

**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS EN LA INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEO**



**“REDISEÑO DE UN SEPARADOR DE IMPUREZAS PARA  
MAXIMIZAR EL TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO DE LA  
UNIDAD FILTRANTE, DENTRO DEL BOMBEO DE  
DESPACHO DE GLP EN LA PLANTA DE GAS EN  
MONTEVERDE”**

**TESIS DE GRADO  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN PETRÓLEO**

**AUTORA:**

**CÁNDIDA YADIRA ORDOÑEZ PINARGOTE**

**TUTOR:**

**ING. RAÚL MORGNER MANGOLD**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**AÑO 2.015**

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEO

**“REDISEÑO DE UN SEPARADOR DE IMPUREZAS PARA  
MAXIMIZAR EL TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO DE LA  
UNIDAD FILTRANTE, DENTRO DEL BOMBEO DE  
DESPACHO DE GLP EN LA PLANTA DE GAS EN  
MONTEVERDE”**

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN PETRÓLEO**

**AUTORA:**

**CÁNDIDA YADIRA ORDOÑEZ PINARGOTE**

**TUTOR:**

**ING. RAÚL MORGNER MANGOLD**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**Año 2.015**

## DECLARACIÓN

Yo, Cándida Yadira Ordoñez Pinargote, bajo juramento declaro: que el contenido del presente trabajo investigativo **“REDISEÑO DE UN SEPARADOR DE IMPUREZAS PARA MAXIMIZAR EL TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO DE LA UNIDAD FILTRANTE, DENTRO DEL BOMBEO DE DESPACHO DE GLP EN LA PLANTA DE GAS EN MONTEVERDE”**, es de mi autoría; que no ha sido presentado para ningún grado o calificación personal; que he consultado las referencias bibliográficas aquí incluidas; y, que concedo con absoluta certeza los derechos de autoría y patrimonio intelectual a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

-----  
**Cándida Yadira Ordoñez Pinargote**  
**C.I. 0919653790**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación, **“REDISEÑO DE UN SEPARADOR DE IMPUREZAS PARA MAXIMIZAR EL TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO DE LA UNIDAD FILTRANTE, DENTRO DEL BOMBEO DE DESPACHO DE GLP EN LA PLANTA DE GAS EN MONTEVERDE”**, elaborado por la señora Cándida Yadira Ordoñez Pinargote, egresada de la Escuela de Ingeniería en Petróleo, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Petróleo, me permito declarar que, luego de orientar, estudiar y revisar su respectivo desarrollo, lo apruebo en todas sus partes.

---

**Ing. Raúl Morgner Mangold MSc.**

**Tutor**

## **CERTIFICADO DE REVISIÓN DE LA REDACCIÓN Y ORTOGRAFÍA**

Después de revisar el contenido del trabajo de la señorita CANDIDA YADIRA ORDÓÑEZ PINARGOTE, cuyo tema es **“REDISEÑO DE UN SEPARADOR DE IMPUREZAS PARA MAXIMIZAR EL TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO DE LA UNIDAD FILTRANTE, DENTRO DEL BOMBEO DE DESPACHO DE GLP EN LA PLANTA DE GAS EN MONTEVERDE”**, quien consta como Egresada de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Escuela de Ingeniería En Petróleo.

CERTIFICO que este trabajo no presenta ningún error gramatical, por lo tanto puede ser expuesto ante el Tribunal respectivo.

La Libertad, febrero del 2015.

-----  
**Dora Rodríguez De La Cruz**  
**LICENCIADA EN**  
**CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN**

## **DEDICATORIA**

*Con infinito amor y mucho cariño les dedico este trabajo a mis adorados hijos Danna Milena y Franklin Hugo, ya que con su corta edad han sido mi guía, fuerza y valor para seguir adelante y culminar esta etapa de mis estudios superiores.*

**Cándida Yadira Ordóñez Pinargote**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, quien en cada paso de mi vida ha estado presente brindándome además de amor, conocimientos y sobre todo las fuerzas necesarias para culminar mis estudios superiores.

Mis padres y hermanos, porque estuvieron y están presentes con su apoyo incondicional en todo lo emprendido en mi carrera hasta culminarla con éxito.

Mi cónyuge, por su apoyo constante, por estar a mi lado y acompañarme.

Al ingeniero Raúl Morgner Mangold, mi director de tesis, por sus conocimientos y enseñanzas para la realización de este proyecto.

Al ingeniero Ramón Muñoz Suárez, Decano de la Carrera de Ciencias de la Ingeniería de nuestra UPSE, por brindarme su apoyo incondicional en la culminación de este estudio.

A todos y cada uno de los profesores y compañeros de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

**Cándida Yadira Ordóñez Pinargote**

# **TRIBUNAL DE GRADO**

---

**Ing. Ramón Muñoz Suárez, MSc.**  
**DECANO DE FACULTAD DE**  
**CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

---

**Ing. Alamir Álvarez Loor, MSc.**  
**DIRECTOR DE LA ESCUELA**  
**INGENIERÍA EN PETRÓLEO**

---

**Ing. Raúl Morgner Mangold, MSc.**  
**PROFESOR – TUTOR**

---

**Ing. Ricardo Rodríguez A.**  
**PROFESOR DEL ÁREA**

---

**Ab. Joe Espinoza Ayala**  
**SECRETARIO GENERAL**



# ÍNDICE GENERAL

<b>DECLARACION.....</b>	<b>III</b>
<b>APROBACION.....</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>VI</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>VII</b>
<b>TRIBUNAL DE GRADO.....</b>	<b>VIII</b>
<b>INDICE GENERAL.....</b>	<b>IX</b>
<b>INDICE DE TABLAS.....</b>	<b>XIV</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XVI</b>
<b>INDICE DE ANEXOS.....</b>	<b>XVII</b>
<b>SIMBOLOGIA.....</b>	<b>XVIII</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XX</b>

## **CAPITULO I**

<b>1. INTRODUCCION.....</b>	<b>2</b>
1.1. Planteamiento y Formulación del Problema.....	4
1.2. Justificación.....	4
1.3. Objetivo General.....	4
1.3.1. Objetivos Especificos.....	4
1.4. Hipótesis.....	5
1.5. Metodología de la Investigación.....	5
1.5.1. Tipo y Diseño de la Investigación.....	5
1.5.2. Método de Investigación a emplearse.....	5
1.5.2.1. Método general.....	5
1.5.2.2. Método específico.....	5
1.5.2.3. Modalidad.....	6
1.5.2.4. Técnicas.....	6
1.5.2.5. Instrumentos.....	6
1.5.3. Metodología y Desarrollo de la Investigación.....	6

## **CAPITULO II**

2 DESCRIPCIÓN DEL TERMINAL MARÍTIMO Y PLANTA DE GAS.....	8
2.1 Terminal Marítimo y Planta de Gas en Monteverde.....	8
2.1.1 Generalidades.....	8
2.2 Descripción de la Planta.....	8
2.2.1 Interconexión Muelle, Tanques refrigerados.....	10
2.2.2 Almacenamiento de productos refrigerados.....	10
Interconexión en las Bombas de transferencia de Propano y	
2.2.3 Butano refrigerados.....	12
2.2.4 Intercambiadores de Propano y Butano.....	12
2.2.5 Mezcla y Medición.....	13
Esferas de Almacenamiento, Tanques presurizados y Bombas	
2.2.6 de descarga del GLP.....	16

## **CAPITULO III**

### **CARACTERÍSTICAS PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL GAS**

3 LICUADO DE PETRÓLEO (GLP).....	19
3.1 Definición de Gas Licuado de Petróleo (GLP).....	20
3.1.1 Características del GLP.....	20
3.2 Composición del Gas Licuado de Petróleo (GLP).....	20
3.2.1 Hidrocarburos líquidos.....	20
3.2.1.1 Propano.....	20
3.2.1.2 Butano.....	23
3.3 Características y Propiedades del Gas Licuado de Petróleo.....	24
3.3.1 Peso Específico Relativo.....	26
3.3.2 Punto de Ebullición.....	27
3.3.3 Capacidad de Vaporización.....	27
3.3.4 Peso Específico.....	28
3.3.5 Poder Calorífico.....	28
3.3.6 Coeficiente de Expansión Volumétrica.....	29
3.3.7 Peso Molecular.....	29
Especificaciones del Gas Licuado de Petróleo (GLP) según las normas	
3.4 INEN 0675: 1982.....	30

## **CAPITULO IV**

4 LAS PRINCIPALES IMPUREZAS EN EL GLP.....	33
4.1 Especificaciones de las Impurezas contenidas en el gas.....	34
4.2 Contaminantes.....	34
4.2.1 Hidratos del gas.....	36
4.2.1.2 Humedad.....	38
4.2.2 Azufre.....	38
4.3 Características de las partículas.....	38
4.4 Proceso de purificación por filtración de gas.....	40
4.4.1 Uso de Membranas y Tamices Moleculares.....	40
4.4.1.1 Tamices Moleculares.....	40
4.4.1.2 Cedazo Molecular y sus propiedades.....	41
4.4.1.3 Membranas Efectivas.....	42
4.4.1.4 Principio del Sistema de Membranas.....	42

## **CAPITULO V**

5 REDISEÑO DE LA UNIDAD DE FILTRACIÓN.....	43
5.1 Introducción del Rediseño.....	44
5.1.1 Filtración.....	44
5.2 Consideraciones Básicas.....	45
5.2.1 Intervalo de filtración.....	45
5.2.2 Mecanismos de separación.....	47
5.2.3 Filtración por superficie o por medio filtrante.....	48
5.2.4 Filtración Profunda.....	48
5.2.5 Filtración de torta.....	48
5.2.6 Distribución de la Diferencia de Presión.....	49
5.2.7 Ecuaciones Básicas.....	50
5.2.8 Resistencia de la Torta.....	52
5.2.9 Resistencia del Medio Filtrante.....	53
5.3 Factores a considerar en el rediseño.....	53
5.3.1 Separación o Eficiencia de la filtración.....	53
5.3.1.1 Intercepción Directa.....	54
5.3.1.2 Impacto Inercial.....	54
5.3.1.3 Intercepción Difusional.....	55

5.3.2	Micrón Rata o Tasa de eficiencia de filtración.....	57
5.3.3	Grado de eficiencia.....	58
5.3.4	Rata de Filtración.....	58
5.3.5	Capacidad y volumen potencial de solidos retenidos.....	58
5.3.6	Área de filtración.....	58
5.3.7	Tiempo de filtración.....	59
5.4	Consideraciones Físicas.....	59
5.5	Tipo del Elemento Filtrante.....	60
5.5.1	Elemento de malla metálica.....	60
5.5.2	Carbón activado función-composición-características.....	62
5.6	Selección del filtro.....	64
5.6.1	Características principales.....	64
5.6.2	Rediseño del Equipo.....	64
5.6.2.1	Bridas.....	68
5.6.2.2	Espárragos.....	68
5.6.2.3	Conexiones.....	68
5.6.2.4	Pintura.....	68
5.6.2.5	Placa de identificación.....	68
5.6.2.6	Tapa de cierre superior.....	69
5.6.3	Parámetros del rediseño.....	69
5.6.3.1	Presión del rediseño.....	69
5.6.3.2	Temperatura del rediseño.....	69
5.7	Generalidades del mantenimiento de la Unidad Filtrante.....	70

## **CAPITULO VI**

### **IMPLEMENTACION DEL REDISEÑO DE LA UNIDAD FILTRANTE EN EL BOMBEO DE DESPACHO DE GLP EN LA PLANTA DE GAS**

6	EN MONTEVERDE.....	71
6.1	Filtro existente en la planta.....	72
6.1.1	Filtro Temporales.....	72
6.1.1.2	Filtro cono completo.....	73
6.2	Instalación de la Unidad Filtrante.....	75
6.3	Implementación de la Unidad Filtrante.....	76
6.4	Bombas Utilizadas para el Despacho del GLP.....	78

## **CAPITULO VII**

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
7.1 Conclusiones.....	80
7.2 Recomendaciones.....	81
7.3 Referencias bibliográficas.....	82
7.4 Glosario.....	85
7.5 Anexos.....	87

## ÍNDICE DETABLAS

Tabla N. 1 Principales diferencias entre el propano y butano.....	22
Tabla N. 2 Caracterización del Propano Comercial.....	22
Tabla N. 3 Caracterización del Butano Comercial.....	24
Tabla N. 4 Propiedades del GLP.....	25
Tabla N. 5 Peso Específico Relativo Gas Licuado de Petróleo.....	26
Tabla N. 6 Peso Específico Relativo del GLP en Vapor.....	26
Tabla N. 7 Punto de Ebullición del GLP .....	31
Tabla N. 8 Poder Calorífico del GLP.....	29
Tabla N. 9 Requisitos del Gas Licuado de Petróleo.....	32
Tabla N. 10 Componentes Orgánicos del Gas.....	35
Tabla N. 11 Componentes Inorgánicos del Gas.....	36
Tabla N. 12 Diferentes tipos de filtración de acuerdo al tamaño de las partículas.....	46
Tabla N. 13 Eficiencia de Filtración.....	56
Tabla N. 14 Longitud de los diferentes conos completos.....	74

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP.....	9
Figura 2 Muelle Monteverde.....	10
Figura 3 Tanques de Almacenamiento de Propano y Butano.....	11
Figura 4 Mezcla y Medición.....	15
Figura 5 Esferas de Almacenamiento de GLP.....	17
Figura 6 Modelo aislado en 3D de una molécula de propano.....	21
Figura 7 Modelo de molécula del butano.....	23
Figura 8 Impurezas del GLP.....	33
Figura 9 Gas Propano y Butano.....	34
Figura 10 Tuberías de Gas con efectos de corrosión.....	35
Figura 11 Partículas en diferentes estados.....	39
Figura 12 Silicato de Aluminio.....	40
Figura 13 Modelo Estándar de la Física.....	41
Figura 14 Sustancias impuras retenidas por un medio filtrante.....	44
Figura 15 Caída de presión en un filtro.....	45
Figura 16 Ingreso de partículas que ingresan al medio filtrante.....	47
Figura 17 La filtración profunda de las partículas.....	48
Figura 18 Filtración de Torta.....	49
Figura 19 Caída de presión en una cámara de filtrado.....	50
Figura 20 Flujo Laminar.....	51
Figura 21 Flujo Laminar en canales.....	52
Figura 22 Curva de Filtrado vs. Tiempo.....	53
Figura 23 Tamizado retenedor de partículas.....	54
Figura 24 Tipos de Mecanismos.....	55
Figura 25 Partículas de Gas en el movimiento Browniano.....	56
Figura 26 Comparación de tamaño de Partícula.....	57
Figura 27 Tipos de mallas de acero inoxidable.....	61
Figura 28 Tejido Metálico.....	61
Figura 29 Lecho de Carbón Activado.....	63

Figura 30 Carbón Activado.....	63
Figura 31 Colocación de la Unidad Filtrante.....	65
Figura 32 Filtro en el interior de la Tubería.....	66
Figura 33 Colocación de la tapa o cierre.....	67
Figura 34 Rediseño de la Unidad Filtrante.....	67
Figura 35 Filtros temporales o Sombreros de brujas.....	72
Figura 36 Cónica material de filtro.....	73
Figura 37 Longitud del cono.....	75
Figura 38 Salida del filtro temporal.....	77
Figura 39 Implementación del rediseño del Separador de Impurezas.....	77



## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Ingreso de la unidad filtrante (REDISEÑO).....	88
ANEXO 2. Filtro en el interior de la tubería tipo en cruz (REDISEÑO).....	89
ANEXO 3. Rediseño de la unidad filtrante.....	90
ANEXO 4. Rediseño en 3d de la unidad filtrante.....	91
ANEXO 5. Equipo de protección personal (EPP).....	92
ANEXO 6. Plataforma del muelle.....	92
ANEXO 7. Muelle.....	93
ANEXO 8. Buque Tanque de GLP.....	93
ANEXO 9. Parte Superior del Tanque Propano.....	94
ANEXO 10. Parte superior del tanque Butano.....	94
ANEXO 11. Parque de bombas.....	95
ANEXO 12. Tubería en aire al flare.....	95
ANEXO 13. Consultas a expertos.....	96
ANEXO 14. Observación de gammagrafía de soldadura en tubería.....	96
ANEXO 15. Bombas Booster.....	97
ANEXO 16. Pipe rack y Tanques.....	97
ANEXO 17. Maqueta de la Planta de Almacenamiento.....	98
ANEXO 18. Maqueta de la Plataforma.....	98

## SIMBOLOGÍA

**GLP.-** Gas Licuado de Petróleo.

**Ton/h.-** Toneladas/horas.

**Ton/d.-** Toneladas/día.

**μ.-** micras.

**Km.-** Kilómetros.

**m<sup>3</sup>.-** metros cúbicos.

**atm.-** Atmosfera.

**Kg.-** Kilogramos.

**Kg/cm<sup>3</sup>.-** Kilogramos/centímetros cúbicos.

**Kg/m<sup>3</sup>.-** Kilogramos/metros cúbicos.

**Kcal/kg.-** Kilocalorías/Kilogramos.

**BTU/Kg.-** Unidad Británica de Temperatura/Kilogramos.

**BTU/ft<sup>3</sup>.-** Unidad Británica de Temperatura/pies cúbicos.

**Kcal/l.-** Kilocalorías/ litros.

**lb/ft<sup>3</sup>.-** Libras/pies cúbicos.

**lib/galon.-** Libras/galón.

**Tq.-** Tanque.

**B.-** Bombas.

**BTU.-** Unidad Británica de Temperatura.

**Mm.-** Milímetros.

**Hg.-** Mercurio.

**C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>.-** Propano.

**C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>.-** Butano.

**CO<sub>2</sub>.-** Dióxido de Carbono.

**H<sub>2</sub>S.-** Ácido Sulhídrico.

**°C.-** Grados Centígrados.

**°F.-** Grados Fahrenheit.

**i-butano.-** iso-butano.

**n-butano.-** Butano.

**Psi.-** Poundals Square Inch (Libras Fuerza por Pulgada al cuadrado).

**Psig.-** Poundals Square Inch Gauge (Libras Fuerza por Pulgada al cuadrado manométrica).

**Ppm.-** Partes por millón.

**ASTM.-** American Section for Testing Materials (Asociación Americana de Pruebas de Materiales).

**ASME.-** American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).

**ANSI.-** American National Standards Institute.

**CA.-** Carbón Activado.

**q.-** Caudal.

**rM.-** Resistencia del Medio Filtrante.

**$\Delta\theta$ .-** Resistencia de la Torta.

**R.-** Resistencia.

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEO**

**RESUMEN**

**“REDISEÑO DE UN SEPARADOR DE IMPUREZAS PARA MAXIMIZAR  
EL TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO DE LA UNIDAD FILTRANTE,  
DENTRO DEL BOMBEO DE DESPACHO DE GLP EN LA PLANTA DE  
GAS, EN MONTEVERDE”.**

**AUTOR:** Cándida Yadira Ordóñez Pinargote.

**TUTOR:** Ing. Raúl Morgner Mangold MSc.

En el Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP situado en Monteverde, Provincia de Santa Elena, se analizó el proceso de filtración, debido a que se ha estado utilizando dispositivos filtrantes que, por su durabilidad, se emplean temporalmente. La presente investigación se fundamenta en un marco teórico, y en un método investigativo. Para la realización del proyecto se plantean diferentes hipótesis que se despejaron a medida que se realizaba este proceso, gracias a la experiencia adquirida por los encargados de esa área industrial. El estudio del rediseño del separador de impurezas consiste en un medio filtrante que no desmonte la tubería y se pueda reemplazar y utilizar mediante un sistema de apertura y cierre rápido para su mantenimiento, facilitando el acceso al filtro y alargando la vida útil del equipo. Se sugiere la implementación de una unidad filtrante que consiste en la utilización de un tubo tipo cruz con sus respectivas bridas, que en su interior se instalaría el filtro formado por dos elementos, como: malla de acero inoxidable de 5 micrones y carbón activado.

**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

## 1 INTRODUCCIÓN

El gas licuado de petróleo (GLP), en el Ecuador está considerado como un combustible de alto poder energético, de gran impacto socio-económico, debido a la amplia demanda que tiene en el sector doméstico e industrial, lo que ha determinado un tratamiento especial y a su vez una importancia clave frente a otras fuentes de energía primaria como combustibles líquidos, la hidroelectricidad, eólica y solar.

El GLP se destaca como un combustible ampliamente disponible, económico, apropiado para la protección del ambiente, estas características lo ubican como el energético del futuro por ser un combustible limpio no contaminante.

Los productos propano y butano puros son recibidos desde el buque refrigerado (a baja presión), y descargados separadamente con caudales máximos de 1200 Ton/h y 400 Ton/h de propano y butano respectivamente.

La planta de almacenamiento de gas licuado de petróleo tiene capacidad de calentar y mezclar propano y butano para producir GLP con un caudal de hasta 19000 Ton/d, garantizando un despacho para PETROECUADOR de 8000 Ton/d del mencionado producto.

Se debe tener en cuenta que en el proceso para obtener un gas limpio ocurre el arrastre de muchas impurezas debido a la presencia de tuberías, válvulas y tanques. Por otro lado hay que mencionar que el gas no tratado adecuadamente, en cuanto a su filtración, lleva mezclado un sinnúmero de sedimentos, metales en suspensión, impurezas, y otros, que hacen ver la necesidad de crear nuevas formas de tratamiento para su purificación inmediata.

Con el objeto de garantizar la eficiencia de los diferentes equipos que existen en la planta de almacenamiento y tratamiento del gas licuado de petróleo (GLP) en Monteverde, aprovechando la tecnología y la competitividad existente, es

necesario la implementación de una unidad filtrante de gas con la cual se espera elevar la durabilidad de los equipos de procesos de la planta, obteniéndose productos de mejor calidad, contribuyendo de esta manera a elevar el porcentaje de optimización de la planta con beneficios económicos notables que resultarán con este cambio.

La Planta de almacenamiento y tratamiento de GLP cuenta con dispositivos que son filtros temporales (tipo sombrero de bruja o cono completo), que se utilizan ocasionalmente en un gasoducto en el arranque de plantas o para remover impurezas que contenga la tubería, y de esta manera proteger los equipos. Después del arranque se retiran con facilidad dichos accesorios.

Se plantea la implementación de una unidad filtrante, la cual consiste en utilizar un tubo tipo cruz con sus respectivas bridas, en cuyo interior va colocado el filtro formado por dos elementos como son la malla de acero inoxidable de 5 micrones y el carbón activado.

### **1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Dentro del proceso para obtener un gas limpio, ocurre el arrastre de muchas impurezas debido al manejo de tuberías, válvulas y tanques, esto puede mejorarse como parte de su transformación de impuro a puro con la implementación de una unidad filtrante. Cabe mencionar que el gas no tratado adecuadamente en cuanto a su filtración conlleva un sinnúmero de sedimentos y metales en suspensión o impurezas, y otras, que hacen ver la necesidad de crear nuevas formas de rediseñar sistemas purificadores y así prolongar la vida útil de los equipos dentro de todo el proceso.

Es así que es de suma importancia el rediseñar un elemento de purificación por filtración, porque de ello dependerá el buen desempeño de los equipos de la planta, evitando la rápida saturación del separador de impurezas.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Entre los objetivos principales de calidad y excelencia que tiene la Planta de Almacenamiento y Tratamiento de GLP en Monteverde, está el obtener un porcentaje alto de productos limpios; por tal motivo las empresas del sector hidrocarburífero conforme a políticas y normativas han regularizado las leyes para la implementación de dichos procesos.

La implementación del proyecto está sustentada en base a los requerimientos del sector hidrocarburífero, dando como resultado muchos entes beneficiados, entre ellos el estado, gracias a las mejoras en la calidad del producto a ser tratado.

En consecuencia nuestro país obtendrá un importante beneficio al mejorar la calidad de sus combustibles gaseosos gracias a este rediseño del sistema.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1. Objetivo General**

Rediseñar un separador de impurezas para maximizar el tiempo de funcionamiento de la unidad filtrante.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

1. Optimizar el porcentaje de rendimiento del gas en el proceso de despacho y un elemento filtrante que garantice la pureza del producto.
2. Obtener las condiciones óptimas de purificación mediante una formulación del proceso.



## **1.4 HIPÓTESIS**

El rediseño del separador de impurezas dentro del despacho de GLP para la obtención de un gas puro, maximizará la vida útil del separador, evitando cambios de filtros por mantenimientos a corto plazo, minimizando mantenimientos en los diferentes equipos de esta planta.

## **1.5 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1 Tipo y diseño de la investigación**

La investigación se llevará a cabo con la información proporcionada en el Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde; así como también investigaciones técnicas de campo y estudios bibliográficos.

### **1.5.2 Método de investigación a emplearse**

Para este tipo de investigación se utilizarán los métodos siguientes:

#### **1.5.2.1 Método General**

- Inductivo
- Análisis
- Síntesis

#### **1.5.2.2 Método específico**

- Experimental

### **1.5.2.3 Modalidad**

- Descriptiva

### **1.5.2.4 Técnicas**

- Consultas a expertos y visitas de campo

### **1.5.2.5 Instrumentos**

- Libros
- Manuales
- Internet
- Consultas técnicas específicas
- Opiniones de expertos

## **1.5.3 Metodología y desarrollo de la investigación**

Utilización de software para diseños e instalación de equipos de la planta de gas. Requerimiento de herramientas informáticas (Word, Excel, Power Point y AutoCAD), para el tratamiento de datos y presentación de resultados.

El trabajo de campo, para recopilar la información requerida, se realizará en el Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP, actualmente operado por EP. PETROECUADOR, se tomará toda la información disponible que tenga la empresa, tales como:

- Esquemas de procesos en plantas de almacenamientos de gases.
- Datos de almacenamiento de la planta.
- Datos de funcionamiento, manejo y ubicación de los diferentes equipos utilizados en el proceso de almacenamiento.

**CAPÍTULO II**  
**DESCRIPCIÓN DEL TERMINAL MARÍTIMO Y PLANTA DE GAS**

## **2.1 TERMINAL MARÍTIMO Y PLANTA DE GAS EN MONTEVERDE**

Sus instalaciones se encuentran ubicadas en la Provincia de Santa Elena, cerca de la Comunidad de Monteverde, a 40 Km., al norte de la ciudad de Salinas y a 27 Km., de la ciudad de Santa Elena.

### **2.1.2 Generalidades**

El Terminal Marítimo y la Planta de Almacenamiento de GLP cuentan con una capacidad de 95000 m<sup>3</sup> de almacenamiento refrigerado dispersos en 4 tanques, siendo dos de propano con 32700 m<sup>3</sup> c/u y dos de butano con 14800 m<sup>3</sup> c/u; también cuenta con 9600 m<sup>3</sup> de capacidad de almacenamiento de GLP en 3 esferas.

## **2.2 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA**

Los productos propano y butano son recibidos desde el buque refrigerado que está a baja presión y se descargan en forma separada, con un caudal máximo de 1200 Ton/h y 400 Ton/h de propano y butano, respectivamente, en operación normal.

La planta tiene capacidad de calentar y mezclar propano y butano para producir hasta 19000 Ton/d de GLP.

El Terminal de Monteverde también puede bombear o despachar a los buques propano y butano refrigerados. La capacidad de transporte es de 800 Ton/h de propano y de 400 Ton/h de butano debidamente refrigerados. Los tanques de almacenaje de propano refrigerado tienen un sistema de recuperación de vapores, dado que el propano se encuentra en fase de vapor, en condiciones de presión y temperatura ambiente el producto tiende a evaporarse, por lo que estos se recuperan, comprimen y vuelven a enfriarse antes de retornar al tanque de almacenamiento.

Los tanques de almacenaje de butano refrigerado, a su vez, cuentan con un sistema de bombeo para recirculación y enfriamiento, retornando el producto subenfriado al tanque para evitar la generación de vapores.

El Terminal cuenta con un sistema de captación de agua de mar, cuya función es succionar este tipo de agua para proveer un medio de intercambio térmico para los intercambiadores de propano y butano, cediendo calor posteriormente al grupo de frío.

Las bombas de GLP están diseñadas para un despacho normal de 8000 Ton/d., pero podrían bombear hasta 16000 Ton/d. Además, se encuentran los sistemas auxiliares siguientes: purificación de diesel, agua potable, aire comprimido, nitrógeno, venteos, inyección de etanol, inyección de odorizante, hipoclorito y tratamiento de efluentes.

En la figura 1 se observa el Terminal Marítimo y la Planta de Almacenamiento de GLP.



**Figura 1 Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP**

**Elaborado por: Cándida Ordoñez**

### 2.2.1 Interconexión Muelle, Tanques Refrigerados

En el muelle se encuentran instalados equipos de carga y descarga de propano y butano, a una distancia de 2500 m., aproximados de la planta, existiendo vías de tuberías de líquido y vapor.

Está equipada con bombas Booster (elevadoras de presión), que operan cuando la presión de descarga del buque no es suficiente, para garantizar la entrada de fluidos a los tanques de almacenamiento refrigerados respectivos.

En la figura 2 se observa el muelle Monteverde.



**Figura 2 Muelle Monteverde**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

### 2.2.2 Almacenamiento de productos refrigerados

Existen 4 tanques para dicho propósito:

- TQ 401 A. Propano / Butano Refrigerado
- TQ 501 B. Propano / Butano Refrigerado
- TQ 602 A. Butano / Propano Refrigerado
- TQ 702 B. Butano / Propano Refrigerado

Los tanques de propano son de mayor capacidad con 32700 m<sup>3</sup>, y los tanques que reciben butano con 14800 m<sup>3</sup>, por lo que se tiene una capacidad total de almacenamiento de 95000 m<sup>3</sup>.

La entrada del propano y butano a los tanques se realiza por la línea principal, que se extiende hasta el fondo del tanque mediante un tubo distribuidor de flujo.

Los vapores de propano son enviados al colector principal para alimentar el grupo de frío. Con la elevación de los niveles de presión de los tanques, los compresores del grupo de frío son accionados de manera secuencial y con velocidades variables. El propano líquido retorna al tanque de propano refrigerado a temperaturas bajas, reduciendo la presión. Cuando la presión en los tanques refrigerados alcanza niveles más bajos los compresores operan a menor velocidad.

El butano, aplicando el mismo principio, se bombea recirculando el butano al grupo de frío, regresando con temperaturas bajas, reduciendo la temperatura del tanque y la presión por condensación.

En la figura 3 se observan los diferentes tanques de almacenamiento de propano y butano.



**Figura 3 Tanques de Almacenamiento de Propano y Butano**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

### **2.2.3 Interconexión de las bombas de transferencia de propano y butano refrigerados**

Existen 3 bombas de transferencia de propano que se encienden manualmente, operan con caudales mínimos por medio de válvulas ubicadas en las líneas de descarga de cada una de ellas. Luego se conectan al cabezal de recirculación, retornando a los tanques de propano refrigerado e ingresando por medio de líneas de alimentación superior.

Las bombas de propano poseen facilidad para ser alineadas hacia los calentadores de propano, despacho para barcos y transferencias entre tanques refrigerados.

El sistema de transferencia de butano está integrado por 3 bombas, y dos más de recirculación al chiller, encendiéndose en forma manual. También, tienen su caudal mínimo con válvulas en las líneas de descarga de cada una de ellas retornando a los tanques de propano.

Las bombas de butano tienen facilidad para ser alineadas hacia los calentadores, despacho para barcos y transferencias entre tanques refrigerados.

Las bombas de recirculación de butano al chiller pueden operar de forma simultánea en el caso de existir eventuales presiones altas en los tanques refrigerados. Normalmente una bomba opera recirculando butano y la otra queda en espera, cada bomba envía el producto a un enfriador de butano, pudiendo eventualmente operar una de las bombas con el chiller, en casos de mantenimiento o emergencia.

### **2.2.4 Intercambiadores de propano y butano**

El propano proveniente de las bombas de transferencia se envía a los calentadores; estos equipos incrementan la temperatura del producto utilizando como fluido de



calentamiento agua de mar, por medio de las bombas de captación de este tipo de agua ubicadas en el área del muelle.

Los calentadores de propano son de tipo carcasa y tubos. El propano a ser calentado circula por la carcasa y el agua de mar lo hace a través de los tubos.

La temperatura de salida del propano está controlada por un verificador de temperatura que actúa sobre la válvula ubicada en la línea de salida. Variando el caudal de agua de mar se ajusta al valor deseado de la temperatura del propano líquido.

De igual manera se procede con el butano proveniente de las bombas de transferencias.

En caso de necesitar mantenimiento el calentador de butano tiene como reserva auxiliar los calentadores de propano, que mediante las líneas que se conectan a la entrada de estas unidades, es posible mantener la producción de GLP en un valor por encima de lo requerido, en el caso que sea necesario revisar un intercambiador.

### **2.2.5 Mezcla y medición**

Existen dos equipos para mezcla y medición, cada uno está formado por dos líneas de entrada de producto: una de propano y otra de butano; todas ellas con sus respectivos medidores de caudales de masa, tipo Coriolis, y su válvula, que permite mezclar la proporción de masa deseada, obteniéndose de esta manera el GLP en especificación.

A continuación, el GLP pasa por un mezclador estático en línea, pudiendo el GLP ser enviado a las esferas de almacenamiento o destinarlo a exportación a cargo de PETROECUADOR, previa la adición de odorizantes.

Las líneas de salida de los calentadores de propano y butano se alinean cada una a los equipos de mezcla y medición para la obtención de GLP.

El control del flujo másico de propano, para lograr la composición deseada de GLP, se realiza a través del controlador de caudal que actúa sobre la válvula ubicada en la misma línea que el medidor Coriolis, aguas abajo del mismo.

De igual manera el control del flujo másico de butano, para lograr la composición deseada de GLP, se realiza a través del controlador de caudal que actúa sobre la válvula ubicada en la misma línea que el medidor indicado, aguas abajo del mismo.

En el equipo de mezcla y medición se encuentran dos válvulas de tres vías, a través de las cuales se direcciona el GLP, tanto a exportación como al sistema de almacenamiento presurizado.

Durante la operación deben hacerse periódicamente pruebas de composición en las corrientes de propano y butano, para determinar el mejor ajuste para la especificación final del GLP a ser enviado a PETROECUADOR. Un error máximo de 5% molar de propano o de butano, en más o menos, es aceptable en la composición final del producto. Para el control de esta composición, se dispone de un sistema de monitoreo, el cual debe determinar los componentes del GLP producido en las instalaciones. Si el analizador determina que la composición varía en más de un 10%, envía una alarma al sistema para que sea evaluada por el personal de operaciones.

En el caso del contenido de agua, cuando sobrepasa la composición correspondiente a la formación de hidratos, produce una alarma en el sistema.

Las cuatro alternativas de operaciones posibles en cada uno de los equipos de mezcla y medición se describen a continuación:

- Mezcla de propano y butano, dosificación de odorizante y envío directo a PETROECUADOR, a partir de las bombas de transferencias respectivos.
- Mezcla de propano y butano, dosificación de odorizante y envío a las esferas de almacenamiento de GLP, a partir de las bombas correspondientes.
- Dosificación de odorizante, medición y transferencia de GLP a PETROECUADOR, a partir de las esferas de GLP por medio de bombas.
- Mezcla de propano y butano y envío a esferas de almacenamiento de GLP a partir de las bombas respectivas, y al mismo tiempo dosificación de odorizante y medición de GLP para envío a PETROECUADOR, a partir de las esferas de almacenamiento.

En la figura 4 se observan los equipos de mezcla y medición.



**Figura 4 Mezcla y Medición**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

## **2.2.6 Esferas de almacenamiento, tanques presurizados y bombas de descarga de GLP**

Equipos principales:

- Esferas de Almacenamiento de GLP (EF – 1301 A/B/C)
- Tanques Presurizados de GLP (TQ – 1303 A/B)
- Bombas de GLP (B – 1404 A/B)
- Tanque Hidroneumático para GLP (V – 1505)

El sistema está formado por tres esferas de almacenamiento de GLP (EF – 1301 A/B/C) con capacidad para  $2870 m^3$  cada una y dos tanques presurizados de GLP con capacidad de  $500 m^3$  cada uno, para almacenamiento del producto a temperatura ambiente (total  $9600 m^3$ ).

Las bombas de GLP son las que envían el producto desde las esferas, pasando por la medición fiscal en los equipos de mezcla y medición, para el ducto PETROECUADORo para los buques utilizando el brazo de carga BC – 0202.

Este sistema posee distintas configuraciones posibles, entre ellos los siguientes:

- Línea de entrada de GLP proveniente de los equipos de mezcla y medición.
- Línea de transferencia entre esferas de almacenamiento, por la tubería que retorna a los mismos desde la descarga de las bombas de GLP.
- Líneas de salida de vapor desde las esferas de almacenamiento a los colectores de vapor de los tanques refrigerados o hacia la antorcha.

Para iniciar el llenado de las esferas, éstas deben estar previamente alineadas con las válvulas de bloqueo motorizadas, ubicadas en las líneas de ingreso de GLP. El llenado es hecho por la parte superior de esas unidades.

El control de presión máximo es efectuado por las válvulas controladoras de presión ubicadas en las esferas de almacenamiento.

En caso de existir presiones altas, las válvulas antes mencionadas descargan al colector principal de vapores de alimentación del sistema de frío, pudiéndose evitar la apertura de las válvulas de seguridad en algunos casos. Estas válvulas normalmente están fuera de servicio, es decir, no se alcanzan las presiones esperadas para su apertura, y por lo tanto no existe envío de GLP al sistema de grupos de frío.

En la figura 5 se observan las esferas de almacenamiento de GLP.



**Figura 5 Esferas de Almacenamiento de GLP**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

**CAPÍTULO III**  
**CARACTERÍSTICAS, PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DEL GAS**  
**LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)**

### **3.1 DEFINICIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)**

Es una mezcla de hidrocarburos gaseosos en condiciones normales de presión y temperatura. Está compuesto de propano y butano y se almacena en estado líquido, en recipientes a presión.

#### **3.1.1 Características del GLP**

Una de las principales características del GLP es que se produce en estado gaseoso, pero se licúa con cierta facilidad, mediante compresión y enfriamiento. Otras características propias del GLP son las siguientes:

- No tiene color, es transparente como el agua en su estado líquido.
- No tiene olor cuando se produce y licúa, pero se le agrega una sustancia odorizante (olor penetrante) para detectarlo cuando se fugue, llamado ethyl mercaptano.
- No es tóxico, solo desplaza el oxígeno, pero no conviene para la salud absorber dicho gas.
- Es muy inflamable, cuando se escapa y vaporiza violentamente el volumen se incrementa 600 veces y se enciende en presencia de una chispa.
- Excesivamente frío, por pasar rápidamente del estado líquido a vapor, por lo cual, al contacto con la piel producirá siempre quemaduras, de la misma manera que lo hace el fuego.
- Es limpio, cuando se quema debidamente combinado con el aire, no forma hollín, ni deja mal sabor en los alimentos preparados con él.
- Es económico, por su rendimiento en comparación con otros combustibles.
- Es más pesado que el aire, por lo que al escapar el gas, tiende a ocupar las partes más bajas, como el piso, fosas y pozos que haya en el área.

## **3.2 COMPOSICIÓN DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)**

El Gas Licuado de Petróleo (GLP), es gaseoso a la presión atmosférica, sin embargo a temperatura ambiente puede ser licuado a presiones relativamente bajas. Se ha estimado que la mezcla de propano y butano proporciona un rendimiento calorífico adecuado para los múltiples usos del Gas Licuado de Petróleo. A temperatura ambiente 25 °C (77 °F), la presión de la mezcla es 7.7 kg/cm<sup>2</sup>.

El GLP (propano y butano), es un hidrocarburo que a temperatura ambiente y presión atmosférica se encuentra en estado gaseoso. Tiene la propiedad de pasar al estado líquido al someterlo a una presión relativamente superior a la atmosférica, propiedad que le confiere la gran ventaja de poder ser almacenado en estado líquido, ocupando un volumen muy reducido.

### **3.2.1 Hidrocarburos líquidos**

Los hidrocarburos líquidos procesados en esta planta son el propano y el butano. Estos productos pueden vaporizarse al ser venteados creando mezclas explosivas y situaciones de riesgo.

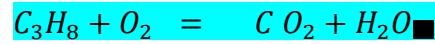
Son potencialmente peligrosos, inflamables al aire en determinadas concentraciones y también pueden causar asfixia por desplazamiento del gas al aire en los pulmones.

#### **3.2.1.1 Propano**

Es un gas incoloro e inodoro de la serie de los alcanos de los hidrocarburos, de fórmula C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>. Se encuentra en el petróleo crudo, en el gas natural y como producto derivado del refinado de petróleo. El propano reacciona vigorosamente a temperatura ambiente; pero también reacciona a dicha temperatura al mezclarlo con cloro y exponerlo a la luz. A temperaturas más altas, el propano arde en



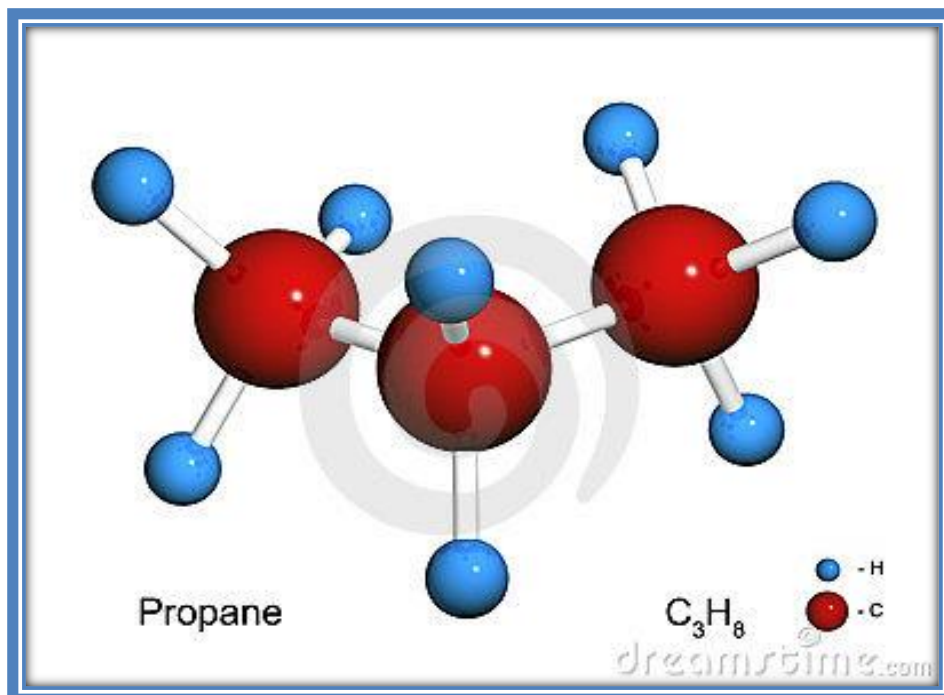
contacto con el aire, produciendo dióxido de carbono y agua, por lo que sirve como combustible.



El punto de fusión del propano es  $-189.9^{\circ}C$  y el punto de ebullición  $-42.1^{\circ}C$ . El GLP puede ser propano o butano puro o estar compuesto por la mezcla en diferentes porcentajes de  $C_3$  y  $C_4$  (70%  $C_3$  y 30%  $C_4$ ).

La composición del GLP varía según el tipo de región; en zonas donde las temperaturas son altas, está compuesto de un mayor porcentaje de  $C_4$  (abutanado), mientras en aquellas zonas donde las temperaturas son en promedio bajas, el GLP está compuesto de mayores porcentajes de  $C_3$  (apropanado).

En la figura 6 se observa el modelo aislado en 3D de una molécula de propano.



**Figura 6 Modelo aislado en 3D de una molécula de propano**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

En la Tabla N° 1 se observan las principales diferencias entre el propano y butano.

DIFERENCIAS	PROPANO		BUTANO	
	OBSERVACIÓN	PRESIÓN	OBSERVACIÓN	PRESIÓN
Vaporiza	por encima -44°F8 -42°C)	Atmosférica		
No se vaporiza			por debajo 32°F ( 0°C)	Atmosférica
Presión de vapor		Mayor		Menor
Combustión	menos calor		más calor	
Galón	pesa menos		pesa mas	

**Tabla N. 1 Principales diferencias entre el propano y butano**

**Elaborado por: Cándida Ordóñez**

En la Tabla N° 2 se observa la caracterización del Propano Comercial.

PROPANO COMERCIAL		
	FRACCIÓN MOLAR	FRACCIÓN MOLAR
<b>ETANO</b>	6.8 %	4.60 %
<b>PROPANO</b>	82.4 %	81.40 %
<b>n-BUTANO</b>	6.1 %	8.00 %
<b>i-BUTANO</b>	4.5 %	5.90 %
<b>n-Pentano</b>	0.1 %	0.10 %
<b>H2O</b>	0.0 %	0.00 %
<b>TOTAL</b>		100.00 %

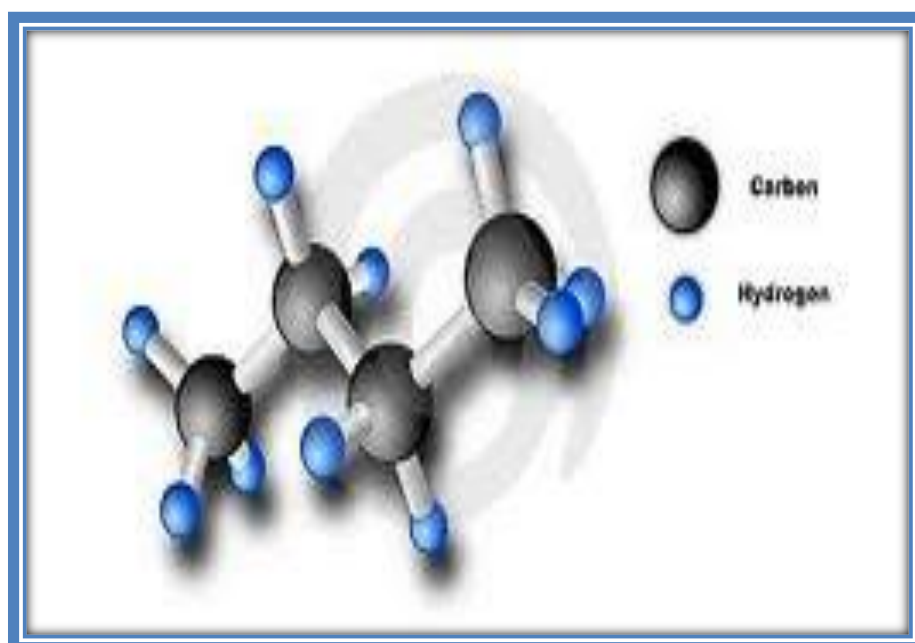
**Tabla N. 2 Caracterización del Propano Comercial**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

### 3.2.1.2 Butano

Son Alcanos, de fórmula química  $C_4H_{10}$ . En ambos compuestos los átomos de carbono se encuentran unidos formando una cadena abierta. En el n-butano (normal), la cadena es continua y sin ramificaciones, mientras que en el i-butano (iso), o metilpropano, uno de los átomos de carbono forma una ramificación lateral.

En la figura 7 se observa el modelo de molécula del butano.



**Figura 7 Modelo de molécula del butano**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

La diferencia de estructura es la causa de las distintas propiedades que presentan. Así, n-butano tiene un punto de fusión de  $-138.3\text{ }^{\circ}\text{C}$  y un punto de ebullición de  $-0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; mientras que el i-butano tiene un punto de fusión de  $-145\text{ }^{\circ}\text{C}$  y un punto de ebullición de  $-10.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

En la Tabla N° 3 se observa la caracterización del Butano Comercial.

<b>BUTANO COMERCIAL</b>		
	<b>FRACCIÓN MOLAR</b>	<b>FRACCIÓN MOLAR</b>
<b>ETANO</b>	0.0 %	0.00 %
<b>PROPANO</b>	7.8 %	6.00 %
<b>n-BUTANO</b>	46.3 %	47.00 %
<b>i-BUTANO</b>	44.3 %	45.00 %
<b>n-PENTANO</b>	1.6 %	2.00 %
<b>H2O</b>	0.0 %	0.00 %
<b>TOTAL</b>		100.00 %

**Tabla N. 3 Caracterización del Butano Comercial**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

### **3.3 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO**

Para comprender las características físicas – químicas y propiedades del butano y propano, es necesario indicar que los mismos están compuestos por partículas extremadamente pequeñas en constante movimiento, a medida que aumenta la temperatura más rápido es el movimiento de las partículas.

En la Tabla N° 4 se observan las características del GLP.

<b>CARACTERÍSTICAS DEL GLP</b>		
<b>PROPIEDADES</b>	<b>PROP</b>	<b>BUT</b>
Presión de vapor en kg/cm <sup>2</sup> a 21 ° C	9.3	1.2
Presión de vapor en kg/cm <sup>2</sup> a 41 ° C	15.2	2.9
Densidad relativa del líquido a 16 ° C	0.509	0.582
Punto de ebullición inicial a 1 atm en ° C	-46	-9
Calor específico del líquido en kcal/kg a 16 ° C	0.33	0.31
Metros cúbicos de vapor por líquido a 16 ° C	0.27	0.23
Metros cúbicos de vapor por kg a 16 ° C	0.53	0.41
Densidad relativa del vapor a 16 ° C	1.52	2.01
Temperatura máxima de la llama en el aire en ° C	493 – 605	482 – 538
Límites de inflamabilidad en el a) inferior	2.15	1.55
Aire % del vapor mezcla aire – gas b) superior	9060	8.60
Valor totales de calor a) kcal/a1 (gas)	22.4	29.2
después de la vaporización b) kcal/1	11.83	11.790
Y c) kcal/1 (líquido)	6.095	6.793
Punto de ebullición normal	de – 159	a – 160 °
Densidad líquida a presión barométrica normal	de 0.42	a 0.48 Kg/Lits

**Tabla N 4. Propiedades del GLP**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

### **3.3.1 Peso específico relativo**

El peso de un cuerpo es la resultante de la acción de la gravedad sobre él, o expresado de otra manera, la fuerza con que la tierra lo atrae, y se mide en kilogramos.

Así, el peso específico relativo en relación con el agua, el Gas Licuado de Petróleo (GLP) es la relación de su peso con el peso de un volumen igual de agua.

$$\text{Peso específico relativo} = \frac{\text{Peso de un volumen de GLP}}{\text{Peso de un volumen igual de agua}}$$

En la Tabla N° 5 se observa el peso específico relativo del GLP en Monteverde.

<b>PESO ESPECÍFICO RELATIVO DEL GLP</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>PESO ESP. REL.</b>
PROPANO	0.508 Kg
BUTANO	0.584 Kg
AGUA	1.000 Kg
MEZCLA: PROPANO 70 % - BUTANO 30 %	0.531 Kg

**Tabla N. 5 Peso Específico Relativo Gas Licuado de Petróleo**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

El peso específico relativo del GLP que está en estado de vapor es la relación entre el peso de un litro de vapor y el peso de un litro de aire.

$$\text{Peso específico relativo} = \frac{\text{Peso de un volumen de Gas o Vapor}}{\text{Peso de un volumen igual de aire}}$$

En la Tabla N° 6 se observa el peso relativo del GLP en Monteverde.

<b>PESO ESPECÍFICO RELATIVO DEL GLP EN VAPOR</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>PESO ESP. REL.</b>
PROPANO VAPOR	1.522
BUTANO VAPOR	2.006
AGUA	1.000
MEZCLA: PROPANO 70 % - BUTANO 30 %	1.667

**Tabla N. 6 Peso Específico Relativo del GLP en Vapor**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

### 3.3.2 Punto de ebullición

El punto de ebullición de una sustancia es la temperatura a la cual cambiará del estado líquido al de vapor.

En la Tabla N° 7 se observa el punto de ebullición del GLP.

PUNTO DE EBULLICIÓN DEL GLP		
MATERIAL	PTO. DE EBULLICIÓN	
	<sup>0</sup> F	<sup>0</sup> C
PROPANO	-43.7	-42.1
BUTANO	+ 31.1	-0.5
AGUA	+ 212.0	+ 100.0

**Tabla N. 7 Punto de Ebullición del GLP**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

La temperatura a la cual el 95 % del producto en volumen se evapora, debería ser de 34 <sup>0</sup>F (1 <sup>0</sup>C) o menor, cuando el manómetro indica una presión de 740 mm Hg.

### 3.3.3 Capacidad de vaporización

Por lo general el Gas Licuado de Petróleo, se extrae de los tanques para ser utilizado en estado de vapor. Cada litro de líquido (mezcla 70% C<sub>3</sub> y 30% C<sub>4</sub>) del recipiente es capaz de producir 262 litros de vapor. Esta propiedad permite disponer de recipientes relativamente pequeños para almacenar el Gas Licuado de Petróleo y obtener grandes cantidades de gas o vapor. Para hacer una comparación práctica de esta propiedad se dice que el líquido contenido en dos (2) cilindros de 45 kilogramos (100 libras) de GLP equivale en estado de vapor a 44.407 litros, volumen aproximado de un tanque de 12.000 galones de capacidad.

### **3.3.4 Peso específico**

El peso específico del gas varía según la presión y temperatura a la que se encuentre, es definida generalmente a condiciones estándar (Patm y 60<sup>o</sup>).

El Gas Licuado de Petróleo se encuentra formado por fases líquidas y gaseosas, por lo tanto, cuando se hable de densidad o peso específico se debe indicar claramente a la fase a que nos referimos.

El peso específico en general solo puede definirse como la unidad en volumen expresado en:  $\text{kg}/\text{m}^3$ ,  $\text{kg}/\text{lt}$ ,  $\text{lb}/\text{galón}$ ,  $\text{lb}/\text{ft}^3$ .

### **3.3.5 Poder calorífico**

Es la cantidad de energía liberada por una sustancia cuando alcanza su completa combustión. Se mide en kilocalorías por cada kilogramo o litro como también en BTU por libras.

En el caso del Gas Licuado de Petróleo (GLP) el poder calorífico vendría a ser la cantidad de energía producida, por ejemplo 1 kg., de Gas Líquido produce 11.938 kcal. (Kilocalorías). A lo anotado, se le incrementan las especificaciones que el Gas Licuado de Petróleo (GLP) debe cumplir para su comercialización.



En la Tabla N° 8 se observa el poder calorífico del GLP.

<b>PODER CALORÍFICO</b>			
<b>UNIDAD</b>	<b>PROP</b>	<b>BUT</b>	<b>MEZCLA P = 70 – B = 30</b>
Kcal/kg (LÍQUIDO)	13.005	11.780	11.9938
BTU/kg (LÍQUIDO)	47.659	46.768	47.392
Kcal/litro (LÍQUIDO)	6.105	6.910	6.347
BTU/LITRO (LÍQUIDO)	24.238	27.432	25.196
Kcal/litro (VAPOR)	23	30	25
BTU/litro (VAPOR)	91	119	99
Kcal/galón (LÍQUIDO)	23.108	26.153	24.002
BTU/galón (LÍQUIDO)	91.740	103.830	95.367
BTU/ <i>pie</i> <sup>3</sup> (VAPOR)	2.563	3.369	2.805

**Tabla N. 8 Poder Calorífico del GLP**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

### **3.3.6 Coeficiente de expansión volumétrica**

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) al pasar del estado líquido al estado de vapor, incrementa 262 veces su volumen; esto permite almacenar en tanques pequeños grandes cantidades de Gas – Vapor.

### **3.3.7 Peso molecular**

Es la masa por mol de moléculas de un elemento. Luego para obtener el peso molecular se suman todos los pesos atómicos que conforman la molécula.

### **3.4 ESPECIFICACIONES DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) SEGÚN LA NORMA NTEINEN 0675: 1982**

Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los diferentes tipos de gas licuado de petróleo. Se aplica al propano comercial y mezclas propano – butano.

El gas licuado de petróleo puede obtenerse a partir del gas natural o como producto de la refinación del petróleo crudo.

Debe presentar un aspecto limpio e incoloro y contener un compuesto odorizante. No puede contener cantidades nocivas de sustancias tóxicas o nauseabundas.

#### **3.4.1 Requisitos del producto**

El gas licuado de petróleo, ya sea propano o butano comercial y mezcla propano – butano de acuerdo a las normas ecuatorianas correspondientes, deben cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla siguiente:

En la Tabla N. 9 se observan los requisitos del Gas Licuado de Petróleo

REQUISITO	UNIDAD	PROP.COM		MEZCLA		BUT.COM.		ENSAYO
		-	+	-	+	-	+	
PRESIÓN DE VAPOR A 37.8 °C (100 °F)	PASCAL (PSI)		14.47 X 10 <sup>5</sup> (210)				4.82 x 10 <sup>5</sup> (70)	NTE INEN 676
TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN DEL 95 % DEL VOLUMEN A 1.0133 10 <sup>5</sup> Pa	°C (°F)		-38.3 (-37)		2.2 (36)		2.2 (36)	NTE INEN 677
CORROSIÓN SOBRE LA LÁMINA DE COBRE			No.1		No.1		No.1	NTE INEN 679
CONTENIDO DE AZUFRE	mg/m <sup>3</sup>		343		343		343	NTE INEN 681
RESIDUO DE EVAPORACIÓN DE 100 cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>		0.05		0.05		0.05	NTE INEN 683
PENTANO Y PESADOS (C5+)	%		-		2.0		2.0	
BUTANO Y PESADOS (C4+)			2.5		-			
X 10 <sup>5</sup> Pa ≈ 1 Kgf/cm <sup>2</sup>								

**Tabla N. 9 Requisitos del Gas Licuado de Petróleo**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

**CAPÍTULO IV**  
**IMPUREZAS CONTENIDAS EN EL GAS LICUADO DE PETRÓLEO**

#### 4.PRINCIPALES IMPUREZAS EN EL GLP

Se pueden encontrar impurezas en el gas licuado de petróleo como etanos, etilenos, butenos, butadienos, n-pentanos, isopentanos, pentenos, hexanos y metilacetilenos. También los compuestos de azufre, principalmente el H<sub>2</sub>S (ácido sulfhídrico). En su mayoría, estos compuestos son eliminados mediante el lavado cáustico y con aminas, pero pueden quedar trazas de ellos.

A más de los contaminantes citados anteriormente pueden aparecer otros en cantidades muchos menores, entre ellos se destaca el amoníaco que se usa en la refinería como agente para controlar la corrosión, pero cuando no es eliminado o su concentración no es menor que 3 ppm (partes por millón), produce corrosión en el cobre o en el zinc.

El GLP no es un gas tóxico y su combustión normalmente es bastante completa, es decir:  $CH_4 + 2 O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ . En los casos donde la combustión no se realiza correctamente, pueden producir pequeñas cantidades de monóxido de carbono (CO), producto tóxico que afecta la absorción de oxígeno en los pulmones. Así mismo, es muy rara la contaminación por CO proveniente de una combustión incompleta de GLP.

En la figura 8 se observan las impurezas del GLP.



**Figura 8 Impurezas del GLP**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

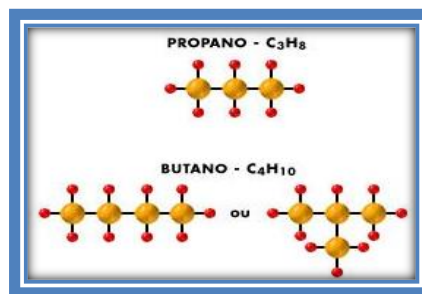
#### 4.1 ESPECIFICACIONES DE LAS IMPUREZAS CONTENIDAS EN EL GLP.

El GLP tiene una composición química donde predominan los hidrocarburos livianos como butano, propano o sus mezclas, las cuales contienen impurezas, tales como: propileno o butileno o una mezcla de estos.

Los gases propano y butano en estado puro son hidrocarburos del tipo parafínicos:  $C_nH_{2n+2}$ .

- Propano  $C_3H_8$
- Butano  $C_4H_{10}$

En la figura 9 se observa el gas propano y butano.



**Figura 9 Gas Propano y Butano**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

#### 4.2 CONTAMINANTES

Los contaminantes en el gas pueden causar daño (efectocorrosivo), principalmente a las instalaciones metálicas que estén en contacto con el mismo. Para evitar aquello, y poder cumplir con las normas sanitarias que existen tradicionalmente, estos contaminantes deben ser eliminados o mantenidos a muy bajas concentraciones.

Algunos de ellos tienen una acción tóxica y perjudicial para el medio ambiente. Los más comunes son: Nitrógeno, Vapor de Agua, Sulfuro de Hidrógeno, Disulfuro de Carbono, Sulfuro de Carbonilo, Mercaptanos, Azufre Orgánico y Libre. Los sólidos que pueden presentarse en el gas como sedimentos al igual que el contenido líquido, deben eliminarse para conformar un gas limpio.

En la figura 10 se observan tuberías de gas con efectos de corrosión.



**Figura 10 Tuberías de Gas con efectos de corrosión**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

En el análisis ordinario de una muestra de gas natural, el grupo de componentes orgánicos (parafínicos), representa normalmente más del 90 % en volumen y está formado por los compuestos detallados en la siguiente tabla:

En la Tabla N.10 se observan los componentes orgánicos del gas.

<b>COMPONENTES ORGÁNICOS DEL GAS</b>	
METANO	60 – 90 %
ETANO	3 – 10 %
PROPANO	1.5 – 6 %
BUTANO NORMAL E ISOBUTANO	0.5 – 4 %
PENTANO NORMAL E ISOPENTANO	0.3 – 2 %
HEXANOS	0 – 1.5 %
HEPTANOS PLUS	0 – 1 %

**Tabla N. 10 Componentes Orgánicos del GLP**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

El Heptano Plus es un componente complejo y su denominación es adoptada para describir todo el remanente de componentes pesados, siendo su peso mayor que el de los hexanos, debido a las ínfimas concentraciones en el gas, resultando difícil su identificación desde el punto de vista de laboratorio.

El grupo de componentes inorgánicos (no hidrocarburos), aportan normalmente menos del 10 % en volumen en la muestra de gas y están representados por:

En la Tabla N.11 se observan los componentes inorgánicos del gas.

<b>COMPONENTES INORGÁNICOS DEL GAS</b>	
DIÓXIDO DE CARBONO	1 – 8 %
SULFURO DE HIDROGENO	0 – 1 %
NITRÓGENO	0 – 3 %

**Tabla N. 11 Componentes Inorgánicos del Glp**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

Además de los compuestos anteriores, también se encuentran presentes en el gas natural cantidades variables de agua, la misma que no se incluye en los análisis de composición, porque se realizan en base seca, dándose por descontado su presencia.

#### **4.2.1 Hidratos del gas licuado de petróleo**

Son un grupo especial de sustancias químicas cristalinas que ocurren naturalmente, están compuestos por agua y gases de bajo peso molecular, llamados compuestos de inclusión, que tiene una estructura de jaula y que incluyen moléculas de gas metano.

Son cristales sólidos de color blanco que se forman a ciertas condiciones de presión y temperatura, cuya composición química contiene agua, C1, C2 y C3. Se ha comprobado que los vapores de agua e hidrocarburos se combinan para formar



el hidrato a altas presiones y bajas temperaturas, pudiéndose formar aún a temperaturas superiores a la del congelamiento del agua.

Como la presencia del agua en estado líquido da lugar a la formación del hidrato, dicha agua debe ser disminuida a valores que no alcancen el “Punto de Rocío”, especialmente en gases que puedan solubilizarse en él, como  $H_2S$  y  $CO$ . La temperatura de formación del hidrato será mayor a medida que aumente la densidad del gas.

Una vez formado el hidrato debe disminuirse la presión sobre la mezcla para producir su disolución, con el costo de pérdida de gas que se ventea a la atmósfera (económica y ecológica).

A una presión determinada, para que se forme un hidrato se tiene que dar lo siguiente:

- Temperatura de formación del hidrato.
- Presencia de agua líquida.
- Medios de agitación de agua y gas.

Para prevenir la formación de un hidrato se extrae el vapor de agua del gas natural:

- Calentando la corriente fría proveniente del pozo o reservorio.
- Inyección de depresores de punto de congelamiento:  
Metanol, Etilén (EG), Dietilén Glicol (DEG).

#### **4.2.1.2 Humedad**

La saturación del producto con agua puede determinarse mediante el grado de humedad en un análisis que debe dar negativo. Su significado físico es doble, por un lado la presencia de humedad podría provocar el obturamiento de las válvulas de regulación de presión y otros equipos similares por congelación del agua en sus mecanismos durante el proceso de gasificación del gas.

Por otro lado la formación de hidratos a temperaturas superiores, principalmente con etano y propano, pueden depositar sólidos en los gasoductos.

La humedad se determina mediante la norma ASTM D 2713, Test for Dryness of Propane, método de congelación de válvula.

#### **4.2.2 Azufre**

El azufre en el GLP estará únicamente en forma de ácido sulfhídrico, mercaptanos y disulfuros. Excepto los últimos todos ellos son corrosivos.

El azufre total se mide mediante la Norma ASTM D 2784, Test Method for Sulphur in Liquefied Petroleum Gases, lámpara de oxi-hidrógeno, mientras que la presencia de azufre corrosivo se determina indirectamente vía corrosión en lámina de cobre, se determina mediante la Norma ASTM D 1838, Test Method for Koper Strip corrosion by Liquefied Petroleum Gases.

### **4.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS PARTÍCULAS**

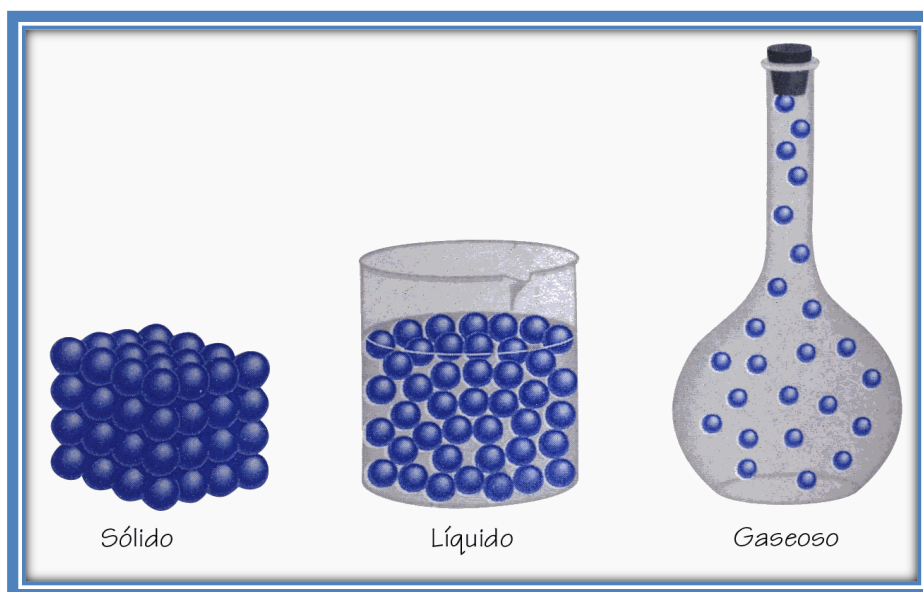
Conforme a la dinámica del modelo de partículas. Todos los estados de la materia están constituidos por pequeñas partículas. Consecuentemente la materia es una acumulación de partículas muy pequeñas. Sin embargo el estado de acumulación de partículas es diferente en distintas sustancias.

Las partículas presentes en la materia no están estáticas, tienen tendencia a adquirir movimiento. De hecho, se encuentran en un estado del movimiento continuo. La velocidad de movimiento es directamente proporcional a la energía térmica de las partículas.

Las partículas en la materia se atraen entre sí. Esta atracción es inversamente proporcional a la distancia entre las mismas. Sin embargo, la magnitud de estas fuerzas inter partculares difiere de una sustancia a otra.

Las partículas en la materia tienen espacios vacíos que las separan entre sí. La distancia media está entre 8 – 10 cm. Debido a estos espacios vacíos, la materia es capaz de dispersarse en otra, dando lugar a la dispersión.

En la figura 11 se observan las partículas en diferentes estados.



**Figura 11 Partículas en diferentes estados**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

## 4.4 PROCESOS DE PURIFICACIÓN POR FILTRACIÓN DEL GLP

### 4.4.1 Uso de membranas y tamices moleculares

#### 4.4.1.1 Tamices moleculares

Son cristales sintéticos de zeolita, aluminio, silicatos metálicos y porosos. Las “jaulas” de las celdas cristalinas pueden atrapar la materia adsorbida, siendo el diámetro de los caminos, controlado por la composición del cristal, el que regula el tamaño de las moléculas que pueden penetrar o quedar excluidas.

Pueden separarse de acuerdo al tamaño molecular, pero también según la polaridad de las moléculas y el grado de no saturación.

Presentan estabilidad hasta  $700\text{ }^{\circ}\text{C}$  y se regeneran por calentamiento entre  $200$  y  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Son extremadamente ávidos de agua. Se utilizan en torres para procesos de secado de gases.

En la figura 12 se observa silicato de aluminio.



**Figura 12 Silicato de Aluminio**

**Fuente: Laboratorio Cevallos S.A. Quito**

#### 4.4.1.2 Cedazo molecular y sus propiedades

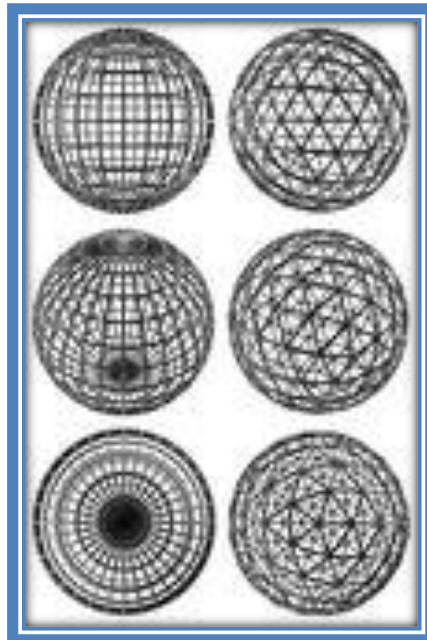
Los cedazos moleculares son los silicatos de aluminio de metal alcalino cristalino con una red de interconexión tridimensional de sílice y alúmina tetraedra.

La estructura resultante es un arreglo tipo panal de abeja, de cavidades interconectadas por poros uniformes que van de 3 a 10 Å de diámetro, aproximadamente, que depende del tipo del cedazo molecular.

Los poros son formados por la circulación de agua de cristalización que está presente en el material hidratado sintetizado. Para ser adsorbido, las impurezas deben difundirse a través de las aperturas del poro al área de la superficie interior de la cavidad.

Los cedazos moleculares se seleccionan para gases agrios, temperaturas de gas de entrada altas y bajos puntos de rocío.

En la figura 13 se observa el modelo estándar de la física.



**Figura 13 Modelo Estándar de la Física**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

#### **4.4.1.3 Membranas efectivas**

Basado en bajos costos operativos, las membranas han demostrado una alternativa flexible de eficiencia respecto al tratamiento de aminas para algunas aplicaciones de gas de procesamiento.

Después de comprar e instalar una membrana de remoción de  $CO_2$  de la planta, la flexibilidad de este sistema ha sido continuamente demostrado como carga de gas de procesamiento.

Las membranas han tratado consistentemente el gas natural por reunir o exceder todas las especificaciones de productos, incluyendo el contenido de  $CO_2$ .

La remoción de agua menor de 1 lb/millón de *pies*<sup>3</sup>, es significativamente mejor que la mayoría de los deshidratadores asociados con plantas de amina.

#### **4.4.1.4 Principio de sistemas de membranas**

Las membranas de separación de gas trabajan sobre el principio de que algunos gases pasan más rápidamente a través de ellas, y son más solubles en membranas poliméricas que otros gases.

Los vapores de agua y  $CO_2$  son altamente permeables y pueden ser separados desde moléculas más grandes y voluminosas en el gas natural.

Las fuerzas conductoras para la separación de la membrana es un diferencial de la presión parcial entre los lados de la membrana de alta y baja presión.

La separación con membranas es una función de presión del gas de carga, temperatura y composición, así como la presión de penetración.

**CAPÍTULO V**  
**REDISEÑO DE LA UNIDAD DE FILTRACIÓN**

## 5.1 INTRODUCCIÓN DEL REDISEÑO

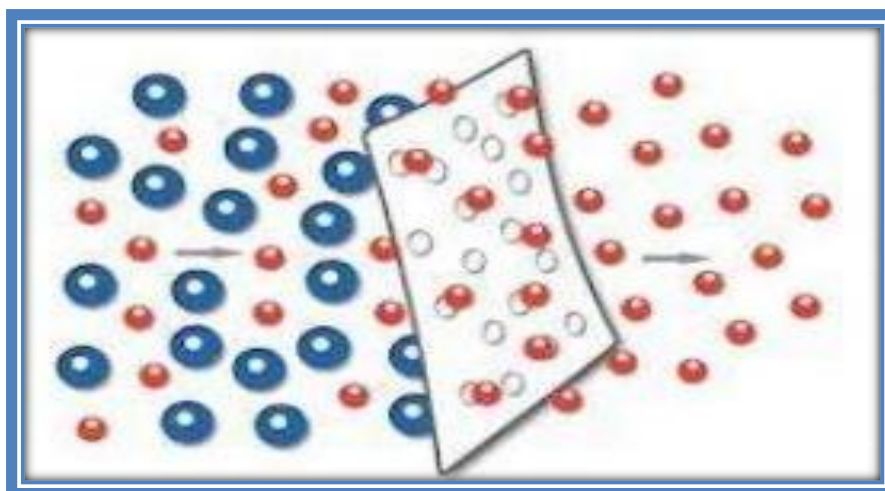
De acuerdo a los objetivos planteados, se busca lograr un rediseño de la unidad de filtración que sea altamente eficiente, por lo cual los elementos del sistema de filtrado deben presentar características de rendimiento y de calidad.

### 5.1.1 Filtración

Es la separación de partículas sólidas a partir de un fluido, haciéndolos pasar a través de un medio filtrante, sobre él se depositan los sólidos.

*Es mejorar las características de un fluido en su condición física, química o bacteriológica*

En la figura 14 se observan las sustancias impuras retenidas por un medio filtrante.



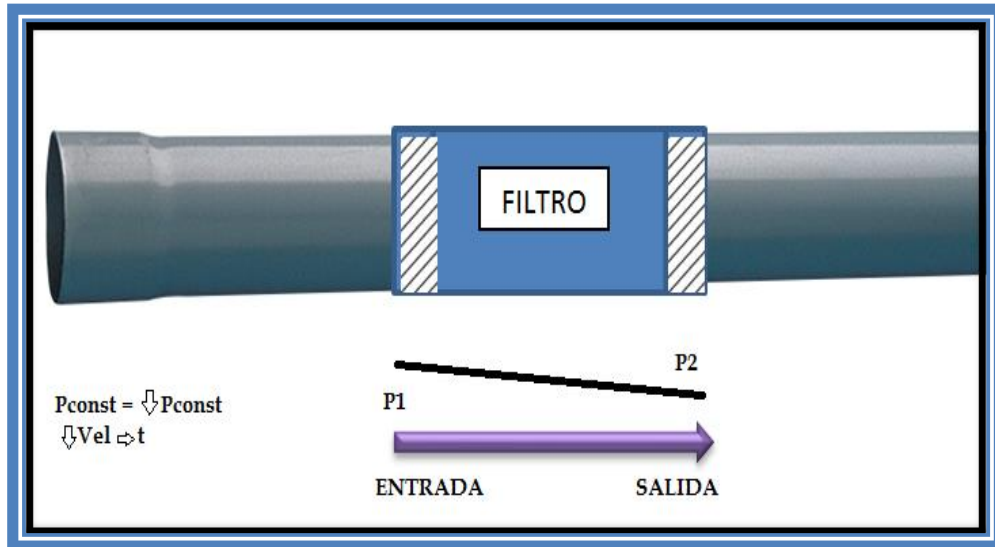
**Figura 14 Sustancias impuras retenidas por un medio filtrante**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

A medida que transcurre el proceso en la filtración a presión constante, la caída de presión permanece invariable y la velocidad de flujo va disminuyendo con el tiempo.



En la figura 15 se observa la caída de presión en un medio filtrante.



**Figura 15 Caída de presión en un filtro**

**Elaborado por: Cándida Ordóñez**

Los sistemas de filtración eliminan los contaminantes y la suciedad del sistema. Algunos consisten en filtros de partículas para la remoción de sólidos. La confiabilidad de un sistema de filtración depende en gran parte de los medios filtrantes, estos deben ser de un tamaño adecuado para retener las partículas contaminantes. También, deben ser mecánicamente fuertes y resistentes a la acción corrosiva del fluido y ofrecer poca resistencia, como sea posible, al flujo del filtrado, de manera que cumplan con la función de remover contaminantes del fluido y lograr el nivel requerido de limpieza.

## **5.2 CONSIDERACIONES BÁSICAS**

### **5.2.1 Intervalos de filtración**

Para puntualizar el grado de fineza de la filtración, intervienen varios factores, los más importantes son:

- Estructura del medio filtrante.

- Método usado en la medición del tamaño de las partículas.
- Mecanismos de separación.
- Tamaño de las partículas suspendidas.

En la Tabla No. 12 se observan los diferentes tipos de filtración de acuerdo al tamaño de las partículas.

$\mu\text{m}$	0.001	0.01	0.1	1.0	10	100	1000
Intervalo	Iónico	Molecular	Macro Molecular		Macro partícula		Macro partícula
	Acuosas		Proteínas, Albuminas		Células	Levadura	
	Radio atómico	Endotoxinas Pirógenos		Bacterias		Arena de Playa	
	Azúcar	Virus		Pruebas de polvo fino		Carbón Activado granulado	
	Iones metálicos	Pigmentos sintéticos	Humo de Tabaco				
				Emulsión de látex			Camas de resina de intercambio iónico
	Pesticidas	Silica coloidal		Pigmento azul índigo		Células Sanguíneas	Polen
			Fibras de Asbesto				
		Gelatina			Polvo de carbón		Cabello de humano
Proceso de Filtración	Híper filtración		Ultra Filtración				
		Nano filtración		Micro filtración	Filtración de partículas		

**Tabla No. 12 Diferentes tipos de filtración de acuerdo al tamaño de las partículas**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

### 5.2.2 Mecanismos de separación

Los mecanismos más importantes que ocurren durante el proceso de filtración son:

- Retención de las partículas sólidas o semisólidas.
- Resistencia del medio filtrante al paso de dichas partículas.
- Formación de una complicada red de canales por partículas.

Este es el principio básico de retención de las partículas suspendidas en un fluido. Ahora bien, de acuerdo al objetivo de la filtración, las características de las partículas y del medio filtrante pueden presentar diferentes mecanismos de separación que se describen a continuación:

### 5.2.3 Filtración por superficie o por medio filtrante

Las partículas de mayor tamaño que los diámetros de los poros del medio filtrante se retendrán sobre la superficie y las partículas que sean menores a dichos diámetros pasarán y bloquearán los capilares del indicado medio. En este tipo de separación, la cantidad de partículas depositadas no llegan a formar un lecho de sólidos de espesores considerables. Ejemplos: polvo de carbón, levadura.

En la figura 16 se observa el ingreso de las partículas en el medio filtrante.

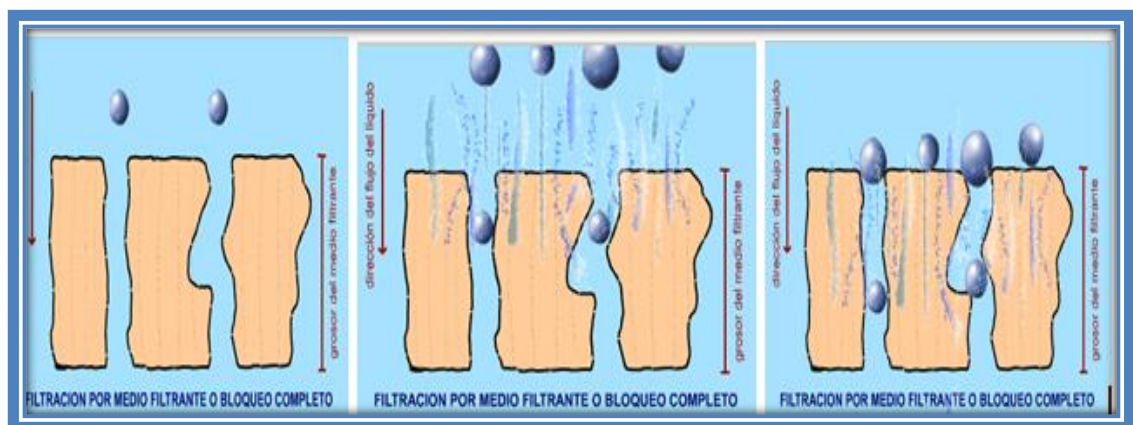


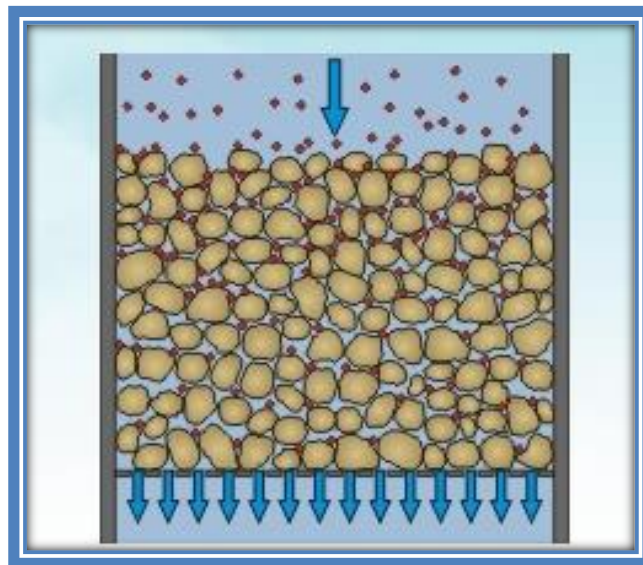
Figura 16 Ingreso de partículas en el medio filtrante

Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde

### 5.2.4 Filtración profunda

Comparando con el mecanismo de superficie, las partículas de menor tamaño en referencia al diámetro serán retenidas dentro del medio filtrante. Esto ocurre por adherencia de las partículas en las paredes del filtro y sobre las ya depositadas. Conforme la unidad filtrante se carga con partículas la resistencia aumenta. Cuando el ciclo de separación termina, la cama con partículas debe ser cambiada. Ejemplos: filtros de cerámica o cuarzo, camas de resina de intercambio iónico, lechos de materiales fibrosos o carbón activado que están soportados sobre un medio filtrante.

En la figura 17 se observa la filtración profunda de las partículas.



**Figura 17 La filtración profunda de las partículas**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

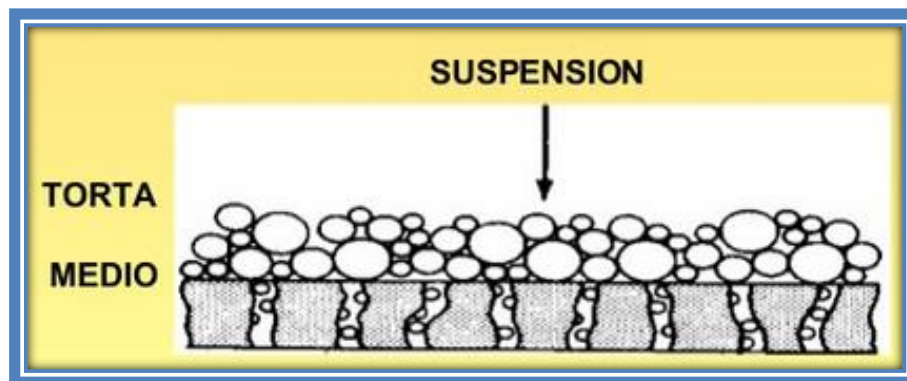
### **5.2.5 Filtración de torta**

Es el mecanismo más común en los procesos industriales y el que más interesa al ingeniero químico.

Las partículas depositadas se acumulan y forman un lecho o torta sobre el medio filtrante, el cual puede también actuar como medio filtrante. Esto depende de su espesor, porosidad y permeabilidad.

En todos estos tipos de separación existe una fuerza impulsora dada por una diferencia de presiones, entre la presión de entrada de las partículas suspendidas y la presión del fluido a la salida.

En la figura 18 se observa un mecanismo de filtración de torta.



**Figura 18 Filtración de Torta**

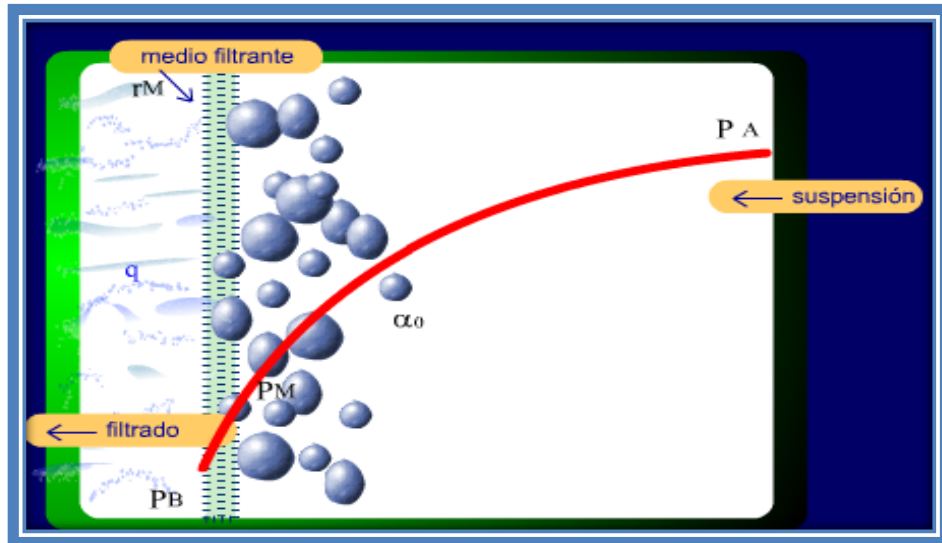
**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

### **5.2.6 Distribución de la diferencia de presión**

Desde el punto de vista de la mecánica de fluidos un filtro es un dispositivo que sirve para manejar el flujo de un fluido.

Debido a la diferencia de presiones entre la presión de entrada de la suspensión y la salida del filtrado, el flujo resultante es forzado a seguir por medio de dos resistencias: la del medio filtrante ( $r_M$ ), y las partículas que se van depositando y resistencia de la torta o del lecho ( $\Delta 0$ ). El depósito de las partículas termina hasta que la cámara disponible se agota por completo.

En la figura 19 se observa la caída de presión en una cámara de filtrado.



**Figura 19 Caída de presión en una cámara de filtrado**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

### 5.2.7 Ecuaciones básicas

El flujo de filtrado ( $q$ ), depende de una fuerza impulsadora ( $\Delta P$ ), y lo que se opone al flujo es la resistencia del medio filtrante y de los sólidos depositados es decir, ( $R$ ); esto se puede expresar como:

$$q = K \Delta P \quad (1)$$

Dónde:

$K$  = es el coeficiente cuyo valor depende de las características de los sólidos y del medio filtrante; es decir, el flujo de filtrado depende de la permeabilidad de la torta y del medio filtrante.

$$K = 1/R \quad (2)$$

El desarrollo de la teoría de la filtración se inicia con el trabajo de Poiseuille quien publicó, en 1842, una relación matemática del flujo laminar estacionario de un líquido newtoniano a través de un capilar:

$$q = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8 \mu L} \quad (3)$$

Dónde:

Q = es el flujo volumétrico del fluido

r = el radio del capilar

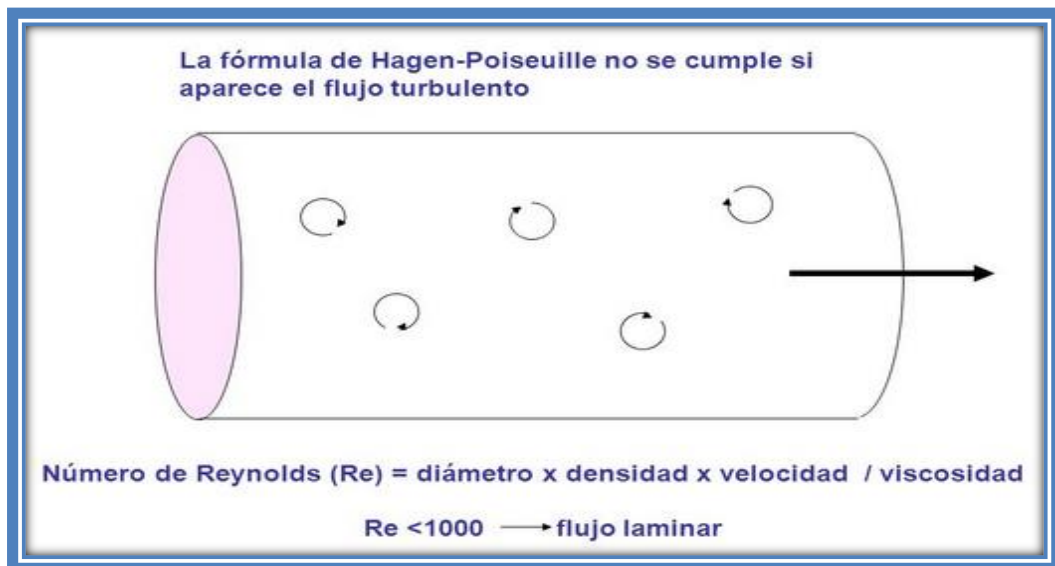
$\Delta P$  = es la caída de presión a través del capilar

$\mu$  = es la viscosidad del fluido

L = es la longitud del capilar

En un flujo laminar las partículas se desplazan pero no rotan siguiendo su trayectoria definida, mientras en el flujo turbulento hay rotación de partículas y cambian la trayectoria.

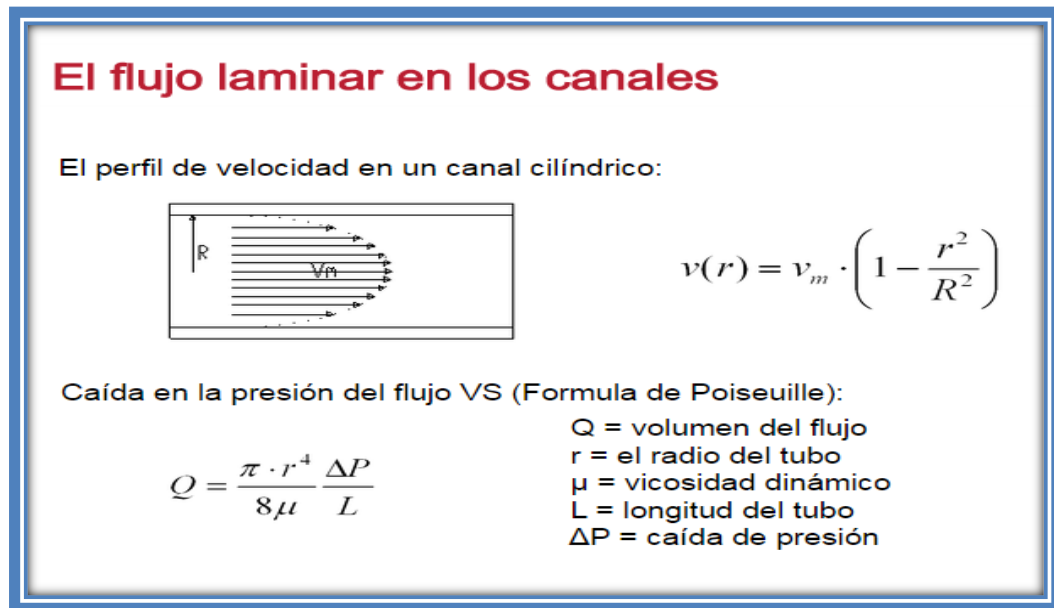
En la figura 20 se observa un tipo de fluido en caso de flujo laminar.



**Figura 20 Flujo Laminar**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

En la figura 21 se observa un tipo de fluido en caso flujo de laminar en canales.



**Figura 21 Flujo Laminar en canales**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

### 5.2.8 Resistencia de la torta

Para un sistema dado el coeficiente de permeabilidad, K, de un lecho está dado por:

$$K = \frac{e^3}{k' S_v (1 - e)^2} \quad (4)$$

K', S<sub>v</sub>, y e, dependen de la caída de presión en la torta es decir ΔP, estos valores varían a través de la torta; sin embargo, si se considera un valor promedio, los valores locales son reemplazados por la llamada resistencia específica de la torta (Δ<sub>0</sub>), es decir:

$$\frac{1}{\alpha_0} = \frac{e^3}{k' S_v (1 - e)^2} \quad (5)$$



### 5.2.9 Resistencia del medio filtrante

Sperry fue uno de los primeros en establecer que la resistencia a la filtración está compuesta por dos resistencias en serie; de la torre y del medio filtrante

En la figura 22 se observa la relación entre volumen y tiempo de una suspensión comparada con un líquido limpio.

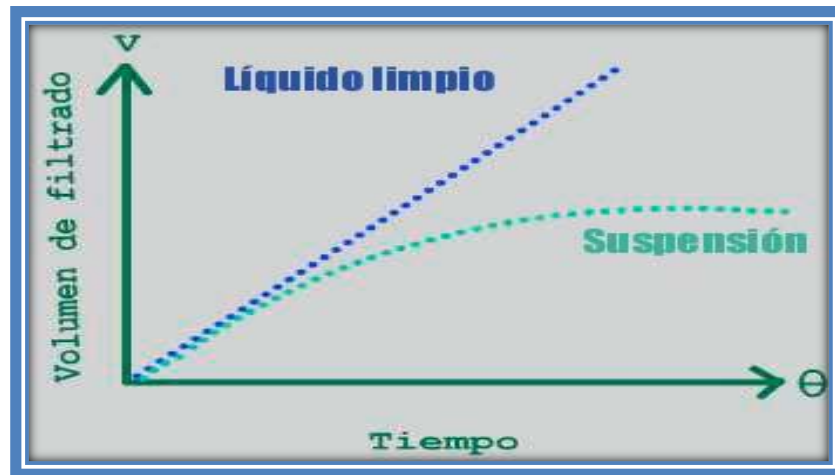


Figura 22 Curva de Filtrado vs. Tiempo

Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde

## 5.3 FACTORES A CONSIDERAR EN EL REDISEÑO

En la mayor parte de los casos, lo que interesa son los sólidos, siendo sus propiedades físicas y tamaño de gran importancia. Los principales factores a considerar al rediseñar y seleccionar el equipo son:

### 5.3.1 Separación o eficiencia de la filtración:

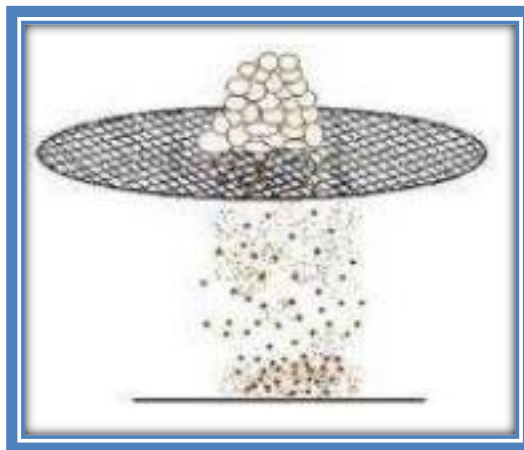
Depende de las características del filtro, distribución de partículas y naturaleza de los sólidos.

La habilidad de un sistema de separar impurezas para retener partículas se debe principalmente a fenómenos físicos, algunos son mecánicos como el efecto tamiz y otros superficiales, como son el efecto por intercepción y efecto inercial.

### **5.3.1.1 Intercepción directa**

Es el mecanismo principal de filtración de un líquido. Es un tamizado que retiene mecánicamente las partículas que son removidas dentro de la estructura cuando ésta es más grande que la trayectoria del medio poroso.

En la figura 23 se observa un tamizado retenedor de partículas.



**Figura 23 Tamizado retenedor de partículas**

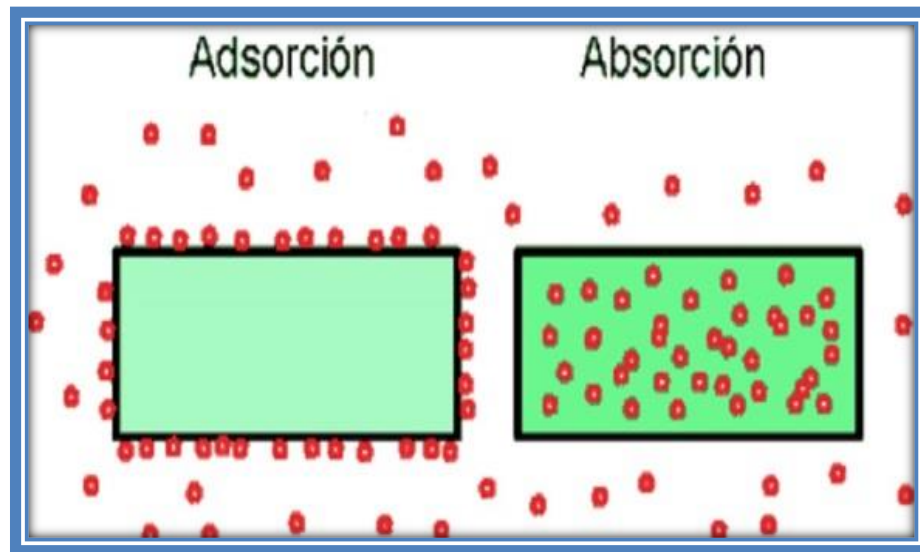
**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

### **5.3.1.2 Impacto inercial**

Las fuerzas inerciales provocan que las partículas sean retenidas mediante la adsorción a medida que el fluido cambia de dirección.

El caudal tiene que seguir un camino riguroso cuando fluye a través del medio filtrante. Esto aumentará su efectividad, por este mecanismo, se retienen partículas menores al tamaño de los poros, debido a las interacciones de superficie (cargas opuestas), y a las fuerzas de Van der Waals.

En la figura 24 se observan algunos tipos de mecanismos.



**Figura 24 Tipos de Mecanismos**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

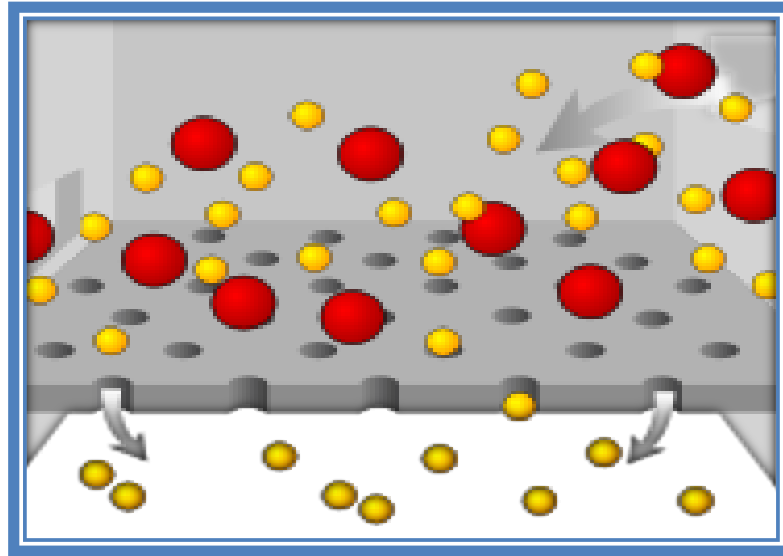
La **adsorción** es una transferencia de masa, un proceso por el cual los átomos o moléculas de una sustancia que se encuentran en una fase determinada, son retenidos en la superficie por otra, que se encuentran en un estado distinto.

Por otra parte, la **absorción** es un proceso en el cual las partículas de una fase penetran casi uniformemente en la de otra, constituyéndose una "solución" con esta segunda.

### **5.3.1.3 Intercepción difusional**

Las moléculas de gas se encuentran en un estado de movimiento aleatorio golpeando las pequeñas partículas suspendidas en éste, las colisiones generan un movimiento Browniano, aumentando las posibilidades de que estas se impacten en el medio filtrante o sean retenidas por fuerzas de adsorción.

En la figura 25 se observa el movimiento Browniano.



**Figura 25 Partículas de Gas en el movimiento Browniano**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

En la tabla No. 13 se muestra la correlación entre los diferentes efectos de filtración que están relacionados con: velocidad, tamaño de la partícula, diámetro de las fibras y densidad del medio filtrante.

MECANISMO	VELOCIDAD	TAMAÑO DE PARTÍCULAS	DIÁMETRO DE LA FIBRA	DENSIDAD DEL MEDIO FILTRANTE
INERCIA	+	+	-	+
INTERCEPCIÓN	0	+	-	+
DIFUSIÓN	-	-	-	+

**TABLA No. 13 Eficiencia de filtración**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

+ La eficiencia aumenta con la velocidad, tamaño.

- La eficiencia disminuye.

0 La eficiencia es independiente.

### 5.3.2 Micrón rating o tasa de eficiencia de filtración

El “rating”, tasa de eficiencia, o clasificación del tamaño de un filtro es una manera de indicar su habilidad de eliminar contaminantes por las dimensiones de las partículas expuestas. Esto, no indica precisamente la eficiencia ni la capacidad del filtro, solamente se aplica a filtros de líquidos.



En la figura 26 se observa la comparación del tamaño de una partícula.

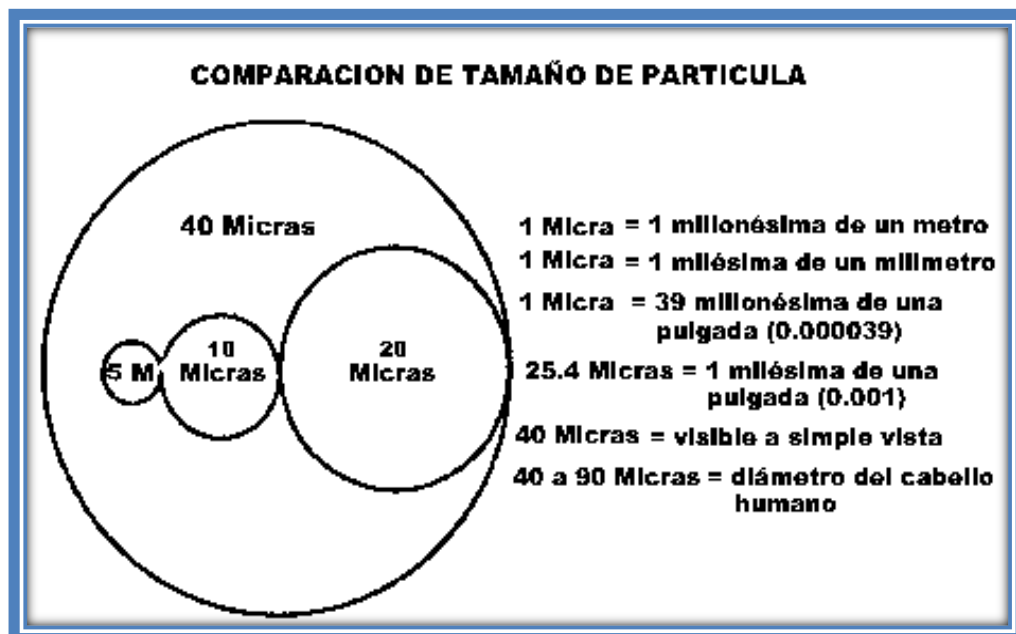


Figura 26 Comparación de tamaño de Partícula

Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde

Un filtro con un rating o clasificación de 10 micrones tiene la capacidad de capturar algunas partículas que sean muy pequeñas.

Sin embargo, no existe un método aprobado para medir y describir el tamaño de partículas que un filtro puede capturar o la cantidad total de partículas que el filtro puede retener

Los dos métodos más comunes para clasificarlos son:

- Nominal:** {
  - Captura 50% de las partículas de ese tamaño o mayores.
- Absoluto:** {
  - Captura 98.7% de las partículas de ese tamaño o mayor.

### 5.3.3 Grado de eficiencia

Un 100% para partículas parcialmente grandes y un 0% para partículas relativamente pequeñas.

### 5.3.4 Tasa de filtración

El tamaño de partículas retenidas por el filtro se expresa en micrones. Otros factores como el flujo, el fluido, la naturaleza y la distribución del tamaño de los sólidos tienen influencia sobre la tasa de filtración.

### 5.3.5 Capacidad y volumen potencial de sólidos retenidos

Es la capacidad de sólidos que el filtro retiene a la caída de presión máxima recomendada para provocar recambio de los medios filtrantes. Se puede expresar en masa y en volumen, en función del flujo y de las propiedades de las partículas, tales como la permeabilidad.

### 5.3.6 Área de filtración

Se puntualiza como el sector accesible para el flujo de fluidos, ésta es difícil de cuantificar. El área superficial de un filtro promedio usado en flujo paralelo, es independiente de la porosidad del medio y del número de capas de éste.

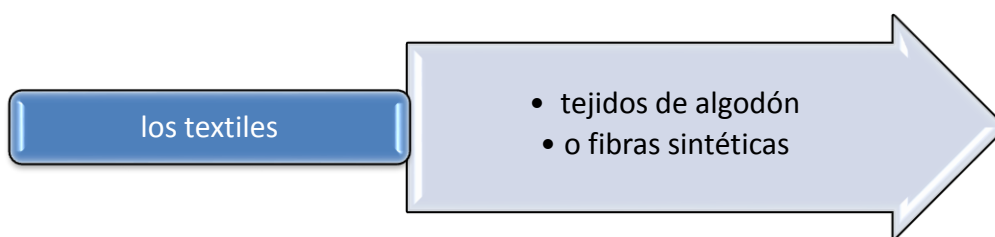
### 5.3.7Tiempo de filtración

Es el tiempo necesario para incrementar la bajada de presión desde la caída de presión del sistema limpio hasta la máxima recomendada para iniciar la limpieza y poder cambiar el medio filtrante.

### 5.4CONSIDERACIONES FÍSICAS

La elección del medio de filtración es la consideración más relevante para asegurar el funcionamiento satisfactorio de un filtro. Se debe escoger por la capacidad para retener los sólidos que tienen que separarse del fluido. El medio filtrante debe ser mecánicamente fuerte, resistente a la acción corrosiva del fluido, y debe ofrecer tan poca resistencia como sea posible al flujo. Normalmente se utilizan tejidos, pero los materiales granulares y los sólidos porosos resultan útiles para la filtración de líquidos corrosivos.

Entre los materiales utilizados para la fabricación de los medios filtrantes se tienen los siguientes:





## **5.5 TIPOS DE ELEMENTOS FILTRANTES**

### **5.5.1 Elemento de malla metálica**

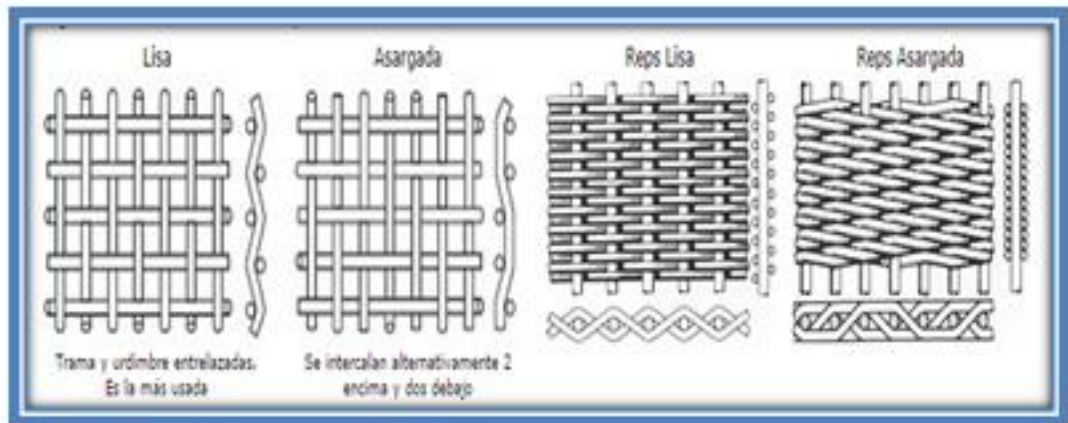
Por su construcción y materiales pueden ser limpiados y reutilizados un sin número de veces.

Retenciones: 5 a 840 micrones.

Las telas y mallas son tejidos metálicos de diferentes tipos de acero inoxidable, es un medio de filtración eficaz, utilizados para separar, cribar o tamizar diferentes tipos de productos y pueden ser utilizadas en cualquier industria.

En la figura 27 se observan los diferentes tipos de mallas de acero inoxidable.





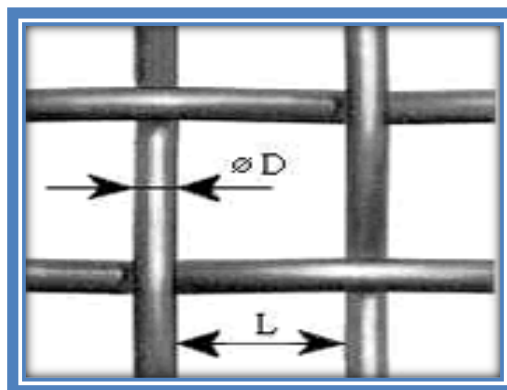
**Figura27 Tipos de mallas de acero inoxidable**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

La malla de acero inoxidable de tejido plano es utilizada muy comúnmente en la separación de mezclas a baja presión, que al ser tejida de dos hilos, permite utilizar alambres más gruesos con una abertura más cerrada, lo cual proporciona mayor resistencia y puede soportar más presión.

Para la construcción de un tejido metálico se hace un entrelazamiento de alambres que forman entre sí las mallas; estos alambres se identifican como urdimbre y trama.

En la figura 28 se observa un tejido metálico.



**Figura 28 Tejido Metálico**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

La distancia entre los ejes de las mallas representa el espacio entre la línea central de un alambre y la del otro.

Se entiende por luz de la malla a la abertura útil de pasaje. La superficie de paso es la relación al tanto por ciento entre la superficie total de los ojos de las mallas y la total de la tela.

**Mesh:** representa el número de luces de mallas dentro de una pulgada inglesa, equivalente a 25.4 mm.

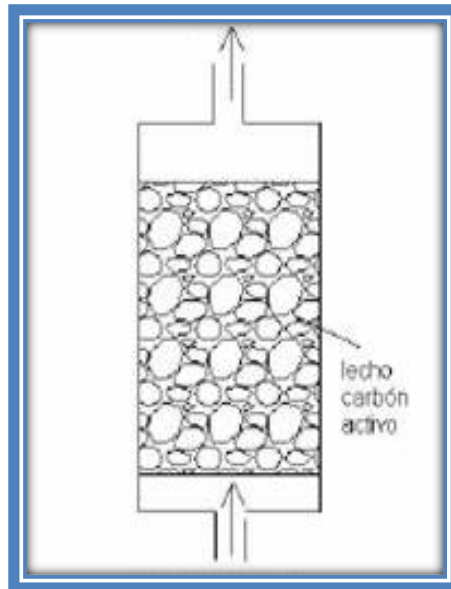
### **5.5.2 Carbón activado: función- composición – características**

La adsorción es una fase donde un sólido es utilizado para eliminar una sustancia que queda adherida mediante fuerzas físicas intermoleculares a la superficie del sólido. En este proceso el carbón activado es el sólido.

Se utilizan para la eliminación selectiva de diversas sustancias (azufre, nitrógeno, boro, fósforo, alógenos, amoníaco, cloro, cloraminas, olores, aceites...).

Los gases a tratar ingresan en una columna rellena de carbón activado, estos circulan por el interior de la unidad filtrante, en contacto con el carbón activado que actúa de filtro donde se quedan adsorbidos contaminantes presentes en el gas, finalmente el gas limpio se expulsa al exterior.

En la figura 29 se observa el lecho de carbón activado.



**Figura 29 Lecho de Carbón Activado**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

Desde el punto de vista de la composición química, el CA es carbón prácticamente puro, al igual que el diamante, grafito, negro de humo, y los diversos carbones, o leñas.

En la figura 30 se observan gránulos de carbón activado.



**Figura 30 Carbón Activado**

**Fuente: Petroamazonas**

## **5.6 SELECCIÓN DEL FILTRO**

### **5.6.1 Características principales**

El separador de impurezas está provisto de elementos filtrantes reemplazables (sin desmontar el equipo de la línea), de malla metálica formando un filtro de canasta simple. Tendrán capacidad para retener partículas de 5  $\mu\text{m}$  y mayores.

Los elementos filtrantes serán compatibles con el gas licuado de petróleo y las presiones de diseño del sistema.

El cuerpo del equipo será fabricado totalmente soldado.

La calificación de los soldadores y los procedimientos deberán ser realizadas por representantes de los organismos habilitados o cumpliendo Normas Internacionales o de NTE INEN: Fundación Latinoamericana de Soldadura, Instituto Nacional de Tecnología Industrial (I.N.T.I.) y RFO Soldadura, NTE INEN.

### **5.6.2 Rediseño del equipo**

En el rediseño se utilizarán los siguientes materiales:

- Tubería 12" tipo cruz con 2 bridas ciegas (superior e inferior).
- Malla de acero inoxidable de 5 $\mu$  (filtro simple en forma de canasta).
- Carbón activado granos 10 $\mu$ .
- Bidas.
- Espárragos.
- Pintura.
- Placa de identificación.

La tubería tipo cruz de acero aleado de 12" de diámetro, con dos bridas ciegas que sirven de tapa o cierre, para poder colocar en su interior la malla metálica de 5 micrones en forma de filtro canasta, ofrece un área de filtración máxima y gran

capacidad para mantener y acumular solidos filtrados. Se procede a llenar la canasta con gránulos de 10 micrones de carbón activado (por su propiedad de adsorción), mientras que el flujo de salida de la cesta asegura que en su mayoría los contaminantes sean retenidos en el filtro.

Es compacto en su construcción y cuenta con un sistema de apertura rápida, que permite un simple y sencillo cambio del elemento filtrante sin necesidad de herramientas especiales.

Opera con gran eficiencia, minimizando así los mantenimientos y alargando la vida útil del equipo.

En la figura 31 se observa la colocación de la unidad filtrante.

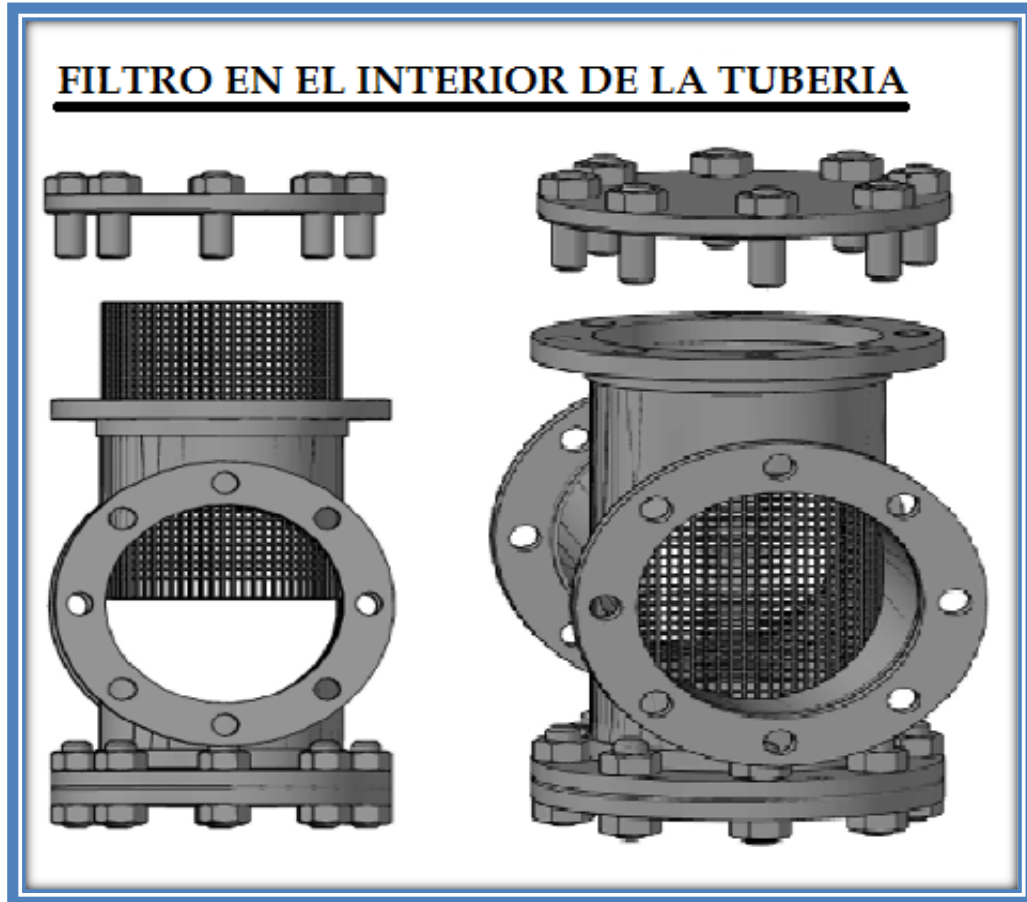


**Figura 31 Colocación de la Unidad Filtrante**

**Elaborado por: Cándida Ordóñez**

El filtro colocado en su posición normal, o sea desde la parte superior de la tubería, sería el medio para el cambio del elemento filtrante, la brida ciega que se encuentra en la parte inferior se cerraría.

En la figura 32 se observa el filtro en el interior de la tubería.



**Figura 32 Filtro en el interior de la Tubería**

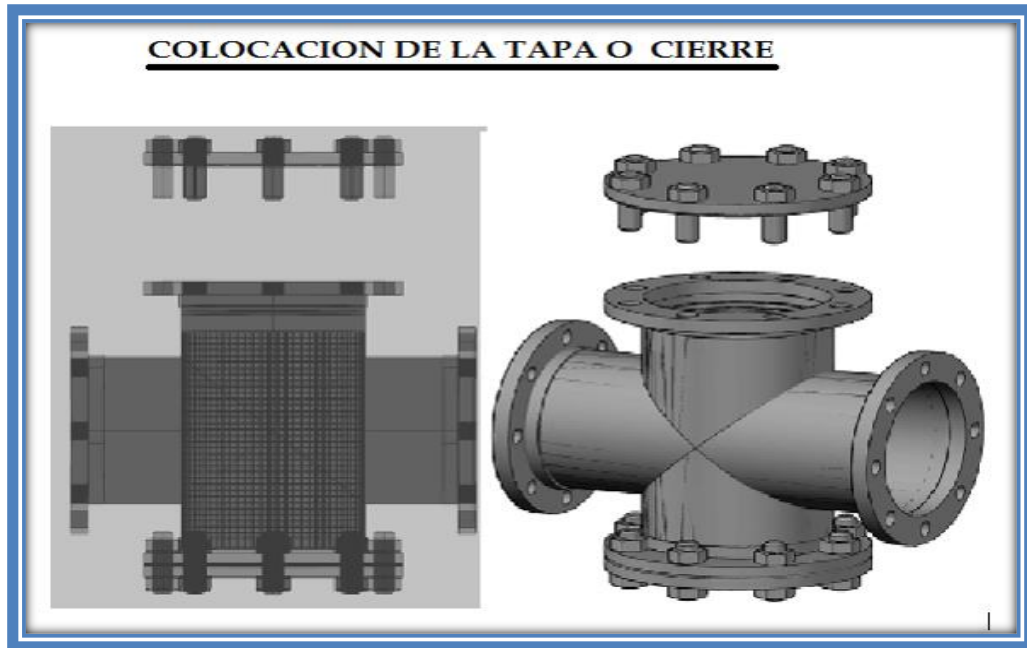
**Elaborado por: Cándida Ordóñez**

La canasta que contiene el carbón activado, cae en su totalidad, asentándose en la base, para evitar movimientos.

Las ventajas del filtro canasta son:

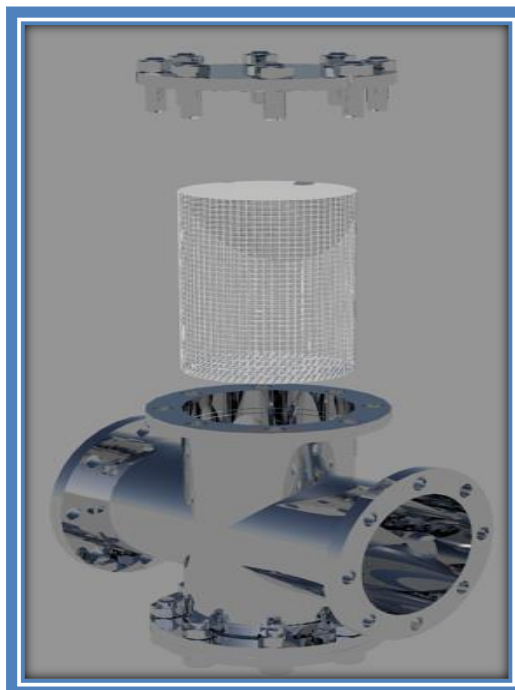
- Pueden limpiarse y ser reutilizados.
- Sistema de apertura y cierre rápido para un fácil acceso al filtro interior.

En la figura 33 se observa la colocación de la tapa o cierre de un filtro.



**Figura 33 Colocación de la tapa o cierre**  
**Elaborado por: Cándida Ordóñez**

En la figura 34 se observa el rediseño de la unidad filtrante.



**Figura 34 Rediseño de la Unidad Filtrante**  
**Elaborado por: Cándida Ordóñez**

### 5.6.2.1 Bridas

Pueden ser de tipo SO-RF o WN-RF para Serie 150 y Serie 300, y serán WN-RF para Serie 600. Son construidas en acero ASTM-A-105 y responden a la norma ANSI B 16.5.

#### **5.6.2.2 Espárragos**

Espárragos totalmente roscados de acero ASTM-A 193 B7. Tuercas de acero ASTM-A 192 - 2H.

#### **5.6.2.3 Conexiones**

Las conexiones del equipo a la línea serán bridadas.

#### **5.6.2.4 Pintura**

Se utiliza pintura epoxi autoimprimante de muy alto contenido de sólidos, tipo AMERLOCK 400, con un espesor mínimo de 300 micrones, previa preparación de la superficie mediante arenado a presión hasta que el metal quede casi blanco, de acuerdo con la Norma SIS 055900/67 SA 2 1/2 (patrones visuales).

La terminación se realizará mediante la aplicación de dos manos de esmalte sintético de color blanco.

#### **5.6.2.5 Placa de identificación**

Será de aluminio, llevará grabado como mínimo los datos que a continuación se detallan:

- Flecha indicando dirección del flujo.
- Marca y/o nombre del fabricante.
- Material y espesor de la envolvente y del cabezal.
- Cantidad de elementos filtrantes.



- Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/h).
- Año de fabricación.

#### **5.6.2.6 Tapa de cierre superior**

Es una brida ciega con sus respectivos espárragos y tuercas según las normas utilizadas anteriormente. La norma de aplicación responderá al Código ASME, Sección VIII, División 1, última revisión.

### **5.6.3 Parámetros del rediseño**

#### **5.6.3.1 Presión de rediseño**

La presión de rediseño no será menor que la presión a las condiciones más severas de presión y temperaturas coincidentes, externa o internamente, en operación normal.

Se debe descartar la pérdida involuntaria de presión, externa o interna, que cause máxima diferencia de presión.

#### **5.6.3.2 Temperatura del rediseño**

Los requisitos para determinar la temperatura del metal de diseño para tuberías son los siguientes:

Para componentes de tubería con aislamiento externo, la temperatura del metal para diseño será la máxima temperatura de diseño del fluido contenido.

Para componentes de tubería sin aislamiento externo y sin revestimiento interno, con fluidos a temperaturas de 32°F (0°C) y mayores, la temperatura del metal para diseño será la máxima temperatura de rediseño del fluido reducido.

## **5.7 GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO DE LA UNIDAD FILTRANTE**

El carbón activado no es un filtro, es una carga filtrante.

En el caso del carbón, lo más aconsejable es reemplazarlo en lugar de lavarlo, porque los microporos ya estarán saturados y un lavado común no servirá para volver a activar ese carbón.

En lo que se refiere a la superficie porosa del carbón activado, el tiempo de vida del elemento es elevado. Sin embargo, cuando se presenta una disminución notable de la capacidad de adsorción de los productos contaminantes es necesaria la regeneración del carbón activado, lo cual se realiza por medio de la pirolisis del material a 800 °C en una atmósfera controlada para evitar la ignición del carbón. Sin embargo, siempre se producen pequeñas pérdidas de carbón activado que deben ser restituidos.

Una vez que el proceso de regeneración ha terminado, el carbón activado puede ser reutilizado en el proceso sin pérdida de eficiencia.

Tiempo de mantenimiento aproximado 30 minutos. Lo recomendable es cambiarlo cada año.

**CAPITULO VI**  
**IMPLEMENTACIÓN DEL REDISEÑO DE LA UNIDAD FILTRANTE**  
**EN EL BOMBEO DE DESPACHO DE GLP EN LA PLANTA DE GAS**  
**EN MONTEVERDE**

## 6.1 FILTROS EXISTENTES EN LA PLANTA

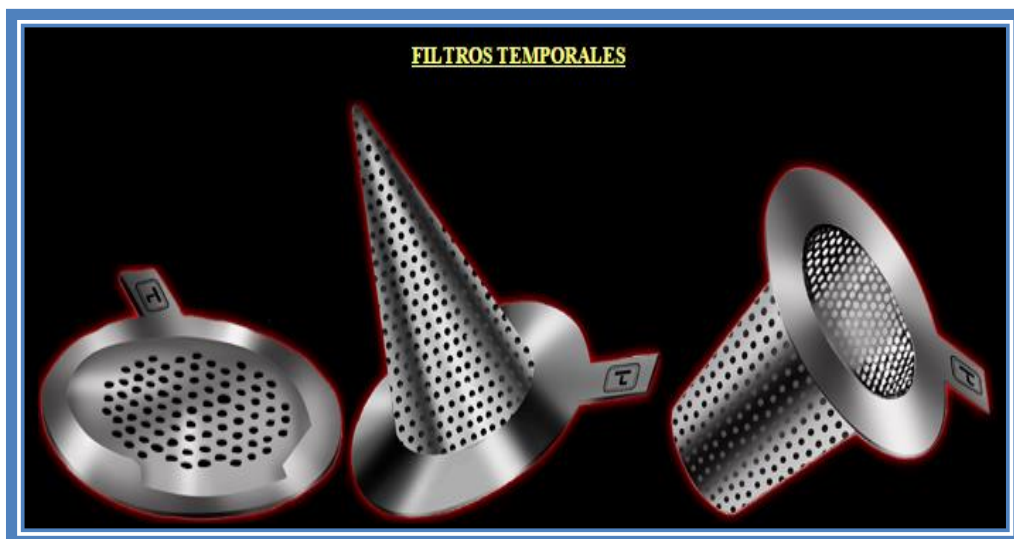
### 6.1.1 Filtros temporales

Son dispositivos que se emplean temporalmente en un gasoducto para el arranque de plantas, para remover impurezas que contenga la tubería durante el inicio de la operación, con el fin de proteger los equipos; luego, se lo retiran con facilidad.

Los tipos de filtros temporales disponibles en gasoductos son:

- Cono completo
- Cono truncado
- Tipo plano o tipo Te

En la figura 35 se observan los diferentes filtros temporales.



**Figura 35 Filtros temporales o Sombreros de brujas**

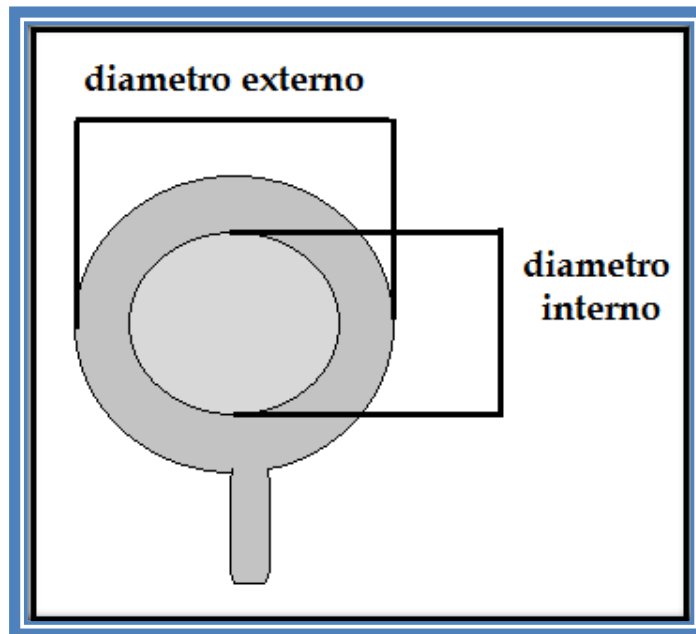
**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

El filtro temporal usado en la Planta de Almacenamiento de GLP es el cono completo o también llamado sombrero de bruja.

### 6.1.1.2 Filtro Cono Completo

Los filtros perforados sombreros de bruja (Asmeclase 150- 1500) son de tipo: cono, cesta tipo 2, tubería: 12".

En la figura 36 se observa el diámetro externo e interno de la cónica de un material filtrante.



**Figura 36 Cónica material de filtro**  
**Elaborado por Cándida Ordóñez**

Los filtros de conos temporales son de acero inoxidable con serie 302, 304, 316, 321.

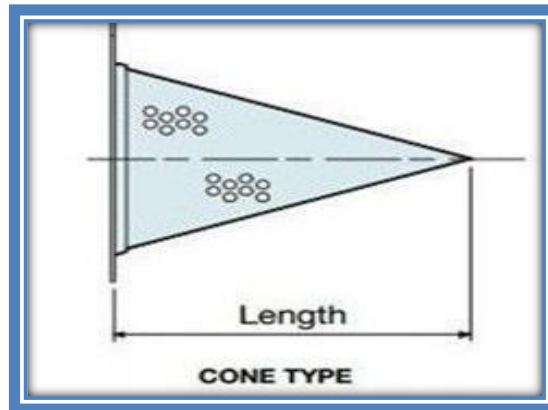
En la tabla No. 14 se observa la longitud de los diferentes conos completos.

DN TAMAÑO TUBERIA	TIPO DE CONO			
	LONG 100%	LONG 150%	LONG 200%	LONG 300%
1	3	4	5	6
1 – ½	3 – ½	4 – ½	6	9
2	4	6	8	11
2 – ½	4	6	8	11
3	5	7	9	13
4	8	10	12	18
8	12	17	23	33
10	14	21	28	41
12	16	25	34	49
14	18	27	36	53
16	21	31	40	61
18	24	35	46	68
20	26	38	51	76
24	31	45	61	90
30	38	57	76	114
36	46	68	91	130

**Tabla No. 14 Longitud de los diferentes conos completos**

**Elaborado por: Cándida Ordóñez**

En la figura 37 se observa la longitud del cono



**Figura 37 Longitud del cono**

**Fuente: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

Ventajas:

- Fácil de instalar y eliminar
- De bajo costo y peso

Desventajas:

- Se desmonta la tubería de 12" para la colocación del filtro cono.

## **6.2 INSTALACIÓN DE LA UNIDAD FILTRANTE**

Verificación antes de la puesta en operación:

- Verificar que la instalación está lista para operar de conformidad con las normativas y según las normas de buenos procedimientos en el empleo de GLP.
- El filtro puede ser instalado en posición vertical paralela.
- Comprobar que el espacio alrededor del filtro permita ejecutar cómodamente las operaciones normales de mantenimiento, incluyendo el cambio de la malla de acero inoxidable y el carbón activado.
- Cerciorarse que las válvulas estén cerrada.
- Verificar que todo el sistema esté perfectamente operable.

### 6.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA UNIDAD FILTRANTE

- Para el funcionamiento del filtro se necesita cerrar primero la válvula de bola que es la más cercana al filtro para detener el flujo de fluido (GLP), su característica principal es el cierre rápido.
- Luego el GLP remanente en la tubería se evacúa y se quema por una purga con la utilización de una chimenea que se emplea para el mantenimiento de la planta, luego se instala el explosímetro de gas para ver los porcentajes de gas licuado de petróleo para que se cumplan las condiciones o normas de soldaduras adecuadas. En otros casos se puede utilizar limpieza con nitrógeno.
- Por otro lado, en toda empresa de gas, según regulaciones de la ARCH, deben quemar el gas sobrante luego del cambio de algún accesorio, mantenimiento o corte de la tubería.
- Se aflojan las tuercas con sus respectivos espárragos para así separar las bridas, para que se desmonte la línea de 12", se extrae el filtro temporal de cono completo y el empaque respectivo.
- Luego se procede a soldar la brida en la tubería que se cortó para poder juntarla con el tubo en cruz que contiene el filtro.
- Conectar ambos lados al tubo en cruz y ajustar las tuercas a los espárragos según las normas indicadas anteriormente.
- Colocar la tapa de cierre o brida ciega, de igual manera ajustar las tuercas con sus respectivos espárragos.
- Se cubre la tubería tipo cruz con aislamiento térmico (poliuretano o foamglass), para moldearla se utiliza rubitherm y polio forrado con una capa de aluminio o tool galvanizado.
- Tiempo de instalación aproximado 15 horas.



En la figura 38 se observa la salida del filtro temporal



**Figura 38 Salida del filtro temporal**

**Elaborado por: Cándida Ordóñez**

En la figura 39 se observa la implementación del rediseño del Separador de Impurezas.



**Figura 39 Implementación del rediseño del Separador de Impurezas**

**Elaborado por: Cándida Ordóñez**

#### **6.4 BOMBAS UTILIZADAS PARA EL DESPACHO DE GLP**

Las bombas de GLP son diseñadas para un despacho normal de 8000 Ton/d. En contingencia máxima, estas bombas podrían despachar hasta 16000 Ton/d. Para despachar 19000 Ton/d, se usará la facilidad de despachar sin pasar por las esferas, directo del sistema de mezcla y medición.

A continuación se presentan las especificaciones de los productos de PETROECUADOR:

GLP: Temperatura de 0°C (32°F) y presión de 14 bar (203.05 psig), información suministrada por FLOPEC. La temperatura de 0°C puede cumplirse si despacha a PETROECUADOR desde el sistema de mezcla y medición. Si bombean desde almacenamiento presurizado(esferas), la temperatura será la que corresponda a la que tenga el ambiente en el momento del bombeo.

**CAPÍTULO VII**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **7.1 CONCLUSIONES:**

Los filtros temporales de cono completo llamados “sombreros de brujas”, instalados en el sector de bombas de salida del flujo del GLP, no son eficientes porque ocasionan serios problemas operativos al tratar de reemplazarlos. Tiempo de mantenimiento 1 día.

Los filtros temporales solo retienen impurezas de gran tamaño molecular (10 micras), debido a que la tasa de filtración no es muy alta.

El periodo de operación de los filtros temporales es muy corto (1-3 meses).

## **7.2 RECOMENDACIONES:**

Para el cambio del medio filtrante (separador de impurezas) no desmontar la tubería, en su lugar hacerlo mediante un sistema de apertura, cierre rápido y facilitando el acceso al filtro, por consiguiente se alargaría la vida útil del equipo.

Utilizar carbón activado en la unidad filtrante por sus propiedades importantes de adsorción, gran superficie porosa y por su tiempo de vida útil que es elevado.

Utilizar equipos de filtración permitiría una operación más eficiente, eliminando al máximo sustancias contaminantes, tales como nitrógeno, azufre, boro, amoníaco, cloro, olores y fósforo.

### 7.3 REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA:

- **FLOPEC**, “Manual de Operación de Planta Monteverde”, 10/09/2012.
- **KAPLAN** EdJr., “Hydrocarbon gas (methane) in canned deep sea drilling project core samples”, “Natural gases in marine sediments new york plenum praps”, Hidratos del gas PDF.(revistas), 1974.
- **ROJAS** Maldonado Hugo Mauricio, “Implementación de un filtro de carbón activado”, QUITO, 2009.
- **MALDONADO** Gómez Jennifer, “Diseño conceptual del sistema de filtración de GLP” (PDF página #18).
- **GUEVARA** Granja Alejandro, “Diseño mecánico de una Planta de Almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo. Sangolqui 2006
- **NORMAS DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN**, “Especificación técnica para el montaje de filtro”. noviembre del 2004.
- **MORILLO** Moraima, “Diseño de planta de extracción de GLP en un sistema existente de compresión y transmisión de gas asociado”, Maracaibo, Septiembre de 2004
- **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**, REF: SCE-GT-500-0001/7, EMISIÓN: Noviembre de 2004
- **GOMEZ** Torres Jose Enrique, **MARTINEZ** VillalobozJose Antonio, **GALLEGOS** GarciaJose Manuel, “Unidad 3 Filtracion”, Instituto Tecnológico Superior de Tacambaro

- **PIRIS** da Motta, “Apuntes de Filtración”, Cátedra de Operaciones Ic, Facultad de Ciencias Exactas, Qcas. y Naturales, Universidad Nacional de Misiones-UNaM
- **FILTER MASTER**, “Filtros Magnéticos para Maquinaria Pesada y Transporte”
- **MALDONADO** Gómez Jennifer, “Diseño conceptual del sistema de Filtración para el tratamiento con dietanolamina-DEA del GLP proveniente de la unidad de ruptura catalítica (URC) en la gerencia Barrancabermeja, Bucaramanga 2006
- **DONOSO** Baquerizo Oscar Arturo, “Pruebas Experimentales en un Filtro de Mangas Tipo Pulse Jet del Laboratorio de Calidad del Aire de la FIMCP” Guayaquil –Ecuador Año: 2010
- **MEDINA** Rosero Julio Santiago, **MIRANDA** Alejandro Gabriel Alejandro, “Diseño de Filtración de Agua de Formación de pozos petroleros” Quito, 2007
- **FILTER MANUFACTURES COUNCIL**, “Clasificación por micras para filtros de líquidos”, Boletín de Servicio Técnico 89-5R
- **GUEVARA** Granja Alejandro David, **VINUEZA** Játiva Juan Gabriel, “Diseño mecánico de una planta de almacenamiento de GLP de 16000 toneladas métricas de capacidad”, Sangolqui, Junio 2005
- **GRIJALVA** Acosta Rubén Darío, “implementación del filtrado ciclónico en el proceso del tratamiento de jet fuel en la planta del terminal el beaterio de la empresa Petrocomercial” Quito –Ecuador, 2009

- **ECOPETROL** , Normas de Ingeniería de Producción, “Especificación técnica para el montaje de un sistema de filtración”, noviembre 2003
- **ALPCO** de México, “Sistema de Filtración”, México, 1999- 2013.
- **PROAÑO** Rodríguez Mercy G, “Sistema de almacenamiento de gas licuado de petróleo (GLP) en la planta Oyambaro – Petrocomercial”, Quito - Ecuador 2004 – 2005
- **CHANG**, Raymond. Química, Editorial McGraw-Hill, 6ta edición, México 1998.
- **DENNY** Lynn, **LUXON** Lester L, **HALL**Barbara, “Handbook, Butane-Propane Gases”, Los Ángeles California, 1988.
- **PETROECUADOR**, El Gas Licuado de Petróleo en el Ecuador, 2002.
- **UREN** L, Ingeniería de Producción del Petróleo, Continental, Mexico1985.
- **NELSON** W.L, Refinación de los Petróleos., 5ta. Edición, Traducido en 1972.



#### **7.4 GLOSARIO:**

**Petróleo.-**Sustancia compuesta por una mezcla de hidrocarburos, de color oscuro (negro, verde, etc.), y olor fuerte, más ligero que el agua, se encuentra en estado natural en yacimientos subterráneos en los estratos superiores de la corteza terrestre; la destilación fraccionada da productos de gran importancia industrial, tales como: gasolina, queroseno, alquitrán, solventes, etc.

**Propano.-** Gas incoloro e inodoro que se extrae del petróleo en bruto y se emplea como combustible industrial o doméstico.

**Butano.-** Gas incoloro y estable que se licúa fácilmente por presión y se emplea principalmente como combustible doméstico e industrial, siendo envasado en tanques de almacenamiento de acero que operan a altas presiones.

**Buques Tanques.-** Son empleados para transportar el gas natural o gas licuado, siendo muy sofisticados interiormente y de una alta tecnología que se traduce en un alto costo de construcción. Existen dos tipos de naves gaseros. LNG (Liquefied Natural Gas) y los de GLP.

**GLP.-** Gas licuado del petróleo, es una mezcla de gases licuados presentes en el gas natural o disueltos en el petróleo. Los componentes del GLP, aunque a temperatura y presión ambientales son gases, son fáciles de licuar, de ahí su nombre.

**Caudal.-** Es el flujo de fluidos.

**Gas.-** Fluido sin forma ni volumen propios, cuyas moléculas tienden a separarse unas de otras y presentan mayor movilidad que las de los líquidos.

**Filtros.-** Se refiere a un depurador de gas tipo-seco; especialmente si la unidad es utilizada en principio para remover el polvo de la corriente de gas. Un medio

filtrante es utilizado en los recipientes para remover polvo, finos, herrumbre y otros materiales extraños del gas. Tales unidades removerán un pequeño volumen de líquido de gas.

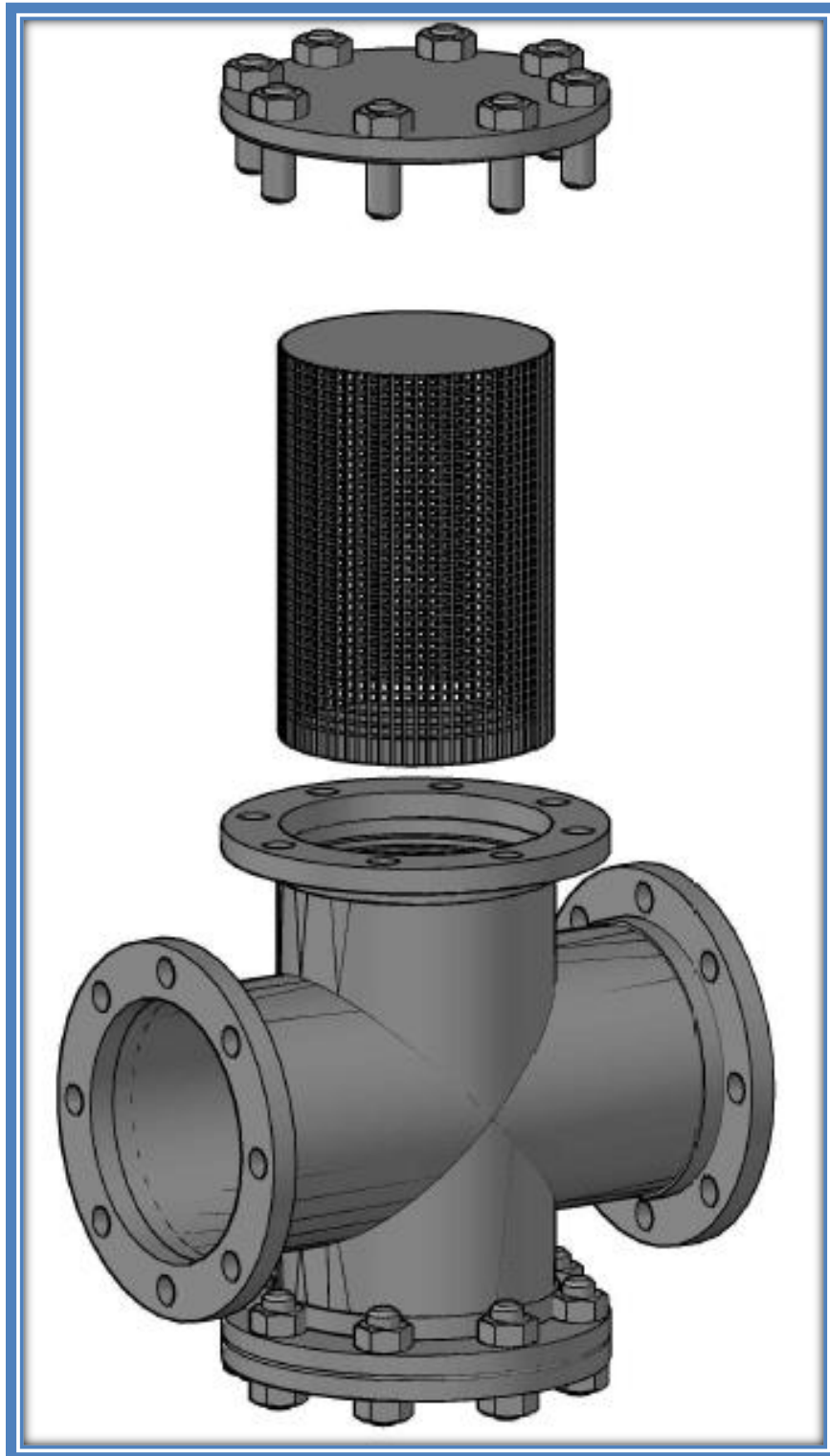
**Malla Metálica.-** Son hilos metálicos que se entrelazan formando tejidos, hay de varios modelos desde 4 micrones en adelante.

**Bombas.-** Son máquinas que impulsan los líquidos, transforman la energía mecánica en energía cinética del fluido incompresible empleado.

**Tanques Refrigerados.-** Los tanques, son fabricados en factorías o en el campo y deben ser probados minuciosamente antes de que sean puestos en servicio, dichas pruebas se efectuarán en base a normas técnicas internacionales o NTE INEN.

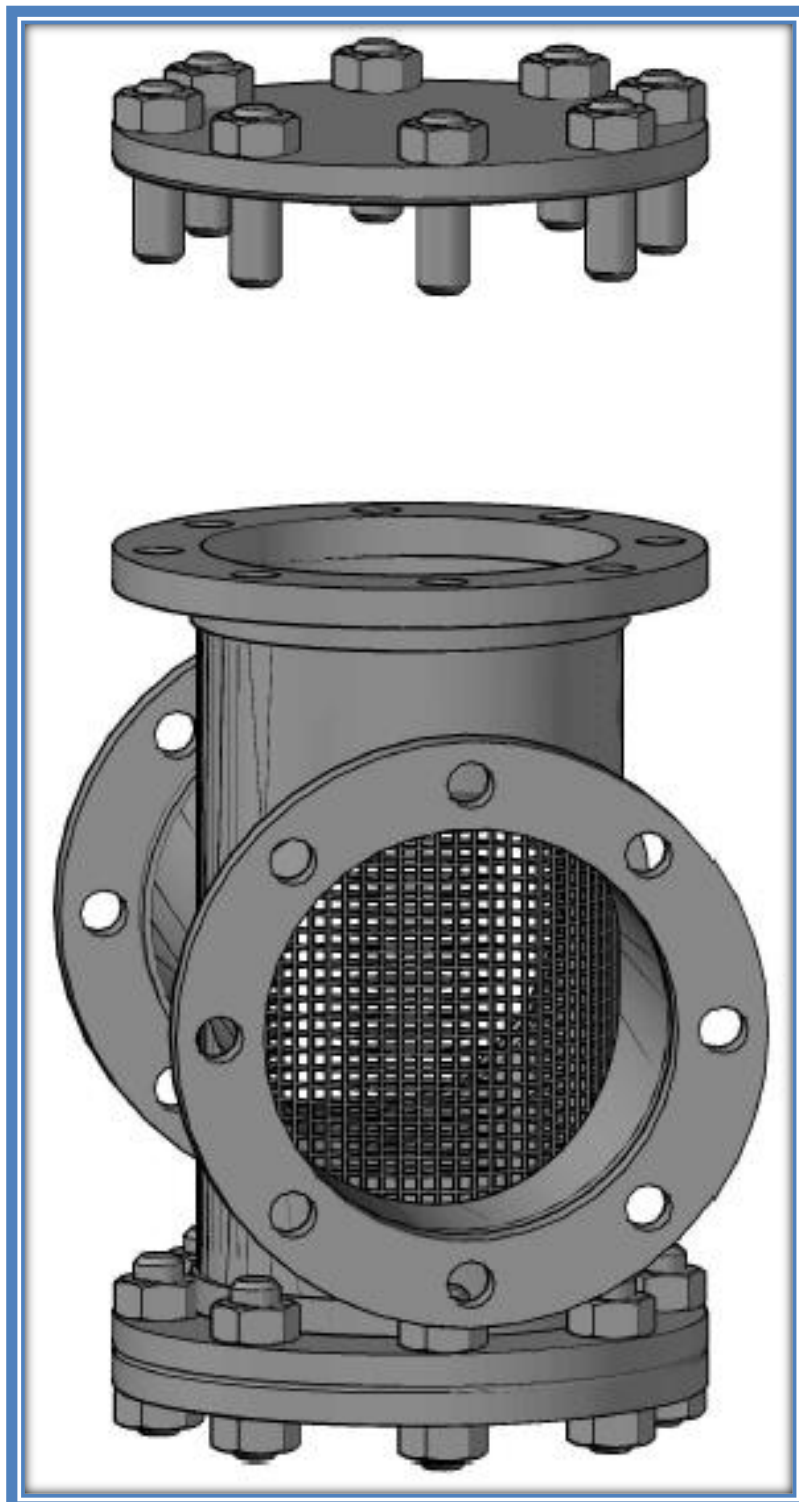
# ANEXOS

## 7.5 ANEXOS



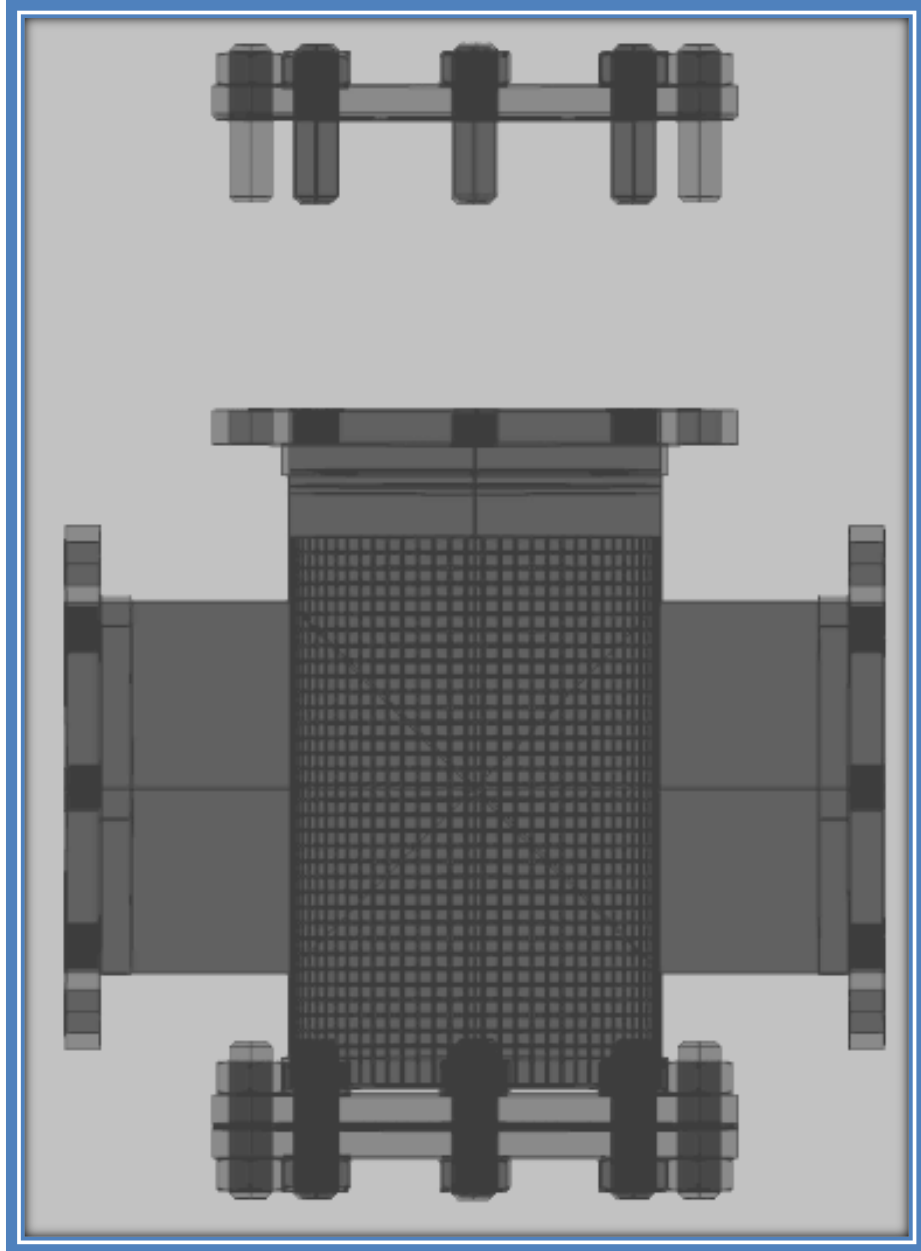
**ANEXO 1. Ingreso de la unidad filtrante (REDISEÑO)**

**Elaborado por: Cándida Ordoñez**



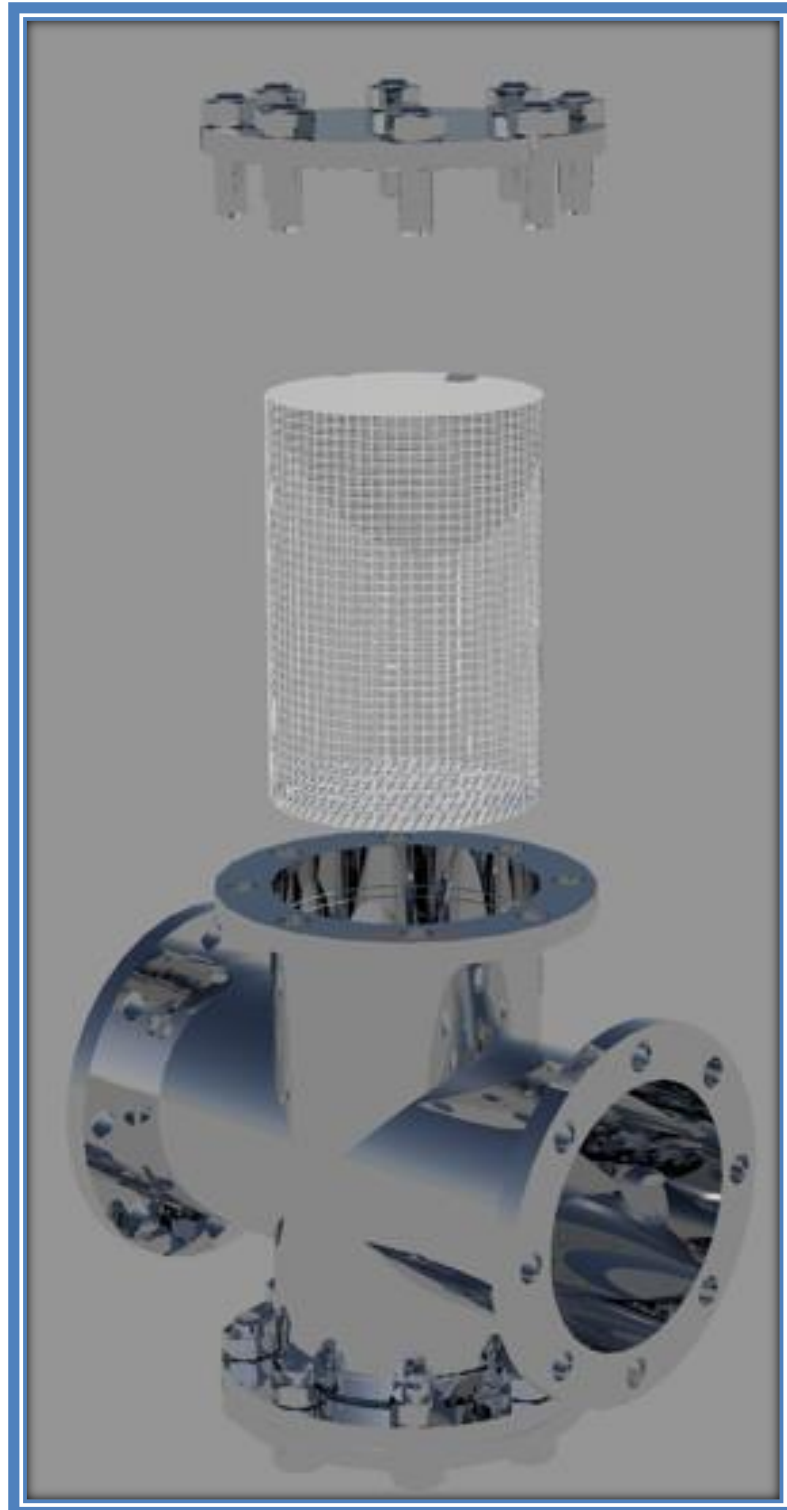
**ANEXO 2. Filtro en el interior de la tubería tipo en cruz (REDISEÑO)**

**Elaborado por: Cándida Ordoñez**

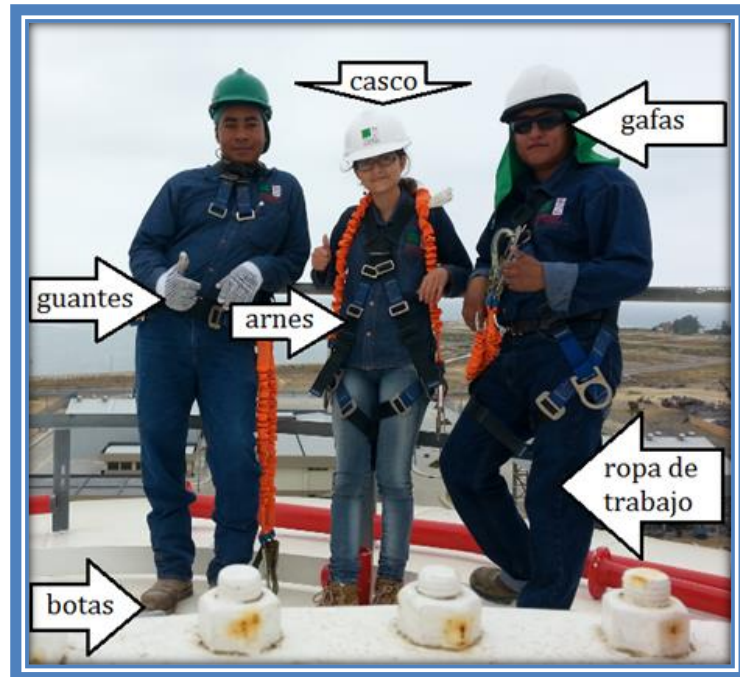


**ANEXO 3. Rediseño de la unidad filtrante**

**Elaborado por: Cándida Ordoñez**



**ANEXO 4. Rediseño en 3d de la unidad filtrante**  
**Elaborado por: Cándida Ordoñez**



**ANEXO 5. Equipo de protección personal (EPP)**

**FUENTE: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**



**ANEXO 6. Plataforma del muelle**

**FUENTE: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**





**ANEXO 7. Muelle**

**FUENTE: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**



**ANEXO 8. Buque Tanque de GLP**

**FUENTE: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**



**ANEXO 9. Parte Superior del Tanque Propano**

**FUENTE: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**



**ANEXO 10. Parte superior del tanque Butano**

**FUENTE: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**



**ANEXO 11. Parque de bombas**

**FUENTE: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**



**ANEXO 12. Tubería en aire al flare**

**FUENTE: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**



**ANEXO 13. Consultas a expertos**

**FUENTE: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**



**ANEXO 14. Observación de gammagrafía de soldadura en tubería**

**FUENTE: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**





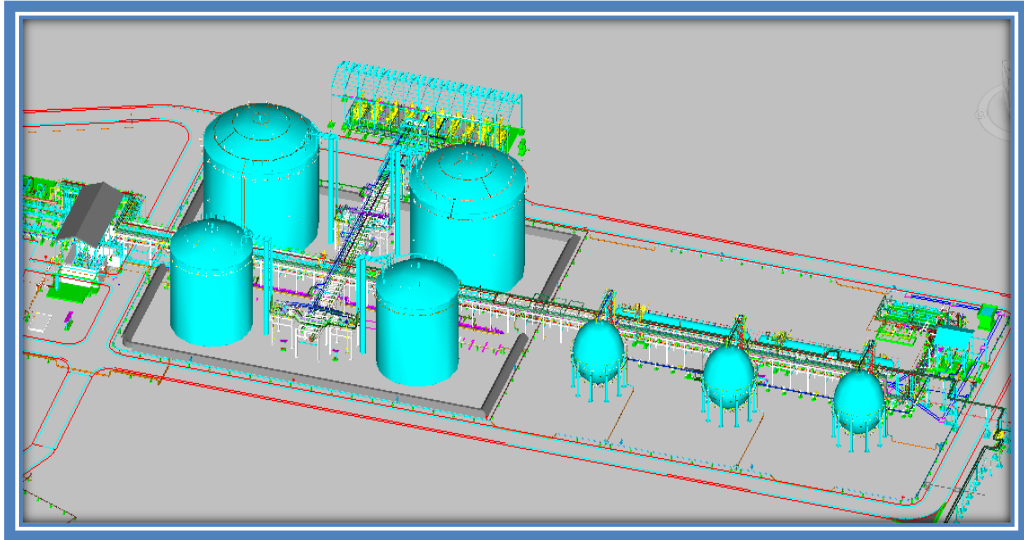
**ANEXO 15. Bombas Booster**

**FUENTE: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

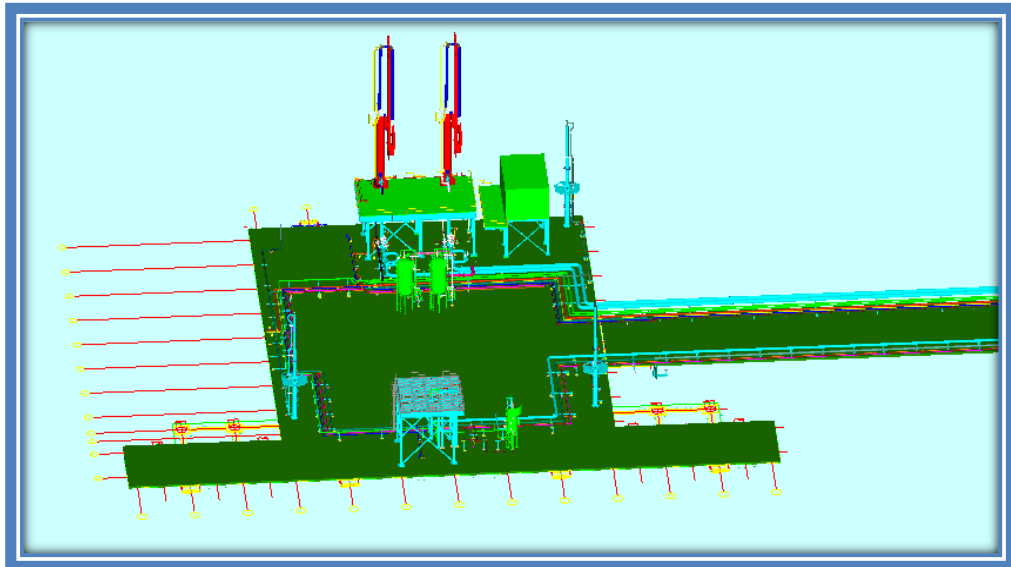


**ANEXO 16. Pipe rack y Tanques**

**FUENTE: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

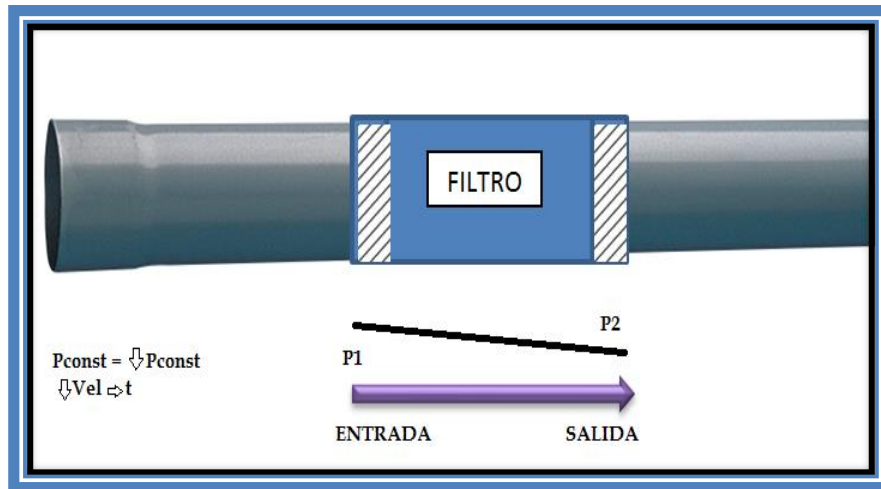


**ANEXO 17. Maqueta de la Planta de Almacenamiento**  
**FUENTE: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**



**ANEXO 18. Maqueta de la Plataforma**  
**FUENTE: Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde**

### CAIDA DE PRESION EN EL FILTRO



#### DATOS GLP:

Caudal (Q) :	8000 Ton/dia
Diametro Interno (DI):	12 pulg
Longitud (L) :	12 pulg
Densidad Relativa :	2.01
Viscosidad (μ):	0.16 cp
Rugosidad :	0.09
Temperatura (t°) :	0°C
Presion (p) :	203,05 psig
Peso Molecular :	48,7296 gr/mol
Peso Especifico :	0,531 Kg

#### Ecuacion(es)

$$\Delta p = \frac{\rho \cdot \mu \cdot l \cdot v^2}{2d}$$

⊕ d : Diámetro Interno Tubería (m)  
 l : Longitud de la Tubería (m)  
 v : Velocidad del Gas (m/s)  
 Δp: Caída de Presión (Pa)  
 μ : Coeficiente de Fricción  
 ρ : Densidad (kg/m³)

#### Resultados

Caída de Presión	1,27506	bar ▼
Velocidad del Gas	750,044	m/s ▼
Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	0,3048	m ▼

- Calculador para Ingeniería
- Vapor
- Recuperación de Condensado
- Agua
- Aire
- Gas
- Diseño de Tubería
- Caída de Presión en la Tubería**
- Tablas de vapor
- Términos de Uso



**TLV ToolBox - Para iOS y Andorid**

*T<sub>m</sub> > T<sub>fw max</sub> →*  
*T<sub>fw</sub> = T<sub>fw</sub>*  
*H<sub>r</sub> = (T<sub>fw</sub>)<sup>m<sub>fw</sub></sup>*  
*(T<sub>m</sub> - T<sub>fw max</sub>)<sup>m<sub>fw</sub></sup>*

Gratuito

Aprenda más

### Caída de Presión en la Tubería para Gas

**Introducir Datos** Unidades SI(bar)

Grado de Tubería	ANSI Sch80
Tamaño de Tubería	NPS12
Presión del Gas	203,05 psig
Temperatura del Gas	0 °C
Rango de Flujo del Gas	2950 m <sup>3</sup> /min
Peso Molecular del Gas	48,7296
Viscosidad del Gas	0,16 cP
Longitud de la Tubería [?]	12 in

[Mostrar Opciones Avanzadas](#)

Calcular Limpiar

**Resultados**

Caída de Presión	1,27506	bar
Velocidad del Gas	750,044	m/s
Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	0,3048	m

**Ecuacion(es)**