE - DO
22	"VOLCAN S.R.L."	Avenida Montes Esq. Av. Pando	GE - DO
23	"MOTORECO S.R.L. "	Av. Tejada Sorzano No. 1518	GE - DO
24	"CRISTO AUTO GAS S.R.L."	Av. Chacaltaya No. 804. Zona Achachicala	GE - DO
25	"MARANATHA"	Carretera La Paz - Cotapata Km. 13	GE - DO
26	"GAS MAY S.R.L."	Carr. La Paz-Yungas Km. 6½	GE - DO
27	"GRUPO DELTA SRL"	Av. De Las Américas Esq. Av. Las Delicias	GE - DO
28	"JAIMES FREYRE"	Av. Jaimes Freyre Esq. Valentin Abecia	GE - DO
29	"SERVIFULL S.R.L."	Av. Pasoskanki No. 1650 Casi esq. Brasil	GE - DO

Fuente: Elaboración propia, 2018

#### 1.2.4. Demanda Proyectada.

Para realizar la proyección de la demanda de combustibles para el departamento de La Paz, se tomará en cuenta el siguiente punto:

- La tasa de crecimiento del Estudio de Demanda y Oferta elaborado como documento de trabajo para el Plan de Inversiones 2.016 – 2.027, adoptada para el pronóstico de la demanda de Diesel y Gasolina, será del 7%. (PLAN NACIONAL DE INVERSIONES, 2012)

Por consiguiente, se adopta el 7% (tasa de crecimiento de la demanda de GE y DO, para el período 2.017 a 2.028; en base a los datos obtenidos de YPFB Corporación, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla No 1.5. DEMANDA PROYECTADA DE GE**

<b>AÑOS</b>	<b>M<sup>3</sup>/AÑO</b>	<b>M<sup>3</sup>/MES</b>	<b>M<sup>3</sup>/DÍA</b>
2018	480.293,74	40.024,48	1.334,15
2019	513.914,30	42.826,19	1.427,54
2020	549.888,30	45.824,03	1.527,47
2021	588.380,49	49.031,71	1.634,39
2022	629.567,12	52.463,93	1.748,80
2023	673.636,82	56.136,40	1.871,21
2024	720.791,40	60.065,95	2.002,20
2025	771.246,79	64.270,57	2.142,35
2026	825.234,07	68.769,51	2.292,32
2027	883.000,45	73.583,37	2.452,78
2028	944.810,49	78.734,21	2.624,47
2029	1.010.947,22	84.245,60	2.808,19

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tomando los valores del año 2018 y con el dato de proyección del 2.029, los volúmenes demandados por día, semana y mes, tenemos:

**Tabla No 1.6. VOLÚMENES DEMANDADO DE GE**

<b>M<sup>3</sup>/AÑO</b>	<b>M<sup>3</sup>/MES</b>	<b>M<sup>3</sup>/MES</b>	<b>M<sup>3</sup>/DÍA</b>
715.975,93	59.664,66	13.921,75	1.988,82

Fuente: Elaboración propia, 2019

En base a los datos obtenidos de demanda de GE, se tiene el volumen a considerar para el dimensionamiento de la Planta, considerando un stock de seguridad 11 días.

**Tabla No 1.7. DATOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES DE GE**

<b>PRODUCTO</b>	<b>VOLUMEN DEMANDADO AL 2018 (M<sup>3</sup>)</b>	<b>VOLUMEN PROYECTADO AL 2029 (M<sup>3</sup>)</b>	<b>PROMEDIO 2018-2029 (M<sup>3</sup>/DÍA)</b>	<b>VOLUMEN CON STOCK DE SEGURIDAD DE 11 DÍAS M<sup>3</sup></b>
GE	1.334,15	2.808,19	2.071,17	22.782,87

Fuente: Elaboración propia, 2019

A continuación, se presentan los volúmenes de DO demandados, considerando una tasa de crecimiento en la demanda del 7%:

**Tabla No 1.8. DEMANDA PROYECTADA DE DO**

<b>AÑOS</b>	<b>M<sup>3</sup>/AÑO</b>	<b>M<sup>3</sup>/MES</b>	<b>M<sup>3</sup>/DÍA</b>
2018	346.470,61	28.872,55	962,42
2019	370.723,56	30.893,63	1.029,79
2020	396.674,21	33.056,18	1.101,87
2021	424.441,40	35.370,12	1.179,00
2022	454.152,30	37.846,02	1.261,53
2023	485.942,96	40.495,25	1.349,84
2024	519.958,97	43.329,91	1.444,33
2025	556.356,10	46.363,01	1.545,43
2026	595.301,02	49.608,42	1.653,61
2027	636.972,09	53.081,01	1.769,37
2028	681.560,14	56.796,68	1.893,22
2029	729.269,35	60.772,45	2.025,75

Fuente: Elaboración propia, 2019

De la misma forma que en el caso de la GE, se determinará tomando los valores del año 2018 y con el dato de proyección del 2029 de DO:

**Tabla No 1.9. VOLÚMENES DE DO**

<b>M<sup>3</sup>/AÑO</b>	<b>M<sup>3</sup>/MES</b>	<b>M<sup>3</sup>/SEMANA</b>	<b>M<sup>3</sup>/DÍA</b>
516.485,23	43.040,44	10.042,77	1.434,68

Fuente: Elaboración propia, 2019

El volumen de Diesel Oíl, para el dimensionamiento de la capacidad también se tomará en cuenta el stock de seguridad de 11 días:

**Tabla No 1.10. DATOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES DE DO**

<b>PRODUCTO</b>	<b>VOLUMEN DEMANDADO AL 2018 (M<sup>3</sup>)</b>	<b>VOLUMEN PROYECTADO AL 2029 (M<sup>3</sup>)</b>	<b>PROMEDIO 2018 - 2029 (M<sup>3</sup>/DÍA)</b>	<b>VOLUMEN CON STOCK DE SEGURIDAD DE 11 DÍAS M<sup>3</sup></b>
DO	962,42	2.025,75	1.494,08	16.434,94

Fuente: Elaboración propia, 2019

La capacidad de almacenaje es importante para garantizar el abastecimiento del mercado interno de carburantes y contar con un adecuado stock de seguridad, abastecimiento que debe regirse bajo el principio de continuidad, con la finalidad de satisfacer las necesidades energéticas del conjunto de la población. A continuación, se muestra un resumen del stock de seguridad (días) para Diesel Óil (DO) y Gasolina Especial (GE):

**Tabla No 1.11. PERIODO DE SEGURIDAD POR DÍAS**

ÁREA	PLANTA	PRODUCTO	DESPACHO PROMEDIO M <sup>3</sup> /DÍA	CAPACIDAD DE ALMACENAJE EXISTENTE (M <sup>3</sup> )	SEGURIDAD ENERGÉTICA (DÍAS)
ÁREA OCCIDENTE	SENKATA	DO	800,90	8.212,30	10
		GE	792,60	7.431,80	9

**Fuente:** Elaboración propia en base al Plan de inversiones de YPFB Corporación, 2009-2015

Se puede notar que la Planta no cumple con el periodo de seguridad energética de 30 días de las principales ciudades del eje troncal que establece la Estrategia Nacional de Hidrocarburos, es por tanto que la nueva Planta vendría garantizar la continuidad de la distribución de combustibles en la zona.

## CAPÍTULO II

### MARCO PRÁCTICO

#### 2.1. Ubicación y distribución de la planta.

##### 2.1.1. Ubicación.

La Planta de recepción, almacenaje y despacho de hidrocarburos líquidos, estará ubicada en el Barrio de Bajo Seguencoma, en la Zona de Obrajes perteneciente al Macrodistrito Sur del Municipio de La Paz, a una distancia de 7 Km. del centro de la ciudad de La Paz.

**Figura No 2.1. UBICACIÓN PLANTA DE ALMACENAJE ZONA DE OBRAJES**



**Fuente:** Google Earth, 2019

A continuación se podrán apreciar fotos del terreno, el cual se encuentra ubicado en la Zona Sud de la ciudad de La Paz, específicamente en el Barrio de Bajo Seguencoma.

La superficie del terreno el cual tiene una superficie de 7200 m<sup>2</sup>.

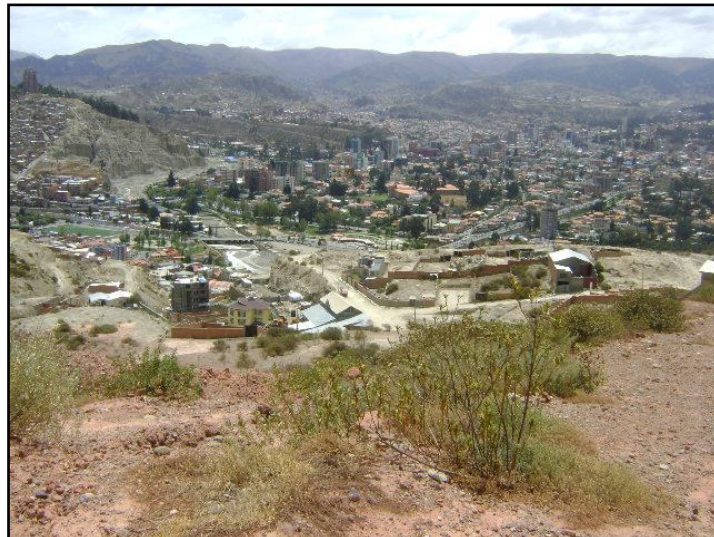
**Figura No 2.2. VISTA PANORÁMICA DE LA ZONA DE OBRAJES**



**Fuente:** Cortesía YPFB Logística, 2017

Alrededor del terreno se encuentran pocas viviendas, lo cual es trascendental tomando en cuenta la seguridad que debe brindar una Planta de Almacenamiento, además contempla un lugar importante debido a la cercanía de la Planta de Senkata, que a futuro permita la implementación de un poliducto que facilite el abastecimiento de la nueva Planta.

**Figura No 2.3. CASAS ALEDAÑAS A LA ZONA DEL EMPLAZAMIENTO**



**Fuente:** Cortesía YPFB Logística, 2017

### **2.1.2. Descripción del terreno.**

El terreno que se dispone por parte de YPFB, tiene las siguientes características:

- Se encuentra ubicado a 7 km desde la zona sur hacia el centro paceño.
- Cuenta con una superficie de 7.200,00 m<sup>2</sup> de forma rectangular, presenta una topografía con pendiente moderada y escasa vegetación.
- Alrededor de la misma, existen unas cuantas viviendas además de terrenos libres, lo cual se debe tomar en cuenta para que a futuro no se generen riesgos con la construcción de la Planta de Almacenamiento.
- Para la accesibilidad al terreno se cuenta con caminos ripiados, pero a futuro estos deberán ser mejorados.

### **2.1.3. Logística de abastecimiento de La Planta.**

La Planta de manera inicial, será abastecida mediante camiones cisternas de capacidades de hasta 35.000,00 Litros, estas son cisternas de gran capacidad de transporte, en comparación con aquellas que distribuyen los combustibles a las estaciones de servicio.

## **2.2. Diseño de la Planta**

En el presente punto se tomarán las consideraciones correspondientes, para realizar el dimensionamiento de los tanques y de los equipos que tendrá la Planta de Almacenamiento.

### **2.2.1. Diseño de los Tanques de Almacenamiento.**

De acuerdo a los conceptos mencionados en el marco teórico, se determina lo siguiente:

- Los tanques de Diesel Oil serán de techo fijo, debido a que este tipo de tanque se utiliza para almacenar líquidos, que no son volátiles o de bajo contenido de livianos (es decir no inflamables).
- Los tanques de Gasolina Especial serán de techo flotante interno, ya que no permite la generación de mezclas explosivas que podrían crear riesgos en cercanías del tanque.

Otra consideración de importancia es la clase de hidrocarburos a almacenar; en función de esto se determina la siguiente tabla:

**Tabla No 2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS COMBUSTIBLES A ALMACENAR EN LA PLANTA SUR LA PAZ**

<b>PLANTA SUR LA PAZ</b>		
<b>Producto</b>	<b>Diesel Oíl</b>	<b>Gasolina Especial</b>
<b>Gravedad Especifica</b>	0,85	0,72
<b>Tipo de Combustible</b>	Clase II	Clase IB
<b>Tipo</b>	Atmosférico Vertical	Atmosférico Vertical
<b>Techo</b>	Fijo	Flotante

Fuente: Elaboración propia, 2018.

### 2.2.1.1. Dimensionamiento de los Tanques.

Para determinar las dimensiones de los tanques, se tomará en cuenta los siguientes aspectos:

- Los volúmenes que deberán contener los tanques de almacenamiento, de acuerdo al estudio de mercado, son los siguientes:
  - Para la Gasolina Especial se deberá almacenar un volumen de 14.498,19 m<sup>3</sup>.
  - Para el Diesel Oil se deberá almacenar un volumen de 10.458,56 m<sup>3</sup>.
- El terreno destinado para el área de almacenamiento será de 1.725 m<sup>2</sup>.

Los tanques de Almacenamiento serán de tipo Vertical cilíndrico, por tal motivo para cubrir la demanda de combustibles requerida, se tendrán:

- Para la Gasolina Especial se dispondrá de 2 Tanques de almacenamiento de 8.000,00 m<sup>3</sup>.
- Para el Diesel Oil se dispondrá de 2 Tanques de almacenamiento de 6.000,00 m<sup>3</sup>.

De acuerdo con la superficie asignada para el área de almacenamiento y tomando en cuenta una proyección para futuras expansiones se tendrá:

- Para los tanques de Gasolina Especial, tomando en cuenta una plancha de acero de 2,5 m de alto, se estima una altura de 17,5 m y diámetro de 24,2 m.
- Para los tanques de Diesel Oil, de igual manera, tomando en cuenta una plancha de acero de 2,5 m de alto, se estima una altura de 15 m y diámetro de 22,5 m.

### 2.2.1.2. Ubicación de los Tanques

Las distancias mínimas que deberán existir entre los nuevos tanques y las instalaciones adyacentes o vías públicas (dentro de las Plantas), deberán estar de acuerdo a lo establecido en la norma NFPA y se las presenta en la siguiente tabla:

**Tabla No 2.2. DISTANCIA MINIMA ENTRE TANQUES DE ALMACENAMIENTO.**

TANQUES	DISTANCIAS ENTRE TANQUES	
	Pulg (")	Pies (ft)
Diesel Oíl – Diesel Oíl	3,55	11,66
Gasolina Especial–Gasolina Especial	4,61	15,11
Diesel Oíl – Gasolina Especial	4,07	13,9

Fuente: Elaboración propia, en base al Código NFPA 30, 1996

### 2.2.1.3. Diseño del Fondo del Tanque.

De acuerdo a la norma API 650 todas las láminas del fondo deberán tener un espesor nominal mínimo de 6,00 mm (0,236"). Las láminas de los bordes del fondo deben tener un ancho mínimo de 1.800,00 mm (72"). Las láminas del piso a ser utilizadas en el fondo del Tanque tendrán un tamaño de entre **2.210,00 mm – 2.500,00 mm** y un espesor de ¼".

### 2.2.1.4. Diseño del Cuerpo del Cilindro del Tanque.

El espesor a tomar en consideración se muestra en la tabla siguiente, tomando en cuenta los diámetros de los tanques que se están dimensionando.

**Tabla No 2.3. ESPESORES DE PARED DE TANQUES**

Nominal Tank Diameter		Nominal Plate Thickness	
(m)	(ft)	(mm)	(in.)
< 15	< 50	5	3/16
15 to < 36	50 to < 120	6	1/4
36 to 60	120 to 200	8	5/16
> 60	> 200	10	3/8

Fuente: Elaboración propia, en base a la Norma API 650, 1998

Se considerará el uso de planchas de 2.500,00 mm x 5.000,00 mm para el Diesel Oíl y Gasolina Especial, debido a que es el más comúnmente utilizado para tanques.

#### 2.2.1.4.1. Esfuerzos Admisibles del material.

El esfuerzo de diseño máximo admisible  $S_d$ , se deberá determinar a partir del menor entre:

- Dos tercios de la Tensión Mínima de Fluencia del material ( $2/3 S_y$ ).
- Dos quintos del Esfuerzo Mínimo a la Tensión del material ( $2/5 S_u$ ).

El esfuerzo de diseño máximo admisible de prueba hidrostática  $S_t$ , se deberá determinar a partir del menor entre: (API 650, 2013)

- Tres cuartos de la Tensión Mínima de Fluencia del material ( $3/4 S_y$ ).
- Tres séptimos del Esfuerzo Mínimo a la Tensión del material ( $3/7 S_u$ ).

#### 2.2.1.4.2. Cálculo de Espesores de Pared por el Método de 1 Pié

A continuación, se procederá con los cálculos de los espesores de pared tanto de diseño como hidrostático. El mínimo espesor requerido de cada anillo del cuerpo deberá ser el **mayor valor** entre los valores calculados por las siguientes:

- **Cálculo de Espesores de Pared Tanques Diesel Oíl.** - El cálculo del Tanque de 10.458,56 m<sup>3</sup> de **Diesel Oíl**, se realizará para las siguientes condiciones de diámetro y altura, que se detallan a continuación:

**Tabla No 2.4. DATOS TANQUES DE DIESEL OÍL**

<b>DIESEL OÍL 10.458,56 m<sup>3</sup> PLANTA SUR LA PAZ</b>				
<b>Volumen = V</b>	<b>10.458,56</b>	m <sup>3</sup>		
<b>Diámetro = D</b>	22,5	m	73,81	Pies
<b>Altura= h</b>	15,00	m	49,21	Pies
<b>Ancho Lámina</b>	2,5	m		
<b>N° de Virolas</b>	6			

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Asimismo, se considerará una altura máxima de operación correspondiente al 90% de la Capacidad Total del Tanque:

**Tabla No 2.5. ALTURA MÁXIMA DE OPERACIÓN DE TANQUES DE DO**

<b>TANQUE DIESEL OIL 10.458,56 m<sup>3</sup> PLANTA SUR LA PAZ</b>				
<b>h =</b>	15,00	m	10.458,56 m <sup>3</sup> <b>(100%)</b>	9.412,70 m <sup>3</sup> <b>(90%)</b>
<b>D =</b>	22,5	m		
<b>Altura Máxima de Operación (90%)</b>				
<b>h máx =</b>	13,5	m	9.412,70	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>h máx =</b>	44,29	Pies		

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para el Material Especificado **ASTM A-36** se deberán utilizar los siguientes valores de **S<sub>d</sub>** y **S<sub>t</sub>**, y se procede con el cálculo de los esfuerzos admisibles:

**Tabla No 2.6. ESFUERZOS ADMISIBLES DEL MATERIAL DE LAS PLANCHAS**

<b>TANQUE DIESEL OÍL 10.458,56 m<sup>3</sup> PLANTA SUR LA PAZ</b>		
<b>Material</b>	ASTM A-36	
<b>Resistencia Mínima de Fluencia</b>	36.000,00 Psi	
<b>Resistencia a la Tensión</b>	58.000,00 Psi	
<b>Esfuerzo Admisible para la Condición de Diseño S<sub>d</sub></b>		
<b>Menor Entre</b>	<b>2/3 Fluencia</b>	<b>2/5 Tensión</b>
	24.000,00 Psi	<b>23.200,00 Psi</b>
<b>Esfuerzo Admisible para la Condición de Prueba Hidrostática S<sub>t</sub></b>		
<b>Menor Entre</b>	<b>3/4 Fluencia</b>	<b>3/7 Tensión</b>
	27.000,00 Psi	<b>24.857,14 Psi</b>

Fuente: Elaboración propia, en base a la Norma API 650, 2020

Por lo tanto, el cálculo de los espesores nominales de las 6 virolas, se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones: Tolerancia a la corrosión de 1/16" (0,0625 Pulg.), Gravedad Específica para Diesel Oíl de 0,82 y Ancho de plancha 8,20 pies (2,5 m).

**Tabla No 2.7. CÁLCULO DE LOS ESPEORES DE LAS VIROLAS DE LOS TANQUES DE DO**

VIROLA	CRITERIO DE CÁLCULO	ESPESOR CALCULADO	UNIDADES	ESPESOR COMERCIAL	ESPESOR COMERCIAL ASUMIDO
1 <sup>ra</sup> Virola (Inferior)	Diseño	0.360	Pulg.	3/8"	3/8"
	Hidrostática	0.338	Pulg.	3/8"	
2 <sup>da</sup> Virola	Diseño	0.312	Pulg.	5/16"	5/16"
	Hidrostática	0.284	Pulg.	5/16"	
3 <sup>ra</sup> Virola	Diseño	0.258	Pulg.	5/16"	5/16"
	Hidrostática	0.222	Pulg.	5/16"	
4 <sup>ta</sup> Virola	Diseño	0.204	Pulg.	1/4"	1/4"
	Hidrostática	0.160	Pulg.	3/16"	
5 <sup>ta</sup> Virola	Diseño	0.149	Pulg.	3/16"	3/16"
	Hidrostática	0.099	Pulg.	1/8"	
6 <sup>ta</sup> Virola	Diseño	0.095	Pulg.	1/8"	1/8"
	Hidrostática	0.037	Pulg.	1/16"	

Fuente: Elaboración propia, 2020

Para la selección del espesor de las planchas, se realizó un análisis comparativo:

**Tabla No 2.8. ESPEORES COMERCIALES DE PLANCHAS**

Espeores Comerciales	1/16"	1/8"	3/16"	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"
	0,0625	0,1250	0,1875	0,25	0,3125	0,375	0,4375	0,50

Fuente: Elaboración propia, 2020

- **Cálculo del Espesor de Pared en los Tanques de Gasolina Especial.** - El cálculo para los Tanques de 8.000,00 m<sup>3</sup> de GE, se realizará para las siguientes condiciones:

**Tabla No 2.9. DATOS TANQUES DE GASOLINA ESPECIAL**

DIESEL OÍL 14.498,19 m <sup>3</sup> PLANTA SUR LA PAZ				
Volumen = V	6.000,00	m <sup>3</sup>		
Diámetro = D	24,2	m	79,39	Pies
Altura = H	17,50	m	57,41	Pies
Ancho Lámina	2,5	m		
N° de Virolas	7			

Fuente: Elaboración propia, 2020

Asimismo, se considerará una altura máxima de operación, correspondiente al 90% de la capacidad total del Tanque.

**Tabla No 2.10. ALTURA MÁXIMA DE OPERACIÓN**

<b>TANQUES GASOLINA ESPECIAL</b>				
<b>H =</b>	17,50	m	6.000,00 m <sup>3</sup> <b>(100%)</b>	5.400,00 m <sup>3</sup> <b>(90%)</b>
<b>D =</b>	24,2	m		
<b>Altura Máxima de Operación (90%)</b>				
<b>H máx</b>	15,75	m	5.400,00	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>H máx</b>	51,67	Pies		

Fuente: Elaboración propia, 2020.

De acuerdo a la norma API 650, se deberán utilizar los siguientes valores de  $S_d$  y  $S_t$ :

**Tabla No 2.11. ESFUERZOS ADMISIBLES DEL MATERIAL**

<b>TANQUES GASOLINA ESPECIAL PLANTA SUR LA PAZ</b>		
<b>Material</b>	ASTM A-36	
<b>Resistencia Mínima de Fluencia</b>	36.000,00 Psi	
<b>Resistencia a la Tensión</b>	58.000,00 Psi	
<b>Esfuerzo Admisible para la Condición de Diseño <math>S_d</math></b>		
<b>Menor Entre</b>	<b>2/3 Fluencia</b>	<b>2/5 Tensión</b>
	24.000,00 Psi	<b>23.200,00 Psi</b>
<b>Esfuerzo Admisible para la Condición de Prueba Hidrostática <math>S_t</math></b>		
<b>Menor Entre</b>	<b>3/4 Fluencia</b>	<b>3/7 Tensión</b>
	27.000,00 Psi	<b>24.857,14 Psi</b>

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tomando en cuenta las siguientes consideraciones: Tolerancia a la corrosión de 1/16" (0,0625 Pulg.), GE para Diesel Oíl de 0,72. Ancho de plancha 8,20 pies (2,5 m).

**Tabla No 2.12. CÁLCULO DE LOS ESPESORES DE LAS VIOLAS DE LOS TANQUES DE DO**

VIOLA	CRITERIO DE CÁLCULO	ESPEJOR CALCULADO	UNIDADES	ESPEJOR COMERCIAL	ESPEJOR COMERCIAL ASUMIDO
1 <sup>ra</sup> Viola	Diseño	0,387	Pulg.	7/16"	7/16"
	Hidrostática	0,420	Pulg.	7/16"	
2 <sup>da</sup> Viola	Diseño	0,342	Pulg.	3/8"	3/8"
	Hidrostática	0,362	Pulg.	3/8"	
3 <sup>ra</sup> Viola	Diseño	0,291	Pulg.	5/16"	5/16"
	Hidrostática	0,296	Pulg.	5/16"	
4 <sup>ta</sup> Viola	Diseño	0,240	Pulg.	1/4"	1/4"
	Hidrostática	0,229	Pulg.	1/4"	
5 <sup>ta</sup> Viola	Diseño	0,189	Pulg.	1/4"	1/4"
	Hidrostática	0,163	Pulg.	3/16"	
6 <sup>ta</sup> Viola	Diseño	0,137	Pulg.	3/16"	3/16"
	Hidrostática	0,097	Pulg.	1/8"	
7 <sup>ma</sup> Viola	Diseño	0,086	Pulg.	1/8"	1/8"
	Hidrostática	0,030	Pulg.	1/16"	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

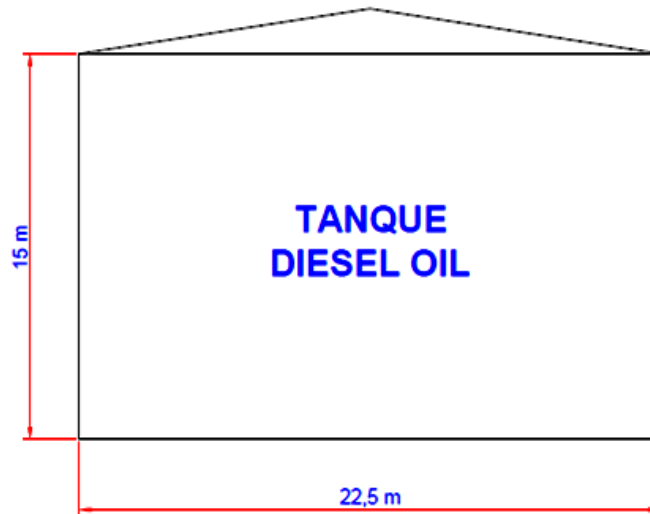
En la figura siguiente, se puede observar las dimensiones de los tanques de almacenamiento:

**Figura No 2.4. DIMENSIONES DE LOS TANQUES DE GASOLINA ESPECIAL**



Fuente: Elaboración propia, 2020

**Figura No 2.5. Dimensiones de los tanques de Diesel Oil**



Fuente: Elaboración propia, 2020

#### 2.2.1.4.3. Aperturas en el Cuerpo

A continuación, se determinarán los diámetros y espesores de las distintas aperturas:

- **Manhole Cuerpo del Cilindro.** - Para determinar los espesores de la lámina de cubierta del Manhole, así como de la brida sujeta con espárragos se utiliza el **Máximo Nivel** de Diseño del Líquido en pies, el cual se resume en la siguiente tabla:

**Tabla No 2.13. MÁXIMO NIVEL DE DISEÑO DEL LÍQUIDO EN LOS TANQUES**

TANQUES	ALTURA NOMINAL		MÁXIMO NIVEL DE DISEÑO			
Diesel Oil (10.458,56 m <sup>3</sup> )	H	15	m	H <sub>máx</sub>	13,5	m
		49,21	Pies		44,29	Pies
Gasolina Especial (14.498,19 m <sup>3</sup> )	H	17,5	m	H <sub>máx</sub>	15,75	m
		57,41	Pies		51,67	Pies

Fuente: Elaboración propia, 2020

Con estos valores, es posible determinar los espesores mínimos para la plancha de la cubierta ( $t_c$ ) y el espesor mínimo de la brida ( $t_r$ ), para un Manhole de 36" de diámetro para los tanques de GE y de 30" para los tanques de DO.

**Tabla No 2.14. ESPESORES DE BRIDA Y CUBIERTA DE MANHOLE**

Tanque	Manhole	Espesores mínimos lámina de la cubierta ( $t_c$ )	Espesor mínimo de la brida ( $t_f$ )	Tolerancia a la corrosión	Espesor final ( $t_c$ )	Espesor final ( $t_f$ )
Gasolina Especial	36"	11/16"	9/16	1/16"	3/4"	5/8"
Diesel Oíl	30"	9/16"	7/16"	1/16"	5/8"	1/2"

Fuente: Elaboración propia, 2020

Para un espesor de pared ( $t$ ), equivalente al espesor del refuerzo ( $T$ ), para determinado diámetro de Manhole de 30" y 36", tomando en cuenta los espesores de pared de las primeras virolas de los tanques de DO y GE incluida una tolerancia a la corrosión de 1/16".

**Tabla No 2.15. RELACIÓN ENTRE ESPESORES DE PARED**

Tanques	Espesor 1 <sup>ra</sup> Virola		Espesor del Refuerzo		Espesor Cuello Manhole		Espesor Cuello Manhole Incluida Tolerancia	
Diesel Oíl (10.458,56 m <sup>3</sup> )	$t =$	3/16"	$T =$	3/16"	$t_n =$	3/16"	$t_n =$	1/4"
Gasolina Especial (14.498,19 m <sup>3</sup> )		3/16"		3/16"		3/16"		1/4"

Fuente: Elaboración propia, 2020

Las dimensiones para el espesor mínimo de la tubería de boquilla bridada, así como las soldaduras de filete boquilla – refuerzo y refuerzo – cuerpo del cilindro para un espesor de pared del cuerpo del cilindro de 3/16" calculado para las primeras virolas de los Tanques de Diesel Oíl y para los Tanques de Gasolina Especial.

- **Manhole Techo.-** Para los Tanques de Diesel Oíl de 6.000,00 m<sup>3</sup>, así como los Tanques de Gasolina Especial de 8.000,00 m<sup>3</sup>, el diámetro del Manhole del Techo corresponde a **20" y 24"**.
- **Inhalación (Alivio de Vacío).** - El requerimiento de capacidad de venteo, para el flujo máximo de salida del tanque debería ser el equivalente a 0.94 Nm<sup>3</sup>/h (metros cúbicos normales por hora) de aire, por cada metro cúbico por hora, de la máxima tasa de vaciado para líquidos de cualquier Punto de Inflamación.

- **Exhalación (Alivio de Presión).** - Para Líquidos con un Punto de Inflamación por Encima de 100°F (37.8°C). Los requerimientos de capacidad de venteo, para el flujo máximo de entrada al tanque y la vaporización resultante, para líquidos con un Punto de Inflamación de 100°F (37.8°C) o mayor.
- **Exhalación (Alivio de Presión).** - Para Líquidos con un Punto de Inflamación por Debajo de 100°F (37.8°C). Los requerimientos de capacidad de venteo, para el flujo máximo de entrada al tanque y la vaporización resultante, para líquidos con un Punto de Inflamación de 100°F (37.8°C) o menor.

**Tabla No 2.16. CAPACIDADES DE VENTEO DE VÁLVULAS PRESIÓN-VACIO**

Tanques	Flujo Máximo de Salida del Tanque [m <sup>3</sup> /h]	Inhalación Flujo Máximo de Salida del Tanque [Nm <sup>3</sup> /h] considerando 0	Inhalación Térmica [Nm <sup>3</sup> /h]	Capacidad Inhalación Total [Nm <sup>3</sup> /h]
Diesel Oíl (789,50 m <sup>3</sup> )	408,96	384,42	133,13	517,55
Gasolina Especial (1.500,00 m <sup>3</sup> )	545,10	512,39	253,00	765,39
Tanques	Flujo Máximo de Entrada al Tanque [m <sup>3</sup> /h]	Exhalación Flujo Máximo de Entrada del Tanque [Nm <sup>3</sup> /h]	Exhalación Térmica [Nm <sup>3</sup> /h]	Capacidad Exhalación Total [Nm <sup>3</sup> /h]
Diesel Oíl (789,50 m <sup>3</sup> )	408,96	413,05	79,20	492,25
Gasolina Especial (1.500,00 m <sup>3</sup> )	545,10	1.101,10	253,00	1.354,10

Fuente: Elaboración propia, 2020

## 2.3. Evaluación Técnica y Económica

### 2.3.1. Evaluación Técnica.

En el presente punto se describirán las características, que deben poseer los diferentes equipos que son requeridos, para realizar las operaciones de recepción, almacenamiento y despacho de combustibles líquidos.

### 2.3.1.1. Equipos.

### 2.3.1.2. Área de recepción y despacho de Diesel Oíl y Gasolina Especial.

Dentro del sistema de recepción y despacho se cuenta con los siguientes equipos, que se muestran en las siguientes tablas; respectivamente, necesarios para la descarga de combustibles hacia los tanques:

**Tabla No 2.17. EQUIPOS ÁREA DE RECEPCIÓN DE COMBUSTIBLES**

EQUIPOS	MODELO	CARACTERISTICAS	MARCA
Bomba centrífuga		600 GPM	WONTINGTON
Medidor Smith Meter Accuload III	4-B-1-0-2-0 de 750 GPM	750 GPM	FMC Technologies
Controlador Smith Meter	ALIII-S-XP-ALX2	-	FMC Technologies
Filtros Smith Meter	E-40A-40-V-0-G-00 Mesh 40	Con Venteo NPT	FMC Technologies
		Y Medidores de Presión Diferencial de 0 – 30 Psi.	
Eliminadores de Aire Smith Meter	AR-4-2040-3-R2	Con Desaereador RB	FMC Technologies
		Y Sellos de Vitón.	
Válvulas de control	Modelo 210.		

Fuente: Elaboración propia, 2020

**Tabla No 2.18. EQUIPOS ÁREA DE DESPACHO DE COMBUSTIBLES**

EQUIPOS	MODELO	CARACTERISTICAS	MARCA
Brazos de carga			WONTINGTON
Bomba centrífuga		600,00 GMP	FMC Technologies
Medidor Smith Meter Accuload III	4-B-1-0-2-0	750,00 GMP	FMC Technologies
Controlador Smith Meter	ALIII-S-XP-ALX2-A20000		FMC Technologies
Filtros Smith Meter	E-40A-40-V-0-G-00 Mesh 40	Con Desaereador RB	FMC Technologies
		Medidores de Presión	
Válvulas de control	Modelo 210.		

Fuente: Elaboración propia, 2020

### 2.3.1.3. Área de tanques de Diesel Oíl y Gasolina Especial.

En el área de tanques se deberá contar con tanques y tuberías y accesorios:

**Tabla No 2.19. EQUIPAMIENTO ÁREA DE TANQUES**

TANQUES Y EQUIPOS	MATERIAL	UNIDAD	CAPACIDAD
Tanques de DO	Acero ASTM A-36	m <sup>3</sup>	789,50
Tanques de GE	Acero ASTM A-36	m <sup>3</sup>	1.500,00
Tuberías y Accesorios		Global (GBL)	1,00

Fuente: Elaboración propia, 2020

### 2.3.1.4. Infraestructura y obra civil.

La Planta contará con la infraestructura para el funcionamiento óptimo:

**Tabla No 2.20. EDIFICACIONES**

EDIFICACIONES	UNIDAD	CANTIDAD
Estudio de Suelos	GBL	4,00
Limpieza y nivelación del terreno	m <sup>2</sup>	7.200,00
Relleno y compactado de área a construir	m <sup>3</sup>	1.900,00
Construcción cerco perimetral	ml	360,00
Construcción de muros corta fuego	GBL	1,00
Obras Civiles: Oficinas	m <sup>2</sup>	364,76
Obras Civiles: Talleres de Mantenimiento/Almacén	m <sup>2</sup>	107,52
Obras civiles para ambiente: Laboratorio	m <sup>2</sup>	51,52
Obras civiles para ambiente: Sala de Generador	m <sup>2</sup>	56,00
Calles de Circulación (Hormigón)	m <sup>3</sup>	1.947,27
Piso Hormigón Cargaderos y Descargaderos	m <sup>3</sup>	1.820,00

Fuente: Elaboración propia, 2020

### 2.3.1.5. Logística de Abastecimiento de la Planta.

Como ya se mencionó con anterioridad, la nueva Planta de Almacenamiento será abastecida mediante camiones cisterna, con una capacidad de transporte de 35.000,00 litros.

### 2.3.2. Evaluación Económica.

#### 2.3.2.1. Costos de los equipos.

##### 2.3.2.1.1. Costos Área de recepción y despacho de Diesel Oíl y Gasolina Especial.

Para el cálculo del costo, se tomó en cuenta los precios referenciales unitarios de los distintos equipos, de los documentos base de contratación de YPFB Logística.

**Tabla No 2.21. COSTOS DE LOS EQUIPOS DEL ÁREA DE RECEPCIÓN**

<b>EQUIPOS</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO (\$us)</b>	<b>COSTO TOTAL (\$us)</b>
Bomba centrífuga	600 GPM	4	3.600,00	14.400,00
Medidor Smith Meter Accuload III	750 GPM	4	12.608,00	50.432,00
Controlador Smith Meter		2	24.200,00	48.400,00
Filtros Smith Meter		4	3.000,00	12.000,00
Eliminadores de Aire Smith Meter		4	2.000,00	8.000,00
Válvulas de control		4	1.800,00	7.200,00
<b>TOTAL</b>				<b>140.432,00</b>

**Fuente:** Elaboración propia, en base a documentos base de contratación de YPFB 2015

##### 2.3.2.1.2. Costos área de despacho de Diesel Oíl y Gasolina Especial.

Los costos de los equipos del sistema de despacho, se muestran a continuación:

**Tabla No 2.22. COSTOS DE LOS EQUIPOS DEL ÁREA DE DESPACHO**

<b>EQUIPOS</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO (\$us)</b>	<b>COSTO TOTAL (\$us)</b>
Brazos de carga	600 GPM	4	89,50	358,00
Bomba centrifuga	750 GPM	4	3.600,00	14.400,00
Medidor Smith Meter Accuload III		4	12.608,00	50.432,00
Controlador Smith Meter		2	24.200,00	48.400,00
Filtros Smith Meter		4	3.000,00	12.000,00
Válvulas de control		4	8.400,00	7.200,00
<b>CAPACIDAD</b>				<b>132.790,00</b>

**Fuente:** Elaboración propia, en base a documentos base de contratación de YPFB 2015

### 2.3.2.1.3. Costos área de tanques de Diesel Oíl y Gasolina Especial.

En el sistema de Almacenaje, los tanques tendrán un costo aproximado:

**Tabla No 2.23. COSTOS DEL EQUIPAMIENTO ÁREA DE TANQUES**

<b>TANQUES Y EQUIPOS</b>	<b>CAPACIDAD m<sup>3</sup></b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO (\$us)</b>	<b>COSTO TOTAL (\$us)</b>
Tanques de DO	789,50	2	195.338,77	390.677,53
Tanques de GE	1.500,00	2	574.014,23	1'148.615,00
Tuberías y Accesorios	1,00	1	350.000,00	350.000,00
<b>TOTAL</b>				<b>1'889.292,53</b>

**Fuente:** Elaboración propia, en base a precios se referenciales del proyecto Montero, 2020

La estimación de costos de los tanques se la realizó, en base a los costos referenciales de los tanques de almacenamiento, que serán instalados en la nueva Planta Montero y por lo tanto nos permiten tener una idea del costo estimado de acuerdo a su capacidad de almacenaje.

### 2.3.2.2. Costos de infraestructura.

La Planta contará con la infraestructura para el funcionamiento óptimo de la Planta de almacenamiento que contempla, área de oficinas administrativas, talleres y laboratorio cuya implementación se detalla a continuación:

**Tabla No 2.24. EDIFICACIONES**

<b>EDIFICACIONES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO (\$us)</b>	<b>IMPORTE (\$us)</b>
Estudio de Suelos	GBL	4,00	900,00	3.600,00
Limpieza y nivelación del terreno	m <sup>2</sup>	7.200,00	0,45	3.240,00
Relleno y compactado de área a construir	m <sup>3</sup>	1.900,00	11,00	20.900,00
Construcción cerco perimetral	ml	360,00	50,00	18.000,00
Construcción de muros corta fuego	GBL	1,00	180.000,00	180.000,00
Obras Civiles: Oficinas	m <sup>2</sup>	364,76	200,00	72.952,00
Obras Civiles: Talleres de Mantenimiento/Almacén	m <sup>2</sup>	107,52	200,00	21.504,00
Obras civiles para ambiente: Laboratorio	m <sup>2</sup>	51,52	200,00	10.304,00
Obras civiles para ambiente: Sala de Generador	m <sup>2</sup>	56,00	200,00	11.200,00
Calles de Circulación (Hormigón)	m <sup>3</sup>	1.947,27	440,00	856.799,80
Piso Hormigón Cargaderos y Descargaderos	m <sup>3</sup>	1.820,00	440,00	800.800,00
<b>TOTAL</b>				<b>1'999.299,80</b>

**Fuente:** Elaboración propia, en base a presupuestos de construcción de Planta Montero, 2020

La determinación de los costos se lo realizó, en base a presupuestos de construcción, además de contar con precios referenciales de la Planta de Almacenamiento Montero que se encuentra en fase de implementación en el Departamento de Santa Cruz.

### **2.3.2.3. Costo total de la Planta.**

En base a los costos determinados en las distintas áreas de la Planta se efectuará la determinación del costo total de la Planta de Almacenamiento.

**Tabla No 2.25. COSTO TOTAL DE LA PLANTA**

<b>ÁREAS OPERATIVAS</b>	<b>COSTO POR ÁREA (\$us)</b>
Equipos del área de Recepción de combustibles	140.432,00
Equipos del área de Despacho de combustibles	132.790,00
Tanques de Almacenamiento	1'889.292,53
Infraestructura	1'999.299,80
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>4'161.814,33</b>

Fuente: Elaboración propia, 2020

El monto total determinado para el diseño de la Planta de Almacenamiento Sur La Paz, es de **4'161.814,33 \$us.**

## **CAPÍTULO No 3**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **3.1. Conclusiones.**

- Se concluye que la capacidad de almacenamiento de la Planta es de 3.000,00 m<sup>3</sup> de Gasolina Especial y 1.579,00 m<sup>3</sup> de Diesel Oíl, con una proyección de 10 años y una tasa de crecimiento de 7%, que nos permitirá contar con una capacidad de almacenaje óptima y se garantice un abastecimiento continuo.
- Se determinó el emplazamiento y la determinación de áreas de la Planta, por lo que se concluye que la superficie del terreno de 7.200,00 m<sup>2</sup> asignada por YPFB es suficiente y con criterios de expansión.
- Se concluye que el proyecto, contará con la seguridad energética necesaria, teniendo una línea de abastecimiento continuo e ininterrumpido que garantice la seguridad energética en la zona. Con la determinación de la capacidad volumétrica de los tanques de Gasolina Especial como de Diesel Oíl, 2 tanques de 1.500,00 m<sup>3</sup> y 2 tanques 789,50 m<sup>3</sup> respectivamente; que permitirán contar con un stock de seguridad de 7 días como lo establece la Estrategia Boliviana de Hidrocarburos para plantas intermedias.
- Se determinó el costo estimado del Diseño de Planta, el cual asciende a un costo de dólares CUATRO MILLONES CIENTO SESENTA Y UN MIL OCHOCIENTOS CATORCE (4'161.814,00 \$us),

#### **3.2. Recomendaciones.**

- Se recomienda la implementación del proyecto, debido a que la ciudad de La Paz es una de las ciudades del eje central de nuestro país, que ha mostrado un crecimiento importante y que se ve perjudicada en sus actividades ante la paralización de la distribución de combustibles.
- Se recomienda considerar la ampliación de la capacidad de almacenamiento de la Planta de Almacenamiento a futuro, en función a un análisis de crecimiento de la demanda, para garantizar la seguridad energética del mercado interno.

## BIBLIOGRAFIA

- American Petroleum Institute (API), 5. E. (1998). *Venting Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks*. Washington: API Publishing Services.
- API 650. (1998). *Norma API 650, Diseño de Tanques de Acero Soldado para el almacenamiento de aceite, Décima Edición*.
- Barber Lloret, P. (2003). *Maquinaria de Obras Publicas III*. San Vicente: Club Universitario.
- Cioleck, M. M. (2006). *Organic Liquid Storage Tanks*.
- Código ASME B 31.4. (1998). *Sistemas de Tubería de Transporte de Hidrocarburos Líquidos y otros Líquidos*. U.S.A: ASME.
- Estrada, I. J. (2001). *Diseño y Calculo de recipientes a Presión*. INGLESA.
- Kraus, R. S. (2000). *Proceso de Refino del Petróleo*.
- Mechato Q., G. (2004). *Tanques de Almacenamiento de Hidrocarburos Líquidos*.
- Moncada Albitres, L. (2008). *Diseño de Plantas*.
- NORMA NFPA 30. (1996). *Código de Líquidos Inflamables y Combustibles. Código de Líquidos Inflamables y Combustibles*.
- Soto Cruz, J. J. (1996). *Fundamentos Sobre Ahorro de Energía*. México: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Viejo Zubicaray, M. (2001). *Bombas: Teoría, diseño y aplicaciones*. a: b.