

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DISEÑO DE UNA PLANTA SEMIAUTOMÁTICA DE ENVASADO  
DE CILINDROS DE GLP CON CAPACIDAD DE 2500  
CILINDROS DIARIOS PARA SER IMPLEMENTADA EN EL PUYO  
POR LA EMPRESA MASTER CONTROL CÍA. LTDA., ACORDE  
CON NORMAS TÉCNICAS”.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**FERNANDA LUCÍA HERRERA REINOSO**

**DIEGO ROBERTO HERRERA IRIGOYEN**

**DIRECTOR: ING. MILTON ACOSTA**

**CODIRECTOR: ING. CARLOS PALACIOS**

**Sangolquí, 2006-08-07**

## **CERTIFICACIÓN DE ELABORACIÓN DEL PROYECTO**

**El Proyecto de grado titulado: “Diseño de una planta semiautomática de envasado de cilindros de GLP con capacidad de 2500 cilindros diarios para ser implementada en el Puyo por la empresa Master Control Cía. Ltda., acorde con normas técnicas”, fue desarrollado en su totalidad por Diego Roberto Herrera Irigoyen y Fernanda Lucía Herrera Reinoso, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.**

**Ing. Milton Acosta  
DIRECTOR**

**Ing. Carlos Palacios  
CODIRECTOR**

**Quito, 7 de Agosto 2006**

## **LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO**

**“DISEÑO DE UNA PLANTA SEMIAUTOMÁTICA DE ENVASADO DE CILINDROS DE GLP CON CAPACIDAD DE 2500 CILINDROS DIARIOS PARA SER IMPLEMENTADA EN EL PUYO POR LA EMPRESA MASTER CONTROL CÍA. LTDA., ACORDE CON NORMAS TÉCNICAS”.**

**Elaborado por:**

**Diego Herrera Irigoyen**

**Fernanda Herrera Reinoso**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**EL DECANO**

**Quito, 18 de Agosto 2006**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto que con gran esfuerzo se ha logrado concluir lo dedicamos a Dios que siempre nos bendice y está junto a nosotros, a nuestros padres Fabián, Luisa, Galo y Rita, y nuestras hermanas Celia, Luisa y Fernanda que con su apoyo nos dieron fortaleza en tiempos difíciles.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Dios por las facilidades que puso a nuestro alcance y las dificultades que nos permitió vencer durante nuestra vida universitaria que más que preparación académica nos dio experiencia, madurez y serenidad.

Agradecemos también a la empresa Master Control encabezada por su Gerente General Ing. Alex Lalaleo y al Gerente Técnico Ing. Daniel Vizuite, por su acogida y su predisposición para aclarar nuestras interrogantes oportunamente.

Y a todos quienes comparten con nosotros la felicidad de terminar una etapa de la vida, familiares y amigos, para ahora emprender una nueva con valor y energía.

## RESUMEN

Los capítulos 1 y 2 constituyen la primera parte de este proyecto comenzando en el primer capítulo con una descripción de los conceptos relacionados al manejo y almacenamiento del GLP, haciendo una revisión de la realidad de la industria del gas licuado de petróleo en el Ecuador y la demanda en la zona donde se prevé la implantación del proyecto. En el segundo capítulo se describen las normas y entidades nacionales e internacionales que regulan las aplicaciones del gas licuado de petróleo junto con los principales elementos constitutivos de una planta de envasado.

A continuación en el capítulo 3 se desarrolla la ingeniería para escoger máquinas y equipos asequibles para la industria ecuatoriana, en esta parte se realizan cálculos de caudales, presiones, pérdidas, potencia, velocidad, dimensiones y pérdidas de energía. El resultado de este proceso desemboca en la selección de máquinas, equipos, materiales y accesorios justificando con criterio técnico y económico las razones para su uso.

Con los datos del capítulo anterior, el capítulo 4 trata sobre el diseño en planta de la infraestructura de la envasadora, es decir, la distribución detallada de sus instalaciones principales como plataforma de envasado, estación de carga y descarga, tanques de almacenamiento, sala de bombas y compresores; y una descripción rápida del resto de áreas.

Basado en la capacidad de la planta y los equipos instalados, en el capítulo 5 se hace un recuento de los riesgos dentro de la planta y por tanto se detalla cómo se hacen los sistemas de seguridad basado en normas técnicas.

El análisis económico se desarrolla en el capítulo 6 determinando un listado de materiales, maquinarias y equipos que formarán parte de la planta con su respectivo costo actual para definir el monto de la inversión y mediante un flujo neto de fondos analizar los indicadores TIR y VAN que permitirán evaluar el proyecto y determinar su rentabilidad.

## **SUMMARY**

Chapters 1 and 2 constitute the first part of this project. In the first chapter there is a description of the concepts related to the handling and storage of GLP, and a revision of the reality of the industry of the liquefied gas of petroleum in the Ecuador and the demand in the area where the installation of the project is intended. In the second chapter the and national norms and international entities that regulate the applications of the liquefied gas of petroleum together with the main constituent elements of a packing plant are described.

In the chapter 3, the engineering to choose machines and affordable teams for the Ecuadorian industry is described. In this part are carried out calculations of flows, pressures, losses, power, speed, dimensions and energy losses. The result of this process ends in the selection of machines, teams, materials and accessories which justify technical and economically the reasons for its use.

With the data of the previous chapter, chapter 4 tries on the design in plant of the infrastructure of the plant, that is to say, the detailed distribution of their main facilities as platform packing, load station and it discharges, storage tanks, room of bombs and compressors; and a quick description of the rest of areas.

Based on the capacity of the plant and the installed teams, in chapter 5 a recount of the risks is made inside the plant and therefore it is detailed how the systems of security are made based on technical norms.

The economic analysis is described in chapter 6 determining a list of materials, machineries and teams that will be part of the plant with its respective current cost to define the amount of the investment and, by means of a net flow of funds to analyze the indicative TIR and VAN that will allow to evaluate the project and to determine its profitability.

## INTRODUCCIÓN

Durante millones de años los sedimentos orgánicos se transforman en hidrocarburos que son sustancias constituidas principalmente por carbono e hidrógeno en las cuales el hombre ha encontrado a través de décadas de explotación varias fuentes de energía no renovable que actualmente mueve la industria del mundo. El principal producto extraído de estos sedimentos es el petróleo, y asociado a este se encuentra el gas natural. De la refinación del petróleo se obtiene el Gas licuado de petróleo, que en adelante se lo referirá como GLP, y su importancia radica en la facilidad de su uso y la capacidad energética no contaminante que provee a bajo costo.

En el Ecuador se comercializa este combustible en cilindros intercambiables con un precio subsidiado por el estado, por tanto es el más utilizado para aplicaciones domésticas e industriales, sin discriminar razón social, económica o geográfica. Vale notar que en la zona de influencia considerada para este proyecto hay creciente actividad turística e industrial, lo que significa más demanda de este producto y por tanto un mercado que explotar y contribuir al progreso del país.

De ahí la importancia de procesar con tecnología actualizada este combustible ya que los resultados son la disminución de costos de producción y aprovechamiento eficiente de la materia prima y minimización de daños al medio ambiente. Asociado a esto también se generan fuentes de trabajo en la zona.



## **ALCANCE**

El presente proyecto de diseño de una planta envasadora de GLP considera la capacidad requerida y justifica esta cifra mediante las estadísticas disponibles en la Dirección Nacional de Hidrocarburos y el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos para determinar la demanda de la zona y capacidad de crecimiento proyectada para la planta. Con los datos básicos se escoge equipos de reconocidos fabricantes de maquinaria para la industria del gas licuado de petróleo.

Se desarrollará una distribución en planta de todas las áreas de la planta, haciendo énfasis solo en aquellas que constituyen el alma del proceso operativo de la planta: almacenamiento, trasvase, envasado y reparación. Las áreas administrativas, zonas de circulación peatonal y vehicular, sistema contra incendios, redes eléctricas, obra civil y jardines estarán mencionadas y planificadas de acuerdo a la relación expresa con el área operativa y según la normativa si es aplicable.

Este proyecto abarca la información técnica y memoria de cálculos de ingeniería necesarios para planificar las principales instalaciones de la planta así como el diseño de las redes de tubería con un detalle de accesorios, estas son: líneas de interconexión entre tanques, línea de carga y descarga de bombas y líneas de recuperación de vapores y retorno de líquido.

Aquellos costos relacionados con los materiales y equipos directamente relacionados a las instalaciones diseñadas serán calculados y presupuestados detalladamente, mientras que los costos de las instalaciones complementarias serán estimados en base a información disponible en la Cámara de la Construcción.

# **OBJETIVOS**

## ***General***

Diseñar una planta semiautomática de envasado de cilindros de GLP con capacidad de 2500 cilindros diarios para que sea implementada en el Puyo por la empresa Master Control Cía. Ltda., acorde con normas técnicas.

## ***Específicos***

- Realizar cálculos de dimensionamiento de la planta basados en la teoría.
- Seleccionar máquinas y equipos y distribuir las instalaciones de la planta envasadora, tomando en cuenta además posibles ampliaciones.
- Aplicar normas de funcionamiento y de seguridad de la planta de GLP de acuerdo a las normas nacionales.
- Evaluar el proyecto.

# NOMENCLATURA

A	Area
ANSI	American National Standard Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers
bar	Bar
BTU	British Thermal Units
C	Carbono
Ca	Capacidad total de Almacenamiento
Cal	Caloría
cfm	pies cúbicos por minuto
cm	centímetro
cm <sup>2</sup>	centímetro cuadrado
C <sub>v</sub>	Capacidad de Vaporización
D	Diámetro
DNH	Dirección Nacional de Hidrocarburos
DOT	Department of Transportation (U.S.)
D <sub>tq</sub>	Diámetro del tanque de almacenamiento
E	Energía
ε	Rugosidad
E <sub>c</sub>	Energía cinética
E <sub>f</sub>	Energía del fluido
E <sub>p</sub>	Energía potencial
φ	Diámetro
f	factor de fricción
F	Factor de corrección de volumen líquido a condiciones estándar
f <sub>c</sub>	factor de corrección de temperatura
ft	pie
g	peso específico en estado líquido
g	gravedad
gal	Galón
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GPM	galones por minuto
gr	gramos
g <sub>v</sub>	peso específico en estado vapor
H	Hidrógeno
Ha	Hectárea
h <sub>A</sub>	Adición de energía
hf	Pérdida de energía por fricción
h <sub>L</sub>	Pérdida de energía
h <sub>n</sub>	Pérdidas menores
HP	Caballo de fuerza
hr	hora
h <sub>s</sub>	Diferencia de elevación
h <sub>sp</sub>	Cabeza de presión estática
h <sub>vp</sub>	Presión de vapor de líquido (expresada en metros)
Hz	Hertzio
i	Interés
I	Inversión inicial

INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
K	Factor de corrección de porcentaje de líquido en el tanque
$k$	Coefficiente de pérdidas menores
$Ka$	Capacidad Actual
Kcal	Kilo caloría
$Kf$	Capacidad Futura
Kg	Kilogramo
Km	Kilómetro
kN	Kilo Newton
kPa	Kilo Pascales
kW	Kilo Watio
lb	Libra
Le	Longitud equivalente
$lt$	litro
$L_{iq}$	Longitud del tanque de almacenamiento
$m$	Masa
m	metros
M	Límite máximo permitido por peso de GLP
m	Viscosidad
m <sup>3</sup>	metro cúbico
min	minutos
MJ	Mega Jouls
mm	milímetro
MPa	Mega Pascales
msnm	metros sobre el nivel del mar
$N$	Newton
$n$	Años con valores conocidos
$N$	Número de períodos
$nf$	años proyectados
NFPA	National Fire Protection Association
NPSH	Cabeza Neta de Succión Positiva
NR	Número de Reynolds
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
O	Oxígeno
°C	Grados Centígrados
°F	Grado Fahrenheit
Ohm	Ohmio
p	Número PI
$p$	Presión
$P_{abs}$	Presión absoluta
$P_{atm}$	Presión atmosférica
$P_c$	Presión del carrusel
PD	Presión Diferencial
Pd	Presión de recuperación de vapor
pie <sup>3</sup>	Pié cúbico
psi	libra por pulgada cuadrada
psig	libra por pulgada cuadrada manométrica
$P_{iq}$	Presión del tanque
pulg	pulgada
$P_{vp}$	Presión de vapor
Q	Caudal
QA	Flujo de descarga
Qd	Caudal de recuperación de vapor

$Q_E$	Caudal de evacuadora
$Q_{LL}$	Caudal de llenado de tanques estacionarios
$Q_{TQ4}$	Caudal de Tanque 4
$\rho$	Densidad en estado líquido
RPM	revoluciones por minuto
$\rho_v$	Densidad en estado vapor
s	segundo
$\Sigma$	Sumatoria
SEMPLADES	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo
$sg$	Gravedad específica
SI	Sistema Internacional
$t$	Tasa
$T$	Temperatura
T	Período
$T_{act.}$	Tasa de actualización
$T_a$	Temperatura ambiente
$T_f$	Temperatura estándar
TIR	Tasa interna de retorno
$V$	Volumen
$v$	Velocidad
$V_a$	Valor Actual
VAC	Voltio Corriente Alterna
$V_{ac}$	Valor actualizado
VAN	Valor actual neto
VDC	Voltio Corriente Directa
$V_f$	Valor Futuro
$V_{max}$	Volumen máximo
$v_{RL}$	Velocidad de retorno de líquido
w	Peso
z	Altura

## RESUMEN

En el presente proyecto de grado se desarrolló el Diseño de una Planta de Envasado de Cilindros de GLP con capacidad de 2500 cilindros diarios según las especificaciones de las normas técnicas correspondientes al INEN, regulaciones de la Dirección Nacional de Hidrocarburos y las disposiciones aplicables del código NFPA.

El diseño de una planta de envasado de gas ha sido elaborado como proyecto de grado por Diego Herrera Irigoyen y Fernanda Herrera Reinoso para la empresa Master Control que así lo solicitó y planifica implementarlo en el Puyo.

Este proyecto ha sido desarrollado en la ciudad de Quito durante Diciembre de 2005 y Julio 2006.

Se ha dedicado el capítulo I a profundizar en las características del GLP, que es un combustible compuesto de propano y butano, de elevado rendimiento energético, con gran versatilidad de utilización, con un nivel mínimo de impurezas, poco contaminante, no es tóxico ni corrosivo pero en lugares cerrados puede producir asfixia cuando desplaza al oxígeno ya que es más pesado que el aire. Se almacena y transporta en estado líquido a bajas presiones y temperaturas normales y se consume como gas. Presenta muchos beneficios al emplearlo y al manipularlo, es incoloro e inodoro y para identificarlo se le agrega odorizantes.

El GLP es aplicado en la mayoría de industrias como la alimenticia, agropecuaria, transporte, fabricación de vidrios y cerámicas, generación eléctrica, textil, refrigeración, soldadura, quemadores, iluminación, además de ser el número uno en aplicaciones domésticas.

Durante el proceso productivo en el Ecuador se involucra: Petrocomercial, las comercializadoras y los distribuidores. Se procesa en plantas de almacenamiento y de envasado y se comercializa en cilindros y a granel. El estado ecuatoriano subsidia el precio del gas, lo que quiere decir que la utilidad de las comercializadoras está en trabajar con sistemas eficientes de llenado y transporte. El precio oficial del GLP es de 1,60 USD por 15 Kg., es decir, 0,106 USD/Kg.

Al hablar de zona de influencia nos referiremos a las provincias de Pastaza, Napo, Tungurahua, Morona Santiago y Orellana con sus respectivos cantones: Pastaza, Mera, Santa Clara, Tena, Archidona, Baños, Pelileo, Sucúa, Morona,

Palora, Huambaya, Loreto y Francisco de Orellana. La zona es cálida con un promedio de temperatura de 25 grados centígrados,

En el Ecuador, el INEN y la DNH son los encargados de estandarizar los requisitos con el fin de exigir la mayor seguridad y disminuir el inminente riesgo mediante:

***NTE INEN 1 536:98*** *Prevención de Incendios. Requisitos de Seguridad de Plantas de Almacenamiento y Envasado de gas licuado de petróleo, NTE INEN 1 537:87* *Prevención de Incendios. Requisitos de seguridad para operaciones de trasvase de Gas Licuado de Petróleo GLP.*

La DNH especifica el *Reglamento técnico para la comercialización del gas licuado del petróleo. Reglamento para autorización de actividades de comercialización de GLP.*

La **NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION** (NFPA) presenta el código **NFPA 58** – *Almacenaje y Manejo de GLP*, .vinculado con temas desde la descripción del GLP, manera de manipular, envasar, transportar, aplicaciones y accesorios permitidos.

El almacenamiento del GLP es uno de los aspectos más importantes de la planta por lo que los recipientes de almacenamiento deben cumplir requerimientos básicos indicados en normas. Los accesorios mínimos con que debe contar un tanque son: válvulas de seguridad, válvula de servicio de vapor, válvula de exceso de flujo, manómetro de control, medidor volumétrico, cople de drenaje. Cada tanque de almacenamiento de GLP debe colocarse sobre bases de hormigón armado que soportan uniformemente su peso lleno de agua de tal manera que se pueda efectuar la prueba hidrostática del tanque.

En cuanto a las líneas de conducción del GLP deben estar soportadas firmemente para eliminar vibraciones, asentamientos o movimientos que provocan esfuerzos indeseables. Las bombas y compresores a utilizarse en la planta de almacenamiento deben ser específicamente fabricados para tal

actividad. Ambos equipos se ubican sobre bases de hormigón. El sistema semi-automático de envasado está compuesto por carruseles con balanzas dispuestas ordenadamente en su circunferencia, cada vez que ingresa un cilindro al mecanismo de envasado un operario registra la tara del cilindro y el sistema calcula la cantidad de gas que debe ingresar al cilindro, controla las válvulas y registra dicha cantidad.

En cuanto al diseño en planta, en el capítulo III se inicia con la selección de equipos para el envasado semiautomático de cilindros, empezando por los recipientes para almacenamiento. Para ello se calcula una proyección de la demanda calculada con la tasa de crecimiento de consumo.

El sistema de envasado comprende el carrusel, balanzas electrónicas, transportador automático de cadena, comprobador de peso, actuadores neumáticos, detector de fugas, lavado y secado, evacuadora de residuos, colocador de sello y red de datos. Los accesorios que estarán soldadas a la tubería de HN son: las válvulas de globo, válvulas de exceso de flujo, medidores de caudal, manómetros, adaptador acme y mangueras reforzadas.

Las tuberías están diseñadas para colocarse 50 cm. sobre el suelo y deben respetarse las distancias indicadas con respecto a otras tuberías. Se prevé la construcción de gradas que permitan cruzarlas de una forma rápida y segura.

El cálculo y diseño se ha basado en la mecánica de fluidos, tomando en cuenta realizar los trazados más directos, tipo de flujo, bajas velocidades, cálculo de pérdidas por fricción y accesorios y cálculo de cabeza de succión. Los parámetros técnicos del proceso, en tanques y tuberías han sido analizados con las propiedades del GLP a condiciones estándar. Las cuatro tuberías principales son:

- Alimentación al carrusel. Consta de la interconexión de los tanques y dos bombas, por lo que tiene dos partes que serán la entrada y salida de la bomba, condición con la que se calcularán las pérdidas de energía. Transporta GLP en estado líquido únicamente y en una sola dirección. En su recorrido existen



elementos de control como manómetros y medidores volumétricos, elementos de seguridad como válvulas globo y válvulas de alivio y check. Transportará un caudal de  $14,3 \text{ m}^3/\text{hr}$  en La tubería de Hierro Negro sin costura cédula 40 en diámetro 4" y a la salida será 3". Se determina que la bomba debe entregar 190 psi.

- Retorno de líquido. Es una derivación de la línea de alimentación al carrusel debido a la presencia de una válvula diferencial que permitirá el regreso del líquido para aliviar la presión de la tubería cuando esta se eleve sobre la seteada, será de menor dimensión y se unirá a la línea que sale de un tanque estacionario pequeño que almacena el GLP que se retira de los cilindros que pasan por la evacuadora. Esta tubería se construirá en Hierro Negro sin costura cédula 40 en diámetro 2" con lo que se conseguirá una velocidad menor a 3 m/s.
- Trasvase de líquido. Es la tubería que conecta la estación de carga y descarga con los tanques de almacenamiento, es bidireccional ya que por ella se recibirá GLP para envasar o se despachará GLP a granel. Consta de una interconexión en los tanques y es continua hasta la estación de carga descarga donde se bifurca para atender a dos tanqueros al mismo tiempo. Debido a que debe llegar a una zona de tránsito vehicular estará a 0,70 metros bajo el nivel del suelo dentro de un canal construido en hormigón. Permitirá un caudal de  $56 \text{ m}^3/\text{hr}$ . construida en hierro negro cédula 40 sin costura diámetro 3".
- Línea de vapor. Tiene el mismo recorrido de la línea de alimentación a tanques con la diferencia de que pasa por dos compresores, mediante válvulas de cuatro vías también funciona en forma bidireccional. A la salida de compresores se divide en dos para dirigirse a la estación de carga descarga y al tanque estacionario de la evacuadora. Se requiere una diferencia de presión de 4 a 14 [psi] entre los recipientes a llenar y vaciar, por lo tanto, la presión que se requiere en la isla de descarga es la presión en el recipiente más este diferencial. La presión en el tanque se considerará 110 [psi] y el caudal será de  $72,8 \text{ m}^3/\text{hr}$ . Se utilizará tubería de Hierro Negro sin costura cedula 40 de diámetro  $2 \frac{1}{2}$ ". La conexión desde el compresor al tanque de la evacuadora será en Hierro Negro cédula 40 sin costura diámetro  $1 \frac{1}{4}$ ".

El diseño de la tubería de agua para combatir un incendio deberá considerar un sistema de agua a presión por red como lo establece la NTE INEN 1536, el mismo que tomará en cuenta una cantidad suficiente de bocas de agua, hidrantes o monitores para combatir el flagelo desde cualquier ángulo, siamesas, sistemas de agua pulverizada y sobre todo una reserva de 250 m<sup>3</sup>. Para la distribución de los equipos a utilizarse para el combate del fuego y su prevención se hará un análisis de riesgos, en donde se considerará el nivel de riesgo propio de la instalación, los aspectos críticos y operacionales determinados por la empresa, el riesgo de daños a terceros y la ubicación geográfica.

La configuración del sistema de tubería de agua para combatir incendios deberá formar lazos cerrados alrededor de las diferentes secciones de una instalación. Siempre estará lista para operar de forma rápida y efectiva con un mínimo de 227 m<sup>3</sup>/hr. y presurizado a 5 Kg/cm<sup>2</sup> en el punto más desfavorable. Se requiere un diámetro de 63,5 [mm] (2,5 pulg.) en hierro galvanizado sin costura.

Se establece que el proceso de producción de cilindros envasados con 15 Kg. de GLP comprende dos sub-procesos claramente definidos, uno de manejo a granel y otro del envasado propiamente dicho dentro del cual se halla el sub-proceso de mantenimiento de cilindros.

Al ser esta una planta moderna y semi-automática, la mano de obra directa estará concentrada en 7 personas, las cuales se distribuyen: 3 en el taller de mantenimiento, 2 en la plataforma de envasado, 1 para inspección y un jefe de planta. En las oficinas se lleva a cabo la actividad que tiene que ver exclusivamente con la facturación y cobro que estará a cargo de otro grupo de empleados.

El capítulo IV trata de la distribución en planta, cuyas áreas principales a instalarse son: Área de Tanques, Oficinas, Estación Carga Descarga, Estación de Bombas y Compresores, Plataforma de Envasado, Taller de Mantenimiento, Generadores y Transformadores, Piscina o Reservorio. Duchas y Vestidores y

Comedor. Para determinar su ubicación adecuada se ha recurrido a una matriz de cercanía tomando en cuenta las distancias de seguridad que deben guardar entre cada instalación.

Debido al riesgo que implican las instalaciones petroleras en general, se observan las emergencias posibles y el sistema de seguridad necesario. Junto con los sistemas de seguridad que deben aplicarse a las instalaciones de la planta de envasado se debe mencionar algunas actividades y precauciones. En el capítulo V se explican los peligros potenciales en caso de explosión o incendio; las acciones que se deben tomar durante una emergencia en cualquier parte de la planta; en caso de fugas y derrames; las afecciones a la salud y los primeros auxilios.

El capítulo VI presenta el costo total estimado para la infraestructura y el financiamiento que se efectuará mediante inversionistas particulares y socios de la empresa Master Control, cuyo costo capital será del 9,4%. La tasa de actualización ha sido calculada en 12,4%.

Analizando las actividades relacionadas a la comercialización del GLP se desarrolla un flujo neto de caja para los años de vida del proyecto y mediante se comprueba su rentabilidad.

Los resultados obtenidos son de completa conformidad y aceptación por parte de la empresa auspiciante que ha expresado su satisfacción por escrito, y confirma que los objetivos planteados se han cumplido de manera correcta.

Algunos temas relacionados y mencionados en este proyecto se recomiendan como proyectos complementarios.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>ii</b>
<b>LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>v</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>vi</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>vii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>viii</b>
<b>ALCANCE</b>	<b>ix</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>	<b>xi</b>
<b>NOMENCLATURA</b>	<b>xiii</b>
<b>CAPITULO I. ANTECEDENTES</b>	<b>1</b>
<b>1.1. EL Gas Licuado de Petróleo</b>	<b>1</b>
1.1.1. Definiciones básicas	1
1.1.2. Gas Licuado de Petróleo.	7
1.1.3. Términos relacionados con el proceso productivo	11
1.1.4. Aplicaciones del GLP en varios sectores Industriales	15
1.1.5. El GLP en el Ecuador.	17
<b>1.2. Análisis de requerimientos de GLP en la zona de influencia.</b>	<b>20</b>
<b>1.3. Análisis del sector</b>	<b>25</b>
1.3.1. Ubicación del terreno.	25
<b>CAPITULO II. TÉCNICA DE ALMACENAMIENTO DE GLP</b>	<b>26</b>
<b>2.1. Normas Nacionales.</b>	<b>26</b>
<b>2.2. Normas Internacionales.</b>	<b>27</b>
<b>2.3. Tanques de Almacenamiento</b>	<b>28</b>
2.3.1. Partes de un tanque de almacenamiento.	30
2.3.2. Capacidad de Vaporización de los tanques	31
2.3.3. Accesorios para tanques de almacenam            de GLP.	31
2.3.4. Bases de Sustentación.	34

2.3.5.	Máximo Contenido en recipientes.	34
<b>2.4.</b>	<b>Líneas de conducción de GLP</b>	<b>36</b>
<b>2.5.</b>	<b>Bombas y Compresores</b>	<b>37</b>
<b>2.6.</b>	<b>Sistema de envasado semiautomático</b>	<b>38</b>
<b>CAPITULO III. DISEÑO DE LA PLANTA – MAQUINARIA Y EQUIPO.</b>		<b>39</b>
<b>3.1.</b>	<b>Capacidad de máquinas y equipos.</b>	<b>39</b>
3.1.1.	Tanques estacionarios	39
3.1.2.	Sistema de envasado	43
3.1.3.	Bomba	70
3.1.4.	Compresor	72
3.1.5.	Tanque para evacuadora	73
3.1.6.	Accesorios para tanques y tuberías	75
<b>3.2.</b>	<b>Presiones y temperatura de trabajo.</b>	<b>89</b>
<b>3.3.</b>	<b>Dimensionamiento de tuberías</b>	<b>90</b>
3.3.1.	Diseño de tubería de combustible	90
3.3.2.	Diseño de tubería de agua contra incendios.	115
<b>3.4.</b>	<b>Cálculo de potencia de bombas, moto-reductores y compresores.</b>	<b>120</b>
<b>CAPITULO IV. DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.</b>		<b>121</b>
4.2.1	Áreas de la planta.	125
4.2.2	Matriz de cercanía.	127
<b>CAPITULO V. SISTEMAS DE SEGURIDAD.</b>		<b>133</b>
5.1.1.	RÓTULOS DE PREVENCIÓN	147
5.1.2.	COLORES DISTINTIVOS	149
<b>CAPITULO VI. EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA</b>		<b>151</b>
6.1.1.	VAN	153
6.1.2.	TIR	153
6.1.3.	Flujo del proyecto.	153
<b>CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b>		<b>CLIV</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>CLV</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>CLVII</b>

# **CAPITULO I. Antecedentes**

## **1.1. EL Gas Licuado de Petróleo**

### **1.1.1. Definiciones básicas**

#### Petróleo.

Es una sustancia negra menos densa y más viscosa que el agua; está compuesta por átomos de carbono e hidrógeno a partir de la cual se obtienen productos sólidos, líquidos y gaseosos como el asfalto, gasolina y el gas mediante destilación en columnas donde se aprovecha las diferentes propiedades de volatilidad de estos productos.

#### Hidrocarburo.

Son moléculas formadas exclusivamente de carbono e hidrógeno. Existen muchas combinaciones de estos átomos que forman hidrocarburos y los más conocidas son: Metano, Etano, Propano, Butano, Hexano, Heptano, Octano, etc.

#### Combustión

Proceso químico mediante el cual un elemento llamado combustible se combina de manera rápida con el oxígeno, conocido como comburente, produciendo calor y luz. Se pone énfasis en que la combinación es rápida para diferenciarla de la oxidación la cual es una combinación lenta y la explosión que es una combinación instantánea.

Un proceso de combustión se dice teóricamente perfecto cuando se han combinado por completo el combustible con el oxígeno, de esta manera no queda combustible sin quemar ni oxígeno libre.

Una combustión para que sea iniciada requiere de una cierta cantidad de energía proveniente del exterior, puede ser una chispa o llama; además de una mezcla gas-aire apropiada.

### Combustible

Es una sustancia capaz de quemarse o arder en determinadas condiciones. Los combustibles pueden ser sólidos líquidos o gaseosos. Dentro de los sólidos está la hulla, la antracita, el coque, el lignito, la turba, la leña, entre otros. En el campo de los líquidos se emplean mayormente los derivados del petróleo como el kerosene, fuel-oil, diesel-oil, gas-oil, naftas, entre otros. Aquí también se encuentra el alcohol como combustible que mezclado con nafta forma la llamada alcohol-nafta. Por último entre los combustibles gaseosos se halla el gas natural, gases obtenidos por destilación, gases licuados y el acetileno. Los primeros se los ha usado con fines domésticos y el acetileno para soldadura autógena

### Gases Combustibles.

Son aquellos que al encontrarse en estado gaseoso poseen ciertas propiedades que les permiten combinarse con el oxígeno originándose un proceso conocido como combustión que generalmente produce calor y luz. De todos los combustibles gaseosos que se puede encontrar en la naturaleza o que se puede producir, son de mayor interés solamente los que por su abundancia, poder calórico, facilidad de manipuleo, aceptable grado de seguridad y precio económico permitan satisfacer necesidades para usos domésticos, comerciales e industriales como calefacción, cocción, calentamiento, fundición y hasta refrigeración.

En el Ecuador el aprovechamiento de combustibles gaseosos es inferior con relación a otros tipos de energía y la producción de estos a partir del petróleo es escasa por lo que el Estado requiere importar para abastecer la demanda nacional, sin embargo, esta fuente de energía debería reemplazar a otros combustibles en la industria nacional para abaratar costos de producción.

### Poder Calorífico

Se conoce como la cantidad de calor entregado por unidad de combustible durante un proceso de combustión completa. Para sólidos y líquidos se toma como referencia al kilogramo quedando sus unidades como [Kcal./Kg.], mientras en los gases se toma al metro cúbico y sus unidades quedan como [Kcal/m<sup>3</sup>]. Otras unidades usadas son [MJ/Kg], [BTU/lb]. [BTU/pe<sup>3</sup>].

### Cantidad de Calor

Es una característica de los cuerpos que depende de la masa de los mismos, de su temperatura y del calor específico, así, la cantidad de calor es proporcional a estos tres aspectos mencionados con anterioridad.

### Caloría

Es la cantidad de calor necesaria para elevar en un grado la temperatura de un gramo de agua, pero al ser una cantidad tan pequeña se suele usar la kilocaloría que es la cantidad de calor necesaria para elevar en un grado la temperatura de “un kilogramo de agua o sea prácticamente un litro de agua”<sup>1</sup>.

### Calor Específico

En un cuerpo esta característica trata de la cantidad de calor necesario para elevar en un grado centígrado la temperatura de ese cuerpo. De esta definición se dice que el calor específico del agua es igual a la unidad, así el calor específico del agua es 1 Cal/Kg.°C.

### Calor Latente

Es la cantidad de calor absorbido por unidad de un cuerpo durante su cambio de estado. En otras palabras es la cantidad de calor que absorbe un cuerpo sin variar su temperatura, sino únicamente permitiendo que sus moléculas cambien de estado. Esta característica se mide en calorías por kilogramo [Cal/Kg.] y cabe mencionar que para los cambios de estado inversos se requiere la misma cantidad de calor, o sea, la fusión y la solidificación y la evaporación con la licuación.

---

<sup>1</sup> Tomado de Tratado General de Gas, LLOBERA, pág. 21



### Densidad

La densidad es la cantidad de masa de una sustancia por unidad de volumen, lo que quiere decir que es el cociente entre el peso de un cuerpo y su volumen; por lo que las unidades de la densidad serán kilogramos por metro cúbico [Kg./m<sup>3</sup>].

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Donde;  $m =$  masa [Kg]  
 $V =$  Volumen [m<sup>3</sup>]

### Peso Específico

Es la cantidad de peso por unidad de volumen de una sustancia, por lo tanto es el cociente entre el peso de un cuerpo y su volumen y se expresa en Newton por metro cúbico [N/m<sup>3</sup>] en unidades del SI y [lb/m<sup>3</sup>] en unidades inglesas.

$$\gamma = \frac{w}{V}$$

Donde;  $w =$  peso [N]  
 $V =$  Volumen [m<sup>3</sup>]

Dado que el peso es igual a masa por gravedad ( $g = 9,81 \text{ Kg.m/s}^2$ ), la densidad y el peso específico se relacionan así:

$$\gamma = \rho \cdot g$$

### Gravedad Específica

Esta relación es comúnmente usada para comparar la densidad o peso específico de un fluido con uno común como es el agua, es decir, es el cociente entre la densidad o peso específico del fluido y la gravedad o peso específico del agua a una temperatura dada. Conforme aumenta la temperatura del agua la densidad y el peso específico disminuyen, sin embargo, esto se hace evidente en rangos muy amplios.

En general, en la industria del petróleo y otros se toma como referencia la temperatura estándar de 15 °C, para la cual las condiciones del agua se considerarán  $\rho_{\text{agua}} @ 15^{\circ}\text{C} = 1.000 \text{ [Kg/m}^3\text{]}$  y  $\gamma_{\text{agua}} @ 15^{\circ}\text{C} = 9,81 \text{ [kN/m}^3\text{]}$ . Y la gravedad específica queda expresada como:

$$sg = \frac{\gamma_s}{\gamma_{\text{agua}}} = \frac{\rho_s}{\rho_{\text{agua}}}$$

$$sg = \frac{\gamma_s}{9,81 \text{ kN/m}^3} = \frac{\rho_s}{1000 \text{ Kg/m}^3}$$

Donde  $\rho_s$  y  $\gamma_s$  son la densidad y peso específico del fluido respectivamente.

Para una mezcla la gravedad específica, al igual que otras propiedades, se calcula con la gravedad específica y los porcentajes de cada uno de sus componentes.

### Octanaje

Se define como la resistencia que ofrece un fluido al autoencendido al ser comprimido, se mide comparando con el octano cuyo octanaje = 100 (escala arbitraria). Para los componentes del GLP el octanaje es alto, lo que le hace un combustible aparente para los motores de combustión interna.

### Presión

Se define a la presión como la fuerza ejercida sobre una unidad de superficie. Para fines de diseño se pone interés en el exceso de presión sobre la presión atmosférica debido a que un gas para que pueda salir por un orificio debe tener una presión mayor a la presión atmosférica.

### Presión de Vapor

Es la presión que ejercen fuerzas sobre las paredes del recipiente, o para mayor interpretación, es la presión ejercida por el gas encerrado cuando éste se halla en presencia de fase líquida. Un aumento de temperatura sube la presión de vapor de un líquido, debido a que las moléculas aumentan su velocidad con el incremento de la temperatura pasando con mayor rapidez al estado gaseoso formando también

burbujas de vapor en el seno del líquido, conocido como ebullición. Este proceso se lleva a cabo para guardar el equilibrio entre ambas fases y es una propiedad que varía con la temperatura.

### Punto de Ebullición

Es la temperatura de una sustancia a la cual cambiará de estado líquido al gaseoso que para el Butano es de  $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y para el propano  $-42,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  a presión atmosférica. Dentro de un recipiente cerrado la temperatura puede ser mayor a la de ebullición pero la presión es mayor y por tanto no se produce la ebullición. Gas y líquido están a la misma temperatura cuando coexisten en equilibrio, cuando hay cambio de estado líquido a gaseoso hay un descenso de su temperatura en su entorno inmediato.

### Punto de rocío

La temperatura a la cual un gas se condensa a una determinada presión se llama punto de rocío.

### Límites de Inflamabilidad.

Son los porcentajes de gas en una mezcla Aire-Gas que se requiere para mantener la combustión. Estos límites tienen el mismo significado de límites de explosividad. Los límites son máximos y mínimos, esto significa que una mezcla demasiado rica (mayor porcentaje de gas) o demasiado pobre (mínimo porcentaje de gas) no permitirán la combustión. Para el propano estos límites están en el rango de 2,15% a 9,6% y para el butano entre 1,55% y 8,6%.

### Temperatura de Ignición.

Es la temperatura a la que una mezcla inflamable de Aire – Gas puede iniciar una combustión espontánea a presión atmosférica sin que haya contacto con una fuente de ignición (llama o chispas). Para el Propano está en el orden de  $493\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y para el Butano en  $405\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Vaporización del Líquido

En un recipiente cerrado el líquido tiene una cantidad de calor que se utiliza para vaporizar el volumen de líquido, lo que provoca que la temperatura del líquido

descienda y solo se podrá recuperar ese calor tomando como fuente al calor de la atmósfera ambiente, el mismo que se transmite por las paredes del tanque que están bañadas por el líquido.

Para el caso del GLP, almacenado en estado líquido, si la velocidad con que el líquido recupera calor es igual o similar a la velocidad con que la pierde no hay problema, al no suceder esto, empezará a descender la temperatura del líquido por debajo de los 0 °C y en ese momento se producirá la congelación de la humedad del aire en el área del recipiente, que está en contacto con el GLP en estado líquido.

### 1.1.2. Gas Licuado de Petróleo.

El GLP es un combustible de elevado rendimiento energético, con gran versatilidad de utilización, con un nivel mínimo de impurezas.

El proceso del refinamiento del petróleo proporciona entre otros productos, los GLPs (Gases Licuados del Petróleo) entre los que destacan el butano y el propano. En la industria mundial el GLP se encuentra en diferentes mezclas debido a la fuente o al proceso al que fue sometido el producto. Las cuatro variedades son:

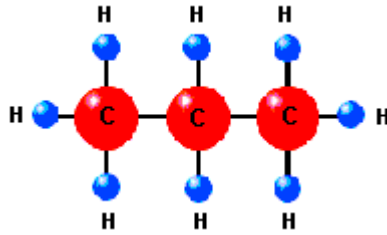
- Propano Comercial.
- Propano para aplicaciones especiales<sup>1</sup>.
- Butano Comercial.
- Mezclas Propano – Butano.

El gas propano no contiene azufre, su combustión no libera cenizas ni olores, por lo que es considerado una de las fuentes de energía más limpias. Esta mezcla se forma de propano y butano en una proporción de 70% y 30%, respectivamente. Sin embargo, en ocasiones también se le denomina GLP al gas propano.

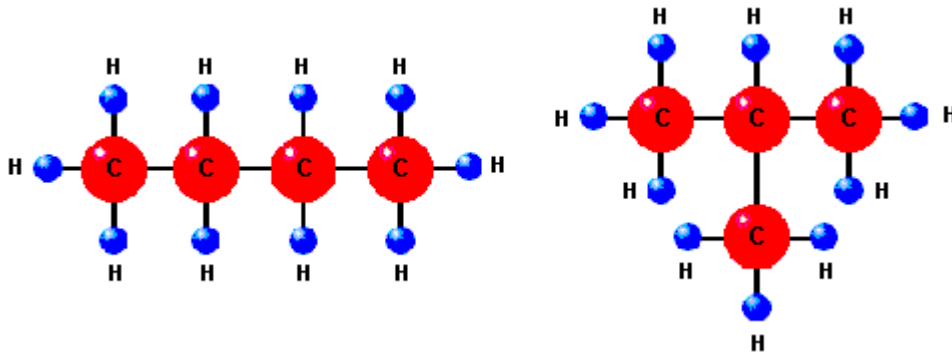
El propano comercial predominantemente consiste en un hidrocarburo formado de tres átomos de carbono y ocho de hidrógeno (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>).

---

<sup>1</sup> Equivalente al HD5 de la GPA (Gas Processor Association)



El butano comercial principalmente consiste en un hidrocarburo formado por cuatro átomos de carbono y diez de hidrógeno (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>).



Para la comercialización y por razones de seguridad, al GLP es necesario agregarle odorizantes como los mercaptanos que debido a su contenido de azufre le impregnan un mal olor que permite identificar las fugas de gas, sin embargo no afecta a sus propiedades combustibles. Este penetrante olor se consigue al añadir una sola gota por litro de GLP.

Entre las características más importantes del GLP hay que mencionar que tiene en promedio 114,8 octanos; se licua a baja presión; cuando sale libremente a la atmósfera, se vaporiza. En estado líquido al tener contacto con la piel produce quemaduras por frío.

Es más pesado que el aire, por lo que las fugas tienden a acumularse en las partes más bajas por lo que puede ser asfixiante en espacios cerrados. Resulta inflamable si se mezcla con una cantidad de aire del 2 al 10%.

Otra característica del GLP es que se puede almacenar gran cantidad de energía en un espacio reducido, pues cada Kg. contiene cerca de 12.000 Kcal de energía no tóxica y no corrosiva. No contiene azufre ni plomo, lo que lo convierte en uno de los productos más inofensivos para el medio ambiente. Al ser un combustible limpio es ideal para aplicaciones que requieran una elevada calidad y exigencia en los procesos de producción.

Este derivado del petróleo goza de enorme popularidad ya que es versátil, abundante y de fácil transporte debido a su capacidad de licuado, bastando para ello reducir la temperatura o aumentar moderadamente la presión. De esta forma, puede ser transportado en estado líquido y arder como un gas.

Los beneficios del gas licuado de petróleo son:

- Alto poder calorífico
- Facilidad de uso y transportación
- Alta eficiencia de combustión
- Limpio, sin residuos significativos de azufre o metales contaminantes
- No tóxico
- No corrosivo

El GLP ofrece a sus usuarios todas las ventajas de un gas, siendo un combustible sin grandes costos de infraestructura. No son necesarias complicadas redes de distribución, puede incluso ser consumido en áreas remotas, llegando adonde el gas natural no puede ser transportado. El suministro está asegurado porque las fuentes de GLP son innumerables en todo el mundo.

El Gas Natural, también un derivado del petróleo, puede confundirse con el GLP, pero se deben notar algunas características que los diferencian. El Gas Natural se obtiene en estado gaseoso directamente de la naturaleza sin procesos de refinación, para licuarlo son necesarias altas presiones por lo que la infraestructura para procesarlo es más costosa, por otra parte, requiere grandes espacios para almacenar y transportar dado que se lo realiza en forma de vapor.

La energía que se obtiene del GLP se compara con otras fuentes de energía así:  
1 Kg. de GLP equivale a:

- 13,9 kW.hr de electricidad
- 1,3 m<sup>3</sup> de gas natural
- 2 Kg. de carbón de piedra
- 0,33 galones de Diesel
- 0,38 galones de gasolina

En comparación con otros combustibles en estado líquido y gaseoso se tiene:

<b>COMBUSTIBLES LÍQUIDOS</b>		<b>COMBUSTIBLES GASEOSOS</b>	
<b>Combustible</b>	<b>Poder calorífico [Kcal/Kg]</b>	<b>Combustible</b>	<b>Poder calorífico [Kcal/m<sup>3</sup>]</b>

GLP	12000
Gasolina	10900
Diesel	10300
Petróleo	10100
Alcohol	6500

Gas Natural	8800
Propano	17375
Butano	22880

1 litro GLP (0.531 Kg)	= 6.362,6 Kilocaloría
1 litro gasolina	= 8.379,7 Kilocaloría
1 litro kerosene	= 8.893,4 Kilocaloría
1 litro gasoil	= 9.073,5 Kilocaloría
1 litro fueloil	= 9.460,5 Kilocaloría
1 litro alcohol	= 5.427,0 Kilocaloría
1 kilo carbón de piedra	= 6.000 a 8.000 Kilocaloría

Con estos datos es fácil visualizar la diferencia económica entre utilizar uno y otro combustible. Para el caso específico del transporte en el Ecuador, si se utilizara el GLP en lugar de gasolina significaría un gran ahorro inclusive si el subsidio para uso doméstico fuera eliminado.

La siguiente tabla es la recopilación más completa de las propiedades físico-químicas del GLP y sus componentes; los datos han sido obtenidos de diversas fuentes. Los citados aquí son los datos que se tomarán para los cálculos de diseño.

Tabla 1. Propiedades del Gas Licuado de Petróleo

PROPIEDAD	PROPANO	BUTANO	GLP	UNIDADES	
	COMERCIAL	COMERCIAL	70% - 30%		
Fórmula Química	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>			
Temperatura crítica	96,8	152		[°C]	
Presión Crítica	42	37,5		[Kg./cm <sup>2</sup> ]	
Temp. Ebullición (a 1 Kg./cm <sup>2</sup> )	-42,1	-0,5	-30	[°C]	
Límites de inflamabilidad en aire Superior	10	8,8		%	
Inferior	2,2	1,8		%	
Temperatura de inflamación	535	525	532	[°C]	
Peso molecular	46	58	50		
LÍQUIDO	Densidad a 15°C	506	582	529	[Kg/m <sup>3</sup> ]
	Gravedad específica 20°C	0,505	0,58	0,53	
	Viscosidad dinámica (15°C)	1060	1800	1282	[micropoises]
	Calor específico (C.N.)	0,58	0,55	0,57	[kcal/kg°C]

Poder calorífico superior	11900	11842	11883	[kcal/kg]
Poder calorífico inferior	11000	10930	10979	[kcal/kg]
Calor latente de vaporización	101,7	82,2	95,85	[kcal/kg]

VAPOR	Viscosidad (20°C)	80	74	78,2	[micropoises]
	gravedad específica (15°C) (a presión atmosférica)	1,43 1,85	1,86 2,41	1,559 2,018	
	Masa volumétrica (15°C)	1,86	2,46	2,04	[kg/m <sup>3</sup> ]
	Calor específico a pres. cte. (a 15°C) a vol cte.	0,39 0,346	0,396 0,363	0,392 0,351	[kcal/m <sup>3</sup> °C] [kcal/m <sup>3</sup> °C]
	Poder calorífico superior (C.N.) @20°C	22000	28300	23890	[Kg./m <sup>3</sup> ]
	Poder calorífico inferior (C.N.) @20°C	20400	26200	22140	[Kg./m <sup>3</sup> ]

Presión vapor a 15,6°C	102	12	75	[psi]
Temperatura máxima llama (en aire)	1925	1895	1916	[°C]
Temperatura máxima llama (en oxígeno)	2820	2820	2820	[°C]

### 1.1.3. Términos relacionados con el proceso productivo

#### Centros de Abastecimiento.

Son “instalaciones de PETROCOMERCIAL en la cuales del GLP a granel es objeto de las operaciones de recepción almacenamiento y despacho vía autotanque, para su posterior comercialización sin que en ellas se realice el envasado del producto en cilindros”.<sup>1</sup>

#### Centros de Acopio.

Son locales autorizados por una comercializadora y registrados por la Dirección Nacional de Hidrocarburos (DNH) destinados a almacenar al menos 3.000 cilindros de GLP y entregarlos a los depósitos de distribución del GLP.

#### Cilindro

<sup>1</sup> Tomado textualmente del Reglamento Técnico para Comercialización del GLP, Capítulo I, Art. 1. Num 6.



Es el recipiente utilizado para almacenar y transportar GLP, que por su tamaño y peso permite ser transportado manualmente con cierta facilidad. Su construcción debe cumplir con la NTE INEN 0111.98.

Estos recipientes son intercambiables, es decir, una vez consumido su contenido se adquiere uno lleno entregando el vacío, los cilindros son envasados con GLP líquido en plantas con la infraestructura necesaria para este proceso y que cuentan con el aval de las entidades de control. En el Ecuador se pueden encontrar cilindros de 5, 10, 15 y 45 Kg. Sus partes constitutivas son la base, el cuerpo, el asa, el portaválvula, la válvula, soldaduras y el sello de seguridad.

### Cisterna

Es el recipiente utilizado para el transporte de GLP a granel, en estado líquido bajo presión, que está montado en el chasis de un vehículo automotor o remolque (terrestre) o en embarcaciones (marítimo o fluvial), diseñado y fabricado de acuerdo con las especificaciones establecidas en las normas NTE INEN, o en su defecto en las consagradas en el Código ASME y en las normas DOT que sean aplicables según el caso.

### Comercializadora.

Es “la persona natural o jurídica, nacional o extranjera, calificada por la DNH, que será responsable de las actividades de comercialización del GLP”.<sup>1</sup>

### Depósito de distribución.

Local destinado al almacenamiento de al menos 100 cilindros para ser vendidos con fines de uso doméstico; deben tener la autorización de una comercializadora y estar registrados en la DNH.

### Distribuidor.

Es la persona que expende cilindros de GLP para uso doméstico a través de locales de venta a nombre de una comercializadora y que cumplen con los reglamentos vigentes.

---

<sup>1</sup> Tomado textualmente del Reglamento Técnico para la comercialización de GLP. Capítulo I, Art. 1, Num. 10

### Inertización.

Es el procedimiento para disminuir la concentración de GLP en recipientes y tuberías de modo que se encuentre por debajo del límite inferior de inflamabilidad.

### Planta envasadora

Es la infraestructura física provista de instalaciones y equipos destinados al almacenamiento y envasado de GLP en cilindros. Las envasadoras deben ser autorizadas por la DNH, cumplir con los reglamentos vigentes y contar como mínimo de:

- i) Uno o varios tanques estacionarios para GLP;
- ii) Una plataforma de llenado con sus respectivos equipos de medición para el envasado de cilindros;
- iii) Bombas, compresor, sistema de tubería para el manejo de líquidos y retorno de vapores;
- iv) Un sistema de drenaje y desgasificación de cilindros y disposición de los líquidos;
- v) Y los demás equipos necesarios para realizar, en forma técnica y segura, cada una de las operaciones propias de su naturaleza.

### Prueba de estanqueidad

Es el proceso por el cual se verifica la hermeticidad del cuerpo y válvula del cilindro mediante la inmersión del mismo lleno de aire o GLP en un recipiente con agua.

### Prueba hidráulica.

Es la prueba que se realiza en cilindros, tanques o tubería presurizando el mismo para hallar la existencia de fugas debidas a fisuras, grietas, porosidades, malas soldaduras, deformaciones u otras, se realiza llenado a presión el elemento a prueba con un líquido inerte.

### Recipiente

Es el tanque fijo, cisterna o el cilindro, utilizado según su naturaleza para almacenar, transportar o distribuir GLP, diseñado, construido y probado de acuerdo

con las especificaciones establecidas en las NTE o en su defecto en las consagradas en el Código ASME y en las normas DOT según sea el caso.

#### *Sello de Seguridad.*

Este dispositivo que se coloca sobre la válvula de los cilindros para identificar la comercializadora responsable y garantizar al usuario la calidad y cantidad del producto que recibe.

#### *Sistema de protección contra incendio*

Es el conjunto de equipos y tuberías contra incendio diseñados, calculados y construidos de acuerdo con las normas NFPA 10, 13, 15, 22 y 24, reconocidas internacionalmente o por las NTE INEN que las sustituyan, las cuales se refieren a la red de suministro de agua, bombas, reservorios de agua, hidrantes, monitores, mangueras y extintores.

#### *Talleres para reparación de cilindros.*

Son los lugares donde se realizan las actividades de mantenimiento, reparación y reposición de cilindros, calificadas por el INEN y registradas en la DNH.

#### *Tanque fijo*

Es el recipiente cuya capacidad volumétrica total excede de cuatrocientos cincuenta decímetros cúbicos (0,45m<sup>3</sup>) de contenido de agua (120 libras de contenido de GLP) a condiciones de referencia, y que, por razón de su tamaño y peso, debe permanecer en el sitio de emplazamiento. Su diseño y construcción debe cumplir con las especificaciones establecidas en las NTE o en su defecto en las consagradas en el Código ASME y tener certificación del fabricante.

#### *Transporte de GLP en cilindros.*

Es el transporte de GLP envasado en cilindros que se realiza en vehículos apropiados para este trabajo y que cumplen los requisitos y disposiciones de los organismos competentes.

#### *Transporte de GLP a granel*

Es el transporte de GLP se realiza por gasoductos, poliductos, autotanques o buquetanques que cumplen con los requisitos y disposiciones de los organismos competentes.

#### Trasiego

Es la operación de llenado y vaciado de recipientes, por diferencia de presión, gravedad, bombeo o compresión.

#### Usuario

Es la persona natural o jurídica que se beneficia con el uso de cilindros de GLP, bien para uso domiciliario, comercial o industrial.

### **1.1.4. Aplicaciones del GLP en varios sectores Industriales**

El GLP es un combustible idóneo para controlar el calor deseado, siendo el preferido en aplicaciones tales como: hotelería, piscinas climatizadas, restaurantes, colegios, residencias, hospitales, polideportivos, etc.

Las características y propiedades de este gas lo convierten en una elección acertada para las diversas aplicaciones industriales. Su pureza es garantía de calidad para la industria del vidrio; en la metalúrgica reduce el riesgo de oxidación de los materiales y su versatilidad es ideal para la industria cerámica.

El sector agropecuario también se beneficia de las bondades del GLP ya que la energía que produce ayuda a la agricultura y a la horticultura en el cultivo, el secado de los cereales e incluso en la crianza de animales. Los invernaderos también se calientan recurriendo a la ayuda del GLP, cuyos productos de combustión, CO<sub>2</sub> y agua son vitales para el crecimiento de las plantas. Además se lo utiliza como combustible para los tractores o máquinas relacionadas a estos trabajos.

Como combustible doméstico no tiene igual por las características antes mencionadas y por su economía. Se lo utiliza para calentamiento de agua, cocción

de alimentos, secado de ropa, calefacción y refrigeración, alimentación de saunas y similares.

Este gas se consume totalmente y no genera impurezas que contaminen los alimentos. Por estas mismas razones se lo utiliza en grandes proporciones en la industria alimenticia: en calderos, hornos, cocinas, planchas, etc. Otros productos como el tabaco y medicinas se benefician de las propiedades del GLP para el secado y tratamiento de hojas, semillas o frutos.

La industria textil utiliza este derivado para el secado y como combustible para el tinturado. De igual manera es la mejor elección para las secadoras de ropa, ya sea para uso doméstico o industrial.

En el caso de muchos países europeos y algunos americanos el GLP está siendo utilizado para transporte vehicular. En el Ecuador no se da este caso, sin embargo algunas personas adaptan sus autos para que funcionen a gas con instalaciones que generalmente son incorrectas y por tanto peligrosas. Hay que tener en cuenta que el uso del GLP como combustible para automóvil es beneficioso por ser económico, anticontaminante y más eficiente que la gasolina puesto que al no generar hollín disminuye el daño a la máquina y sus componentes, pero esto se obtiene únicamente cuando las instalaciones automotrices están realizadas por un especialista y bajo normas técnicas.

Existen varias aplicaciones más como combustible que listaremos a continuación:

- soldadura
- incineradores
- crematorios
- lámpara para criaderos de pollos
- secado de hojas y granos
- florícolas
- imprentas
- generación eléctrica
- iluminación

### 1.1.5. El GLP en el Ecuador.

Las actividades relacionadas con el GLP en el Ecuador se han realizado desde el inicio de las exploraciones del petróleo. Las empresas que se dedican al envasado y comercialización del GLP son principalmente:

**Duragas:** Guayaquil, Quito, Santo Domingo, Manta y Santa Rosa

**AGIP:** Quito, Guayaquil, Ambato, Ibarra

**Petrocomercial:** Guayaquil, Santa Elena, Esmeraldas y Shushufindi

**Congas:** Quevedo, Salcedo

**Austrogas:** Cuenca

**Lojagas:** Loja

**Mendogas:** Riobamba

**Coecuagas:** Quito

Todas las actividades relacionadas con el proceso productivo del GLP están reguladas por la Dirección Nacional de Hidrocarburos en base a las leyes publicadas en el registro oficial o mediante decreto.

El GLP en el Ecuador debe cumplir ciertos requisitos establecidos por Petrocomercial y están detallados en la tabla 1.1. del anexo de este capítulo.

Actualmente el consumo de este combustible se realiza de la siguiente manera: el estado produce y/o importa gas licuado de petróleo que reparte a las plantas envasadoras de las empresas comercializadoras por gasoductos o tanqueros cisternas. El GLP se expende en dos presentaciones: cilindros de 15 y 45 kilogramos y a granel en tanqueros cisternas.

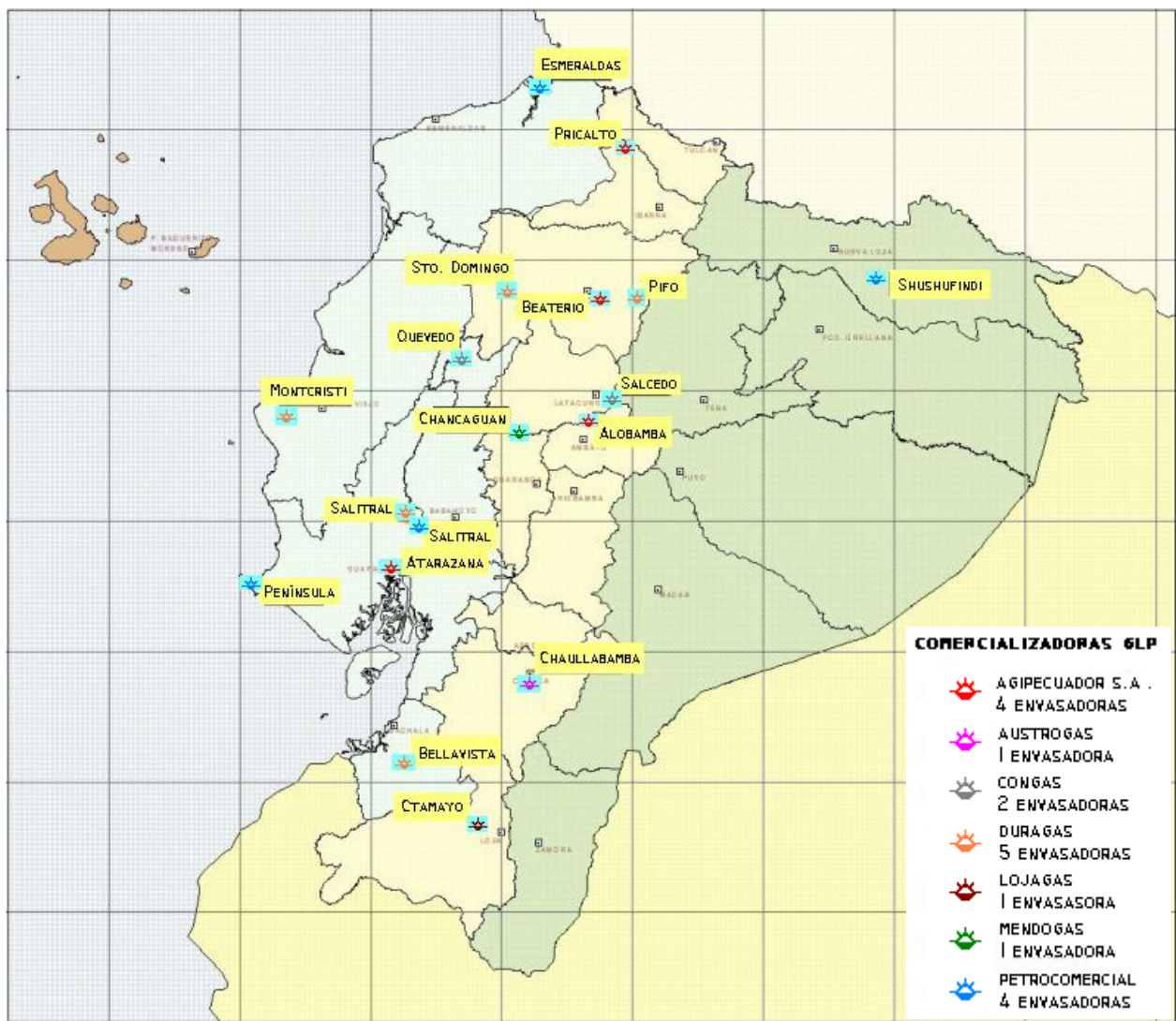
El precio del GLP es subsidiado por el estado, y el precio oficial es de 1,60 USD por 15 Kg., es decir, 0,106 USD/Kg. Dependiendo de la aplicación final el precio de este combustible varía entre lo que se conoce como "Gas Doméstico" (subsidiado y distribuido en cilindros de 15 Kg. y a granel) o "Gas Industrial" (sin subsidio,

distribuido en cilindros de 45 Kg. y a granel). Ver precios actualizados en la tabla 1.2. del anexo de este capítulo.

En este proceso las plantas envasadoras reciben, envasan y transportan el GLP absorbiendo además los gastos de mantenimiento o reparación de los cilindros de 15 Kg. Al finalizar este ciclo la comercializadora entrega a un distribuidor minorista el gas envasado a un precio menor al precio de venta al público, como es de esperar, el distribuidor preferirá comprar este producto a la comercializadora que venda al más bajo precio; esto significa que el éxito de una planta envasadora radica en envasar y transportar al costo más bajo de manera que la utilidad sea significativa y a la vez entregar al mejor precio para distribuidores y por tanto captar más mercado.

El mapa siguiente muestra la ubicación de las plantas de envasado de GLP que existen en el Ecuador:

*Figura 1. Mapa de comercializadoras en el Ecuador*



Fuente: Unidad de Programación de Abastecimiento de Combustibles

Algunas de las empresas, como AGIP y Congas entre otras particulares también desempeñan proyectos industriales y comerciales de Sistemas Centralizados de GLP. Es decir, en el Ecuador el manejo y actividades relacionadas con el gas licuado de petróleo involucra y beneficia a varias personas naturales y jurídicas, generando puestos laborales para Ingenieros, Técnicos, Soldadores, Transportistas, empresas Importadoras de equipos y materiales, distribuidores minoristas y una gran cantidad de personas dedicadas a las actividades administrativas y comerciales.



## 1.2. Análisis de requerimientos de GLP en la zona de influencia.

Al hablar de zona de influencia nos referiremos a las provincias de Pastaza, Napo, Tungurahua, Morona Santiago y Orellana con sus respectivos cantones: Pastaza, Mera, Santa Clara, Tena, Archidona, Baños, Pelileo, Sucúa, Morona, Palora, Huambaya, Loreto y Francisco de Orellana.

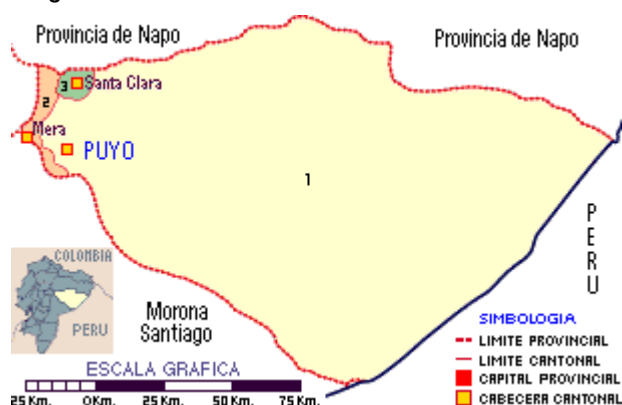
En la provincia de Tungurahua se pretende dar servicio a los cantones: Baños, Patate y Pelileo que están más cercanos a la planta en el Puyo que a la de Ambato o Salcedo, la accesibilidad es muy buena y la zona tiene un crecimiento importante en aspecto turístico y comercial.

Figura 2



Fuente: página web Ecuador-online

Figura 3



Fuente: página web Ecuador-online

La provincia de Pastaza tiene tres cantones: Santa Clara, Mera y Pastaza que están ubicados en la frontera con las provincias de Napo, Tungurahua y Morona Santiago. La mayor concentración humana se localiza en la parte occidental de esta provincia y en el resto del territorio habitan Huaoranis, Quichuas de la región amazónica y Shuars.

La provincia de Napo está cercana a varios puntos de distribución en Quito y Shushufindi, sin embargo ubicar una planta en el Puyo abastecerá al menos a los cantones Tena y Archidona.

Figura 4



Fuente: página web Ecuador-online

Figura 5



Fuente: página web Ecuador-online

A la provincia de Morona Santiago le dan el servicio las plantas de Azuay y Chimborazo, las cuales están cerca de los cantones al sur de Macas, sin embargo, la planta en Puyo servirá mejor a los cantones del norte: Palora, Huambaya y Morona según la ubicación geográfica.

Riobamba está cerca de estos cantones sin embargo no hay acceso directo y los distribuidores deben cruzar largas distancias.

Orellana es la provincia de reciente población que también se verá beneficiada con la planta de envasado en el Puyo que servirá a los cantones Puerto Francisco de Orellana y Loreto.

Figura 6



Fuente: página web Ecuador-online

Para observar de mejor manera se ha definido la zona de importancia en color amarillo y puede observarse la ubicación geográfica de las provincias mencionadas y el lugar de implementación de la planta.

Figura 7



Fuente: página web Ecuador-online

En el año 2004 las compañías que se dedican al envasado de GLP vendieron más de 815 millones de kilogramos en todo el territorio ecuatoriano, de los cuales se reparten 17,7 millones en el Oriente, 398,8 millones en la Sierra, 398,3 en la Costa y medio millón en Galápagos.

A continuación se encuentra un cuadro comparativo del consumo de GLP en la zona de influencia desde el año 2001 hasta la proyección del año 2010. Los datos siguientes provienen de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo SENPLADES; tomando los valores correspondientes a las parroquias de la zona de influencia y comparando con la población total del Ecuador se obtiene el porcentaje respectivo.

$$\frac{\text{Población provincia}}{\text{Población Ecuador}} \cdot 100 = \% \text{ hab provincia}$$

El consumo de GLP en Ecuador se obtiene de las estadísticas de la DNH para el 2001 a 2004, para determinar el consumo en la zona de influencia aplicamos un crecimiento con tasa. Para calcular este índice empleamos las estadísticas del 2001 al 2004 para el Ecuador. Ver anexos 1.3 y 1.4:

$$Vf = Va \cdot (1 + t)^n$$

*Vf*: valor futuro.

*Va*: valor actual.

*t*: tasa.

*n*: años con valores conocidos.

$$t = \left( \frac{Vf}{Va} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

$$t = \left( \frac{815'454.867}{691'078.149} \right)^{\frac{1}{4}} - 1$$

$$t = 0.04224$$

Aplicando para la zona de influencia:

$$t = \left( \frac{21'446.010,21}{17'684.620,33} \right)^{\frac{1}{4}} - 1$$

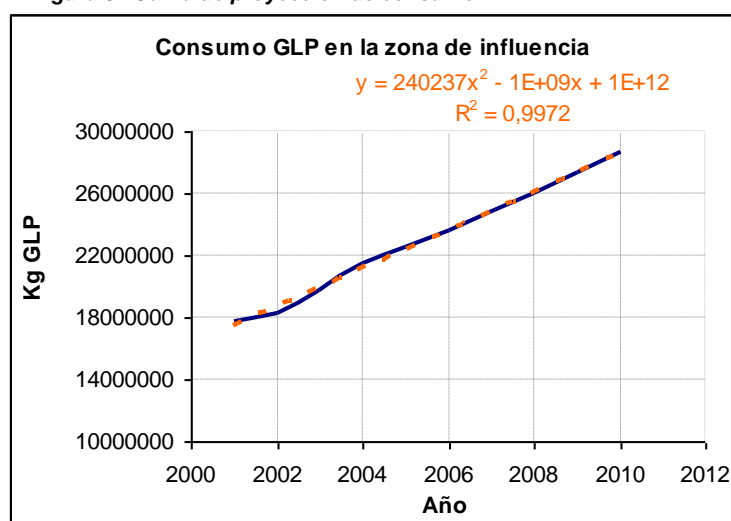
$$t = 0.0494$$

La proyección del consumo de GLP se obtiene aplicando la forma inicial de la ecuación anterior para los años del 2005 al 2010, así:

Tabla 2. Proyección de consumo.

	TOTAL ECUADOR	TOTAL ZONA INFLUENCIA	%	consumo Ec. GLP (año)	consumo zona influen.	cilindros /año	cilindros/día
2001	12479924	319360	2,56	691078149	17684620,33	1178974,69	4534,52
2002	12660728	323613	2,56	715747184	18294768,95	1219651,26	4690,97
2003	12842578	333031	2,59	759778772	19702421,45	1313494,76	5051,90
2004	13026891	342600	2,63	815454867	21446010,21	1429734,01	5498,98
2005	13215089	351426	2,66	849867062	22505443,12	1500362,87	5770,63
2006	13408270	359810	2,68	885731452	23617212,01	1574480,80	6055,70
2007	13605485	369584	2,72	923109320	24783902,28	1652260,15	6354,85
2008	13805095	378570	2,74	962064533	26008227,05	1733881,80	6668,78
2009	14005449	386910	2,76	1002663656	27293033,47	1819535,56	6998,21
2010	14204900	394440	2,78	1044976063	28641309,32	1909420,62	7343,93

Figura 8. Curva de proyección de consumo



En el año 2004 el consumo en la zona de influencia fue de 2.1 millones de kilos de GLP. Esta planta envasador producirá 2500 cilindros diarios, trabajando 5 días a la semana, 52 semanas al año, estará produciendo 54.000 cilindros al mes y por tanto 648.000 cilindros al año, lo que representa 9'720.000 kilos de GLP al año.

Es decir, esta planta aspira atender al 1.2% del consumo actual del Ecuador que representa el 50% de la zona de influencia actualmente. Al inicio de su funcionamiento con seguridad no trabajará a su capacidad total, ésta aumentará gradualmente a medida que vaya ganando mercado y probablemente después de algún tiempo su producción deba ser mayor, por lo que se corregirá esta capacidad nominal en el Capítulo 3.

### **1.3. Análisis del sector**

La región Oriental o Amazónica es el vasto territorio que se extiende al otro lado de los Andes, en dirección de la cuenca amazónica, corresponden los territorios que van desde los 600 metros en las estribaciones hasta los límites ecuatorianos amazónicos. Según el protocolo de Río de Janeiro la extensión de esta Región es de aproximadamente 110.000 Kilómetros cuadrados y abarca las provincias de Napo, Orellana, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe.

Esta región es cálida, húmeda muy lluviosa con un promedio de temperatura de 25 grados centígrados, sintiéndose la más elevada al medio día y tarde, mientras que la más baja se siente por la mañana.

La zona de Pastaza presenta una temperatura promedio de 25 grados centígrados y clima tropical húmedo. Dado a su riqueza en vegetación, especies animales y bosques es actualmente el sitio de visita obligada por turistas que buscan el contacto con la naturaleza y la aventura.

Puyo, capital de la provincia, ofrece alojamiento, gente hospitalaria y rica gastronomía, por tanto es un centro turístico en potencia. En Mera hay una importante actividad petrolera, museos, vestigios arqueológicos y su geografía muestra hermosos paisajes. En síntesis, esta zona amazónica tiene una creciente importancia turística, que traducidos a los intereses de la planta envasadora, significa un incremento del mercado.

#### **1.3.1. Ubicación del terreno.**

El terreno donde se prevé la construcción de la planta está ubicado en la carretera vía a Macas Km. 25, tiene una superficie de 91 Ha. de forma rectangular, tres de sus lados colindan con terrenos de varios dueños y el cuarto con la carretera.

## **CAPITULO II. Técnica de Almacenamiento de GLP**

### **2.1. Normas Nacionales.**

En el Ecuador hay dos entidades a las cuales se hará referencia al momento de hablar de leyes y normas respecto al GLP:

- INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización)

El **INEN** es la entidad que tiene como una de sus funciones principales el formular las Normas Técnicas Ecuatorianas que definan las características de materias primas, productos intermedios y productos terminados que se comercialicen en el Ecuador, así como, los métodos de ensayo, inspección, análisis, medida, clasificación y denominación de aquellos materiales o productos.

23.020.10: Recipientes y tanques estacionarios. - Obligatoria

**NTE INEN 2 261:01** Tanques para gases a baja presión. Requisitos e inspección.

23.020.30: Recipientes a presión, cilindros de gas. - Obligatoria

**NTE INEN 0 111.98** Cilindros de acero soldados para gas licuado de petróleo GLP.

23.060.01: Válvulas en general. - Obligatoria

**NTE INEN 0 116:99** Cilindros para GLP de uso doméstico. Válvulas. Requisitos e Inspección.

13.220: Protección contra fuegos y explosiones. - Obligatoria

**NTE INEN 1 536:98** Prevención de Incendios. Requisitos de Seguridad de Plantas de Almacenamiento y Envasado de gas licuado de petróleo.

**NTE INEN 1 537:87** Prevención de Incendios. Requisitos de seguridad para operaciones de trasvase de Gas Licuado de Petróleo GLP.

- DNH (Dirección Nacional de Hidrocarburos)

La **DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS** es un organismo técnico-administrativo, parte del Ministerio de Energía y Minas, que controla, fiscaliza y audita las operaciones hidrocarburíferas, siendo el control un servicio que el Estado presta a la colectividad para asegurar el cumplimiento de las disposiciones constitucionales, legales y reglamentarias y verifica que sus derechos no sean vulnerados. La normatividad reglamentaria abarca lo concerniente a la prospección, exploración, explotación, refinación, industrialización, almacenamiento, transporte y comercialización de los hidrocarburos y de sus derivados.

“La Dirección Nacional de Hidrocarburos es el organismo técnico administrativo dependiente del Ministerio de Energía y Minas que controla y fiscaliza las operaciones de hidrocarburos en forma directa o mediante la contratación de profesionales, firmas o empresas nacionales o extranjeras especializadas.” Regula las actividades relativas al GLP mediante el:

**Reglamento técnico para la comercialización del gas licuado del petróleo.**

**Reglamento para autorización de actividades de comercialización de GLP.**

Ver anexo 2.1.

## **2.2. Normas Internacionales.**

- NFPA

La **NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION** (NFPA) es una organización internacional de códigos y normas. Editado en español en el año 2000 por el Instituto IRAM bajo licencia de la NFPA, el Código del Gas-LP NFPA 58 es a la vez aprobado por ANSI.



## **NFPA 58 – Almacenaje y Manejo de GLP.**

Este código está vinculado con las normas que reglamentan el transporte en Estados Unidos, sin embargo aborda temas desde la descripción del GLP, manera de manipular, envasar, transportar, aplicaciones y accesorios permitidos.

- ASME

La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (**AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS**) es un organismo conformado por miles de miembros a nivel mundial que se interesan en diversos ámbitos de la Ingeniería Mecánica. Esta institución tiene por objetivo regular y validar las actividades que se realicen en ese campo.

**Código ANSI/ASME B.31.4** Código de Tuberías y Accesorios a presión para GLP.

**Código ASME Sec. VIII, División 1** Código para la Construcción de Tanques Presurizados

### ***2.3. Tanques de Almacenamiento***

Los recipientes para GLP pueden clasificarse según:

#### *Clasificación por Códigos de fabricación.*

Los códigos de fabricación pueden ser DOT/TC (Department of Transportation & Transport Canada) y ASME.

Según la norma DOT la capacidad máxima para estos recipientes es de 1000 lb. de agua (120 gal.); la presión de servicio es 240 psi.; la presión de prueba hidrostática es 480 psi.; solo para uso sobre superficie; y el factor de seguridad en diseño es 4:1.

El código ASME abarca recipientes de grandes y pequeñas capacidades, especifica que la presión de diseño es 250 [psi], presión de prueba a 1,5 la presión de diseño, para aplicaciones sobre y bajo superficie, factor de seguridad en diseño es 4:1.

#### Clasificación por Aplicación.

Los tanques construidos bajo norma DOT/TC pueden ser utilizados como recipientes portátiles; para combustible vehicular en montacargas o tractor; como recipientes de intercambio, o como recipientes estacionarios.

De manera similar los tanques construidos bajo código ASME abarcan esas y otras aplicaciones, y pueden ser usados para almacenamiento de combustibles; cisterna; transporte marítimo, fluvial, terrestre o multimodal; almacenamiento industrial; para combustible vehicular.

#### Clasificación por Instalación.

Los recipientes diseñados y construidos con código ASME pueden ser de capacidades medianas y grandes. Dado a su tamaño y usos, los tanques son instalados en superficie; enterrados, atrincherados o semienterrados (mounded); en terrazas (elevados).

Dentro de este grupo de recipientes, se ha encontrado las siguientes aplicaciones conocidas:

- Recipientes para almacenamiento de GLP destinados a plantas almacenadoras para distribución y estaciones de aprovisionamiento de vehículos automotrices.
- Recipientes para instalaciones fijas de aprovechamiento de GLP como combustible.
- Recipientes para transportes de GLP instalados permanentemente remolques y semiremolques.

Estos recipientes a presión deben ser construidos de acero, soldados con arco eléctrico. Las dimensiones, accesorios y capacidad dependen del fabricante. El

INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) acepta y certifica a los tanques construidos según el código ASME sección 8 div. 1, con las especificaciones anotadas anteriormente para este código. Ver anexos 2.2. y 2.3.

### **2.3.1. Partes de un tanque de almacenamiento.**

Un tanque está compuesto de cabeza, cuerpo, pasos de hombre, accesorios de control y seguridad y en algunos casos asientos metálicos.

La forma puede ser esférica, cilíndrica con cabezas semiesféricas, cilíndrica con cabezas semielipsoidales, cilíndrica con cabezas toriesféricas.

Debido a las cargas estáticas que se producen entre otros factores por el viento, es necesario instalar una conexión a tierra como medida de seguridad. El sistema de conexión constará de los siguientes elementos:

- Un electrodo introducido bajo tierra de tipo placa conductora no férrea o varilla conductora no férrea.
- Un conductor que unirá el electrodo y el tanque. Puede ser de cobre u otro material buen conductor y que sea resistente a la corrosión, y de estructura macizo, transado aislado o desnudo, y no deberá tener en su longitud ninguna unión o empalme intermedio alguno.
- Ajuste de tubería u otro dispositivo de latón, bronce fundido, etc., que sirva para unir electrodos con el cable conductor.
- Una vez instalado en su ubicación definitiva, el tanque deberá ser inertizado previa la primera carga de GLP. Este proceso es la ocupación del espacio físico de un recipiente con un gas o líquido no combustible ni comburente (inerte), como CO<sub>2</sub> o H<sub>2</sub>O.

### 2.3.2. Capacidad de Vaporización de los tanques.

Está claro que el GLP es una mezcla de hidrocarburos volátiles que se evaporan a presión atmosférica y temperatura normal, sin embargo, dentro de los tanques presurizados sucede un fenómeno similar llamado vaporización. Esta capacidad de vaporización depende del volumen del líquido contenido, las dimensiones físicas del recipiente y la temperatura del GLP.

Un método rápido para determinar la tasa de vaporización es aplicando la fórmula:

$$C_v = K \cdot D_{tq} \cdot L_{tq} \cdot f_c$$

Donde;

$K$  = factor de corrección por volumen contenido en el recipiente (tabulado).

$D_{tq}$  = diámetro del tanque [pulgadas]

$L_{tq}$  = largo del tanque [pulgadas]

$f_c$  = factor de corrección por temperatura (tabulado).

### 2.3.3. Accesorios para tanques de almacenamiento de GLP.

Los accesorios mínimos con que debe contar un tanque son: válvulas de seguridad, válvula de servicio de vapor, válvula de exceso de flujo, manómetro de control, medidor volumétrico, cople de drenaje.

Cada elemento, como el tanque, deben tener un certificado y los materiales que lo conforman deben ser compatibles con el GLP en condiciones de servicio, como norma general, no se admite el hierro fundido debido a sus propiedades de porosidad y fragilidad.

#### Válvula de alivio de presión.

Son conocidas también como válvulas de seguridad y se colocan según la capacidad y tipo de tanque. En funcionamiento correcto evita presiones excesivas debido a sobrellenado o calor excesivo, ésta se levanta y permite la salida del gas

hasta que el sistema llegue a la presión de trabajo. Debido a su importancia, este elemento debe ser inspeccionado continuamente y reemplazado cada 5 o 7 años, o cuando se observe cualquier defecto en su estructura.

Existen varios tipos: las cargadas por resorte, tapones fusibles, discos de ruptura, válvulas de alivio de presión hidrostática. Cualquiera de estas deben poseer información del fabricante, presión de descarga y capacidad de alivio de aire.

La selección de estas válvulas se realiza por la capacidad de flujo desalojado; según su aplicación por presión de apertura. El flujo de descarga se calcula en función del área total del recipiente:

$$QA = 53,632 \cdot A^{0,82}$$

Donde:

$A$  = área [pie<sup>2</sup>]

$QA$  = flujo de descarga [cfm]

La instalación debe hacerse en la zona de vapor del tanque, para que no haya contacto ni posibilidad de arrastrar líquido al momento de la descarga, sin válvula de corte, dirigida siempre hacia arriba sin obstrucciones, y para tanques con capacidad mayor a 2000 galones se debe colocar un tubo (extensión) de 2 m sobre la parte más alta del tanque.

Estos dispositivos pueden presentar fugas a presiones menores de calibración, abrirse pero no sellar adecuadamente, o abrirse a presiones mayores a las de calibración, y las causas pueden ser por corrosión, deterioro del caucho del disco de sello, componentes móviles atascados o residuos que impiden el sello del pistón.

#### Válvula de exceso de flujo.

Suelen confundirse con las válvulas de no retroceso pero a diferencia de éstas que permiten el regreso si la presión es excesiva, estas válvulas de exceso de flujo impiden el regreso del fluido al tanque y su función principal es obturar la salida del

líquido o vapor que excede un flujo determinado. Se colocan en todas las salidas de líquido o vapor, en el domo del tanque, en el sistema de tuberías, en el cople del drenaje y seguidas por una válvula de paso.

### Manómetro.

Debe diseñarse con un rango igual al doble de la presión de trabajo, de tal manera que el indicador señalará en la mitad de la carátula. Este elemento se lo encuentra con varias características que permiten la aplicación en determinadas situaciones.

Los materiales variarán para servicio bajo cubierta o intemperie, secos o húmedos para evitar la condensación dentro de la carátula, con glicerina para aliviar vibraciones, con conexión vertical o posterior roscada o bridada.

### Medidor Volumétrico.

Los medidores de nivel permiten conocer continuamente el porcentaje de líquido en un recipiente. Puede ser de montaje superior, lateral, lateral en ángulo o en cabeza. Para tanques de gran capacidad existen varios tipos: magnético, rotatorio, de tubo deslizante y medidor másico de nivel.

El magnético o de flotador consta de un flotador colocado al extremo de una barra que a su vez está engranada con otra barra vertical, la variación del nivel del líquido provoca el desplazamiento del flotador que se mantiene sobre el líquido y este moviendo se transmite al indicador en una carátula de reloj.

El medidor rotatorio se coloca en el centro de una de las cabezas del tanque, de tal forma que sea visible desde el piso. Este instrumento indica el porcentaje de líquido en el recipiente al girar libremente el tubo de nivel del espacio de vapor al del líquido. Este dispositivo requiere correcciones en la medición.

El tubo deslizante es la manera más confiable y exacta de medir el nivel de líquido en el tanque en porcentaje de contenido; está compuesto por un tubo calibrado que tiene una válvula check en el extremo del tubo que toca el líquido y

una válvula de control en el extremo exterior, un indicador que señala el volumen según el desplazamiento del líquido.

El medidor másico de nivel tiene dos conexiones, una de líquido y una de vapor que llegan a una cámara de medición másica con una escala graduada.

#### Válvula de exceso de flujo con actuador

Mejor conocida como Check Lok es un accesorio que permite drenar o evacuar líquido en caso de que se requiera mover o reparar el tanque.

#### **2.3.4. Bases de Sustentación.**

Cada tanque de almacenamiento de GLP debe colocarse sobre bases de hormigón armado, teniendo en cuenta que dichas bases deben soportar uniformemente el peso del tanque lleno de agua de tal manera que se pueda efectuar la prueba hidrostática del tanque. Estas bases deben permitir al mismo tiempo movimientos de expansión y contracción.

Para aquellos tanques que no son fabricados con bases metálicas se requiere un material impermeable entre base y cuerpo para evitar la humedad y consecuente corrosión.

Para subir a un tanque debe construirse una escalera fija, o pasarelas entre tanques, así permitirá el acceso para mantenimiento, control o limpieza.

#### **2.3.5. Máximo Contenido en recipientes.**

Cuando se mantiene GLP en estado líquido sometido a presión e un recipiente se presenta una significativa expansión de esta sustancia en función de la temperatura. Este fenómeno es la causa de muchos accidentes con GLP.

Dado que el GLP es una mezcla de propano y butano, la expansión será de ambos líquidos en porcentajes distintos, aproximadamente para una variación de temperatura de 60° F la variación volumétrica es:

- Propano: 9% & 11%
- Butano:6%

Se puede deducir que mientras más propano en la mezcla, mayor será el índice de expansión. Por estas razones, los expertos en el tema, han desarrollado una tabla que indica el volumen de llenado máximo permitido para una temperatura determinada, es decir, el volumen que el recipiente pueda contener sin que la expansión del líquido llegue a afectarlo.

Para calcular el volumen permitido de llenado los factores involucrados son el tamaño del recipiente, la instalación del tanque, temperatura del líquido, densidad relativa del producto.

$$V_{\max} = \frac{M}{sg \cdot F}$$

Donde,

$V_{\max}$  = Volumen máximo de llenado

$M$  = Límite máximo permitido por peso de GLP.

$sg$  = gravedad específica GLP

$F$  = Factor de corrección de volumen líquido a condiciones estándar.

En la práctica, se toma una muestra de GLP y con un hidrómetro se mide la gravedad específica a la temperatura del líquido. En el anexo 2.6 de Reducción de la gravedad específica a 60 °F se encuentra la  $sg$  corregida y se pasa al anexo 2.7 de Máximo Volumen de llenado y se determina el porcentaje. En caso de no ser factible la determinación de la temperatura del GLP, se puede tomar el valor de 4,4 °C (40 °F) para recipientes de superficie y 10 °C (50 °F) para recipientes enterrados.



## **2.4. Líneas de conducción de GLP**

El material de las tuberías se justifica de acuerdo a la presión de diseño. Para que presente un desempeño exitoso debe ser resistente a daños mecánicos que se consigue con una estructura rígida y conectores flexibles o cambios de dirección con tubería.

Deben estar soportadas firmemente para eliminar vibraciones, asentamientos o movimientos que provocan esfuerzos indeseables.

Los materiales que se empleen en el sistema de tuberías deben ser compatibles con GLP y de la misma forma los demás elementos incorporados como visores de flujo, empaques, filtros, mangueras y otros.

### *Conectores flexibles.*

Pueden ser del tipo elastómeros, textiles, materiales metálicos, juntas de expansión o combinaciones, aplicables a GLP, resistentes a la presión requerida. Se ubican a uno o ambos extremos de una tubería rígida, o en la zona que se considere soporte esfuerzos externos.

### *Filtros.*

Se utilizan para disminuir el riesgo de que partículas sólidas obstruyan las tuberías o causen daños en bombas y máquinas de envasado. Estos dispositivos se ubican en partes accesibles para mantenimiento y limpieza, teniendo en cuenta su ubicación en posición horizontal y conforme al sentido del líquido.

### *Válvulas de globo.*

Las válvulas de globo, impiden el flujo al ser accionadas y existen en varias presentaciones dependiendo del tipo de fluido y presión de trabajo. Pueden ser roscadas o bridadas; en las líneas de mayor presión se ubicarán válvulas bridadas y en conexiones secundarias serán roscadas.

### Válvulas de alivio hidrostático.

A diferencia de las válvulas de alivio de presión para tanques, las válvulas de alivio de presión hidrostático se colocan en la tubería o en orificios apropiados en las válvulas. Su presión de calibración está entre 400 y 500 psi. Si la presión de trabajo es mayor a 350 psi., el rango estará entre 110% y 125% de esta presión de trabajo. Se conectan con uniones roscadas a la tubería o válvulas en diámetros desde ¼".

## **2.5. Bombas y Compresores**

En la actualidad se dispone de una gran variedad de bombas y pueden ser:

- De desplazamiento positivo
  - Rotatorias
    - De engranajes, paletas, tornillo, cavidad progresiva, lóbulo o álabe.
  - Reciprocantes
    - De pistón, inmersión, diafragma.
- Cinéticas
  - De flujo axial (de impulsor)
  - De flujo radial (centrífuga)
  - De flujo mixto
- De propulsión o tipo ejetor

La principal característica de las bombas a utilizarse en la planta de almacenamiento es que sea específicamente construida para tal actividad. Estas pueden ser rotativas, centrífugas, de turbina o reciprocantes.

Al igual que las bombas, los compresores deben ser específicos para aplicación con GLP y pueden ser rotativos o reciprocantes y contar con trampa de líquidos. Ambos equipos se ubican sobre bases de hormigón.

## **2.6. Sistema de envasado semiautomático**

Cuando los cilindros vacíos llegan a la plataforma de envasado, antes de ingresar a los transportadores deben ser clasificados según su condición física y llevar a mantenimiento a aquellos que lo requieran; para realizar esta reparación hay que vaciar el cilindro en posición invertida.

El sistema de envasado manual se realiza colocando los cilindros sobre balanzas para determinar la tara, es decir, el peso del cilindro vacío. Para determinar la cantidad de llenado se regula la báscula al peso final del cilindro y se llena hasta que el peso del cilindro pese dicha medida. Este sistema puede presentarse modificado para que al marcar el peso seteado se cierre un circuito electrónico que activa la válvula que permite el paso del gas al dispensador.

En los sistemas semi-automáticos se emplean carruseles con balanzas dispuestas ordenadamente en su circunferencia, cada una constituye una estación de llenado, cada que ingresa un cilindro al mecanismo de envasado un operario registra la tara del cilindro y el sistema calcula la cantidad de gas que debe ingresar al cilindro, controla las válvulas y registra dicha cantidad, de tal manera que al final del día se puede conocer exactamente cuanto se envasó.

Independientemente del tipo de sistema de envasado la plataforma cuenta con rieles automáticos para transportar los cilindros y su existencia o no dependerá de la capacidad y tecnología deseada en cada planta.

Después del envasado cada cilindro es transportado por cadenas y pasa por seis estaciones más: verificación de peso, detección de fugas, lavado, enjuague, secado y colocación de sello de seguridad antes de llegar al final del circuito para ser almacenado o cargado en el camión correspondiente.

La diferencia entre los sistemas automáticos y manuales está la cantidad de operarios necesaria, la precisión en la cantidad de llenado, sistema electrónico de control y menor riesgo de fallas humanas.

## CAPITULO III. Diseño de la planta – Maquinaria y equipo.

### 3.1. Capacidad de máquinas y equipos.

#### 3.1.1. Tanques estacionarios

En adelante se hará referencia a varias unidades de medida, por lo que a continuación se explica las transformaciones:

*Tabla 3.1 Equivalencias del GLP líquido y vapor*

1 metro cúbico GLP líquido	264,2 galones GLP líquido
1 metro cúbico GLP líquido	529 Kg. líquido GLP
1 Kg. GLP líquido	1,88 litros GLP líquido
1 Galón GLP líquido	0,99 metro cúbico vapor
1 Galón GLP líquido	35,05 pies cúbicos vapor
1 Kg. GLP líquido	0,5 metro cúbico vapor
1 lb. GLP líquido	8 pies cúbicos vapor

*Fuente: Manual de instalaciones de Gas L.P.*

#### Proyección de la demanda a 4 Años:

La capacidad nominal de la planta es de 2500 cilindros diarios, considerando que la demanda varía proporcionalmente con la población, se determinará una capacidad corregida del volumen diario de cilindros, de este modo que con el diseño sobredimensionado hoy, se cubra la demanda futura con solo aprovechar en mayor grado la capacidad instalada.

$$Kf = Ka \cdot (1 + t)^{nf}$$

$K_f$ : capacidad futura.

$K_a$ : capacidad actual.

$t$ : tasa de crecimiento en la zona de influencia.

$n_f$ : años proyectados.

$$K_a = 2.500 \text{ cilindros/día}$$

$$t = 0,0494$$

$$n_f = 4$$

$$K_f = K_a \cdot (1 + t)^{n_f}$$

$$K_f = 2.500 \cdot (1 + 0,0494)^4$$

$$K_f = 3.032 \text{ cilindros/día}$$

Sabiendo que en cada cilindro se envasa teóricamente 15 Kg. de GLP líquido:

$$K_f = 3.032 \text{ cilindros/día} \cdot 15 \text{ Kg/cilindro}$$

$$K_f = 45.480 \text{ Kg/día}$$

Se dice “teóricamente”, ya que en la práctica los cilindros que llegan a una envasadora, excepto por los que se vacían para reparación, contienen un remanente de GLP que el usuario no puede consumir. Considerar que se envasan 15 Kg. en cada cilindro además servirá como factor de seguridad de la producción; y en caso, como sucede en otros países, se estableciera por ley el vaciar todos los cilindros antes de envasar.

Para expresar esta capacidad en volumen se divide para el volumen que ocupa un kilogramo líquido de GLP (densidad):

$$K_f = \frac{45.480 \text{ Kg/día}}{529 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right]}$$

$$K_f = 85,974 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right]$$

Lo que es igual a:

$$K_f = 85.974 \frac{[lt]}{día}$$

Capacidad Almacenada:

El almacenamiento diario deberá ser: 85.976 litros de GLP. Acorde al Artículo 9 del literal B del REGLAMENTO TÉCNICO PARA LA COMERCIALIZACIÓN DEL GAS LICUADO DEL PETRÓLEO, que en adelante se hará referencia como “Reglamento”, la planta envasadora debe disponer un stock de seguridad para abastecimiento correspondientes a por lo menos dos días. Tomando en cuenta el comportamiento social del país, que en algunas ocasiones ha provocado desabastecimiento generalizado de combustibles, se diseñará la planta para que almacene el equivalente a tres veces la capacidad diaria; así la capacidad total de almacenamiento será:

$$C_a = 3 \cdot K_f$$
$$C_a = 257.922 \frac{[lt]}{día}$$

Para escoger el/los recipientes adecuados, se observarán las siguientes consideraciones:

- Es conveniente por motivos operativos, que se empleen 2 o más tanques para el almacenamiento.
- Reducir el costo de la inversión en tanques adquiriendo un solo modelo de tanque.
- Se estima crecimiento de la planta, por lo que se sobredimensionará la capacidad de los tanques para que en un futuro se pueda almacenar más GLP sin complicaciones.
- Procurar ocupar el menor área posible.

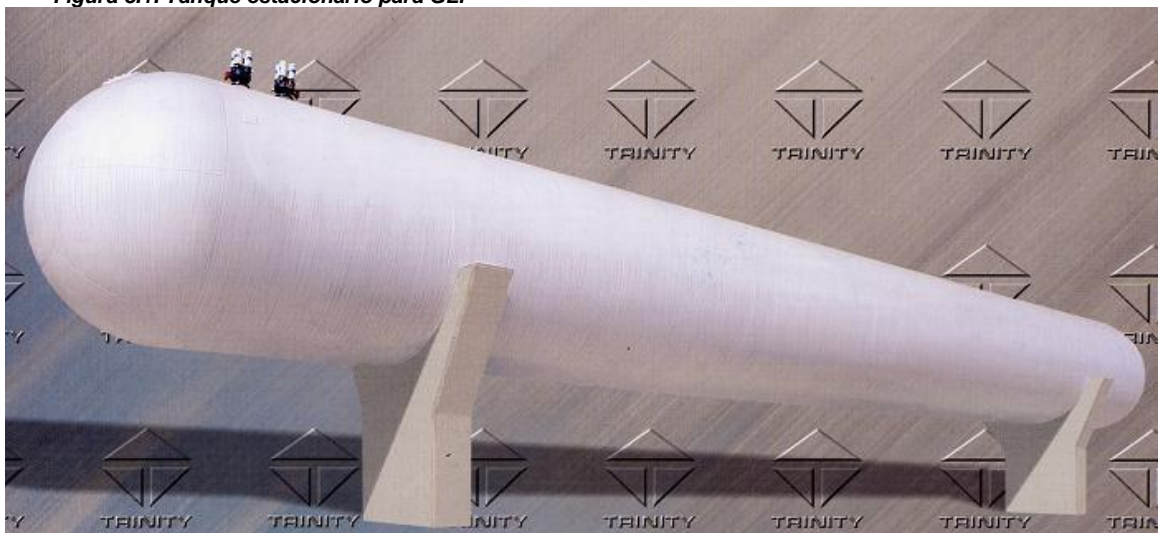
Esta capacidad es posible distribuir en cualquier número de tanques, y se estima conveniente hacerlo en tres de 110.000 litros. Para los primeros años se instalarán dos tanques dejando el espacio y las conexiones necesarias para instalar el tercero en aproximadamente 2 años según el crecimiento de la planta. Esto quiere decir, que para envasar 2.500 cilindros diarios se requiere almacenar 212.000 litros.

Haciendo referencia a los requisitos del Reglamento en el Cap. 2. Art. 3. y a la NTE INEN 1 536:98 se selecciona el siguiente tanque:

**Especificaciones:**

<b>Marca</b>	TATSA (Diseñado bajo código ASME, Sección VIII, Div 1).
<b>Procedencia</b>	México.
<b>Capacidad Nominal</b>	30.000 gal. $\pm$ 2% (110.000 litros aprox)
<b>Diámetro</b>	3,35 metros.
<b>Longitud</b>	14,32 metros.
<b>Tara</b>	21.362 Kg.
<b>Material del cuerpo</b>	SA-612
<b>Material de cabezas</b>	SA-612
<b>Material de coples</b>	SA-105
<b>Presión de diseño</b>	17,5 Kg/cm <sup>2</sup> .
<b>Diámetro manhole</b>	381 mm.

**Figura 3.1. Tanque estacionario para GLP**



**Fuente: Catálogo Trinity**

Para la ubicación de los tanques, el Reglamento. Cap. 2. Art. 4. Num. 9. establece que éstos deben separarse una distancia igual a  $\frac{1}{4}$  la suma de sus diámetros. Por lo tanto los tres tanques estarán distantes 1.675 metros entre sí.

Las distancias mínimas están tabuladas según la capacidad en metros cúbicos, y esto es 330 m<sup>3</sup> aproximadamente ya que los tanques nunca deben ser llenados al 100 %. En base a la tabla 2 de la NTE INEN 1 536 las distancias serán:

15 m a surtidores de GLP.

20 m a oficinas propias (con instalaciones eléctricas contra explosión).

20 m a salas de bombas y compresores.

30 m a generadores transformadores.

20 m a talleres, fuegos abiertos, calderos, quemadores.

10 m a caminos internos.

10 m entre estación de carga/descarga a sala de bombas y área de envasado.

Las distancias anotadas se aplican para un almacenamiento total desde 260 a 500 m<sup>3</sup>, por lo que ese será el límite de crecimiento de la planta sin modificaciones.

El volumen de llenado de estos tanques se calcula mediante las tablas de los anexos 2.6. y 2.7. Así:

$$V_{\max} = \frac{M}{sg \cdot F}$$
$$V_{\max} = \frac{0,48}{0,529 \cdot 0,974}$$
$$V_{\max} = 0,932$$
$$V_{\max} = 93,2 \%$$

### **3.1.2. Sistema de envasado**

#### Consideraciones para el diseño preliminar:

- Capacidad nominal = 2.500 cilindros diarios
- Capacidad proyectada = 3.032 cilindros diarios.
- Jornada de trabajo = 8 horas diarias.



Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, se requerirá envasar actualmente:

$$2.500 \frac{\text{cilindros}}{\text{día}} \cdot \frac{\text{día}}{8 \text{ hr}} = 313 \frac{\text{cilindros}}{\text{hr}}$$

A futuro (proyección a 4 años) se necesitará satisfacer una demanda de:

$$3.032 \frac{\text{cilindros}}{\text{día}} \cdot \frac{\text{día}}{8 \text{ hr}} = 379 \frac{\text{cilindros}}{\text{hr}}$$

La fábrica Kosan Crisplant de Italia tiene a disposición carruseles de envasado semi-automático además de otros implementos necesarios en la plataforma de envasado muchos de los cuales también estarán serán parte del sistema para esta planta.

Para cumplir la demanda de 379 cilindros/hora (demanda proyectada) se ingresa en el diagrama de funcionamiento del carrusel (figura 3.2.) y se encuentra que un carrusel con doce balanzas satisface esta necesidad, además se determina el tiempo de llenado por cilindro, en este caso será de 100 segundos. En el primer año de operación bastará tener un tiempo de llenado por cilindro de 120 segundos. Si se requiere eventualmente envasar más de esta capacidad se puede disminuir el tiempo de llenado o incrementar las horas de trabajo.

•

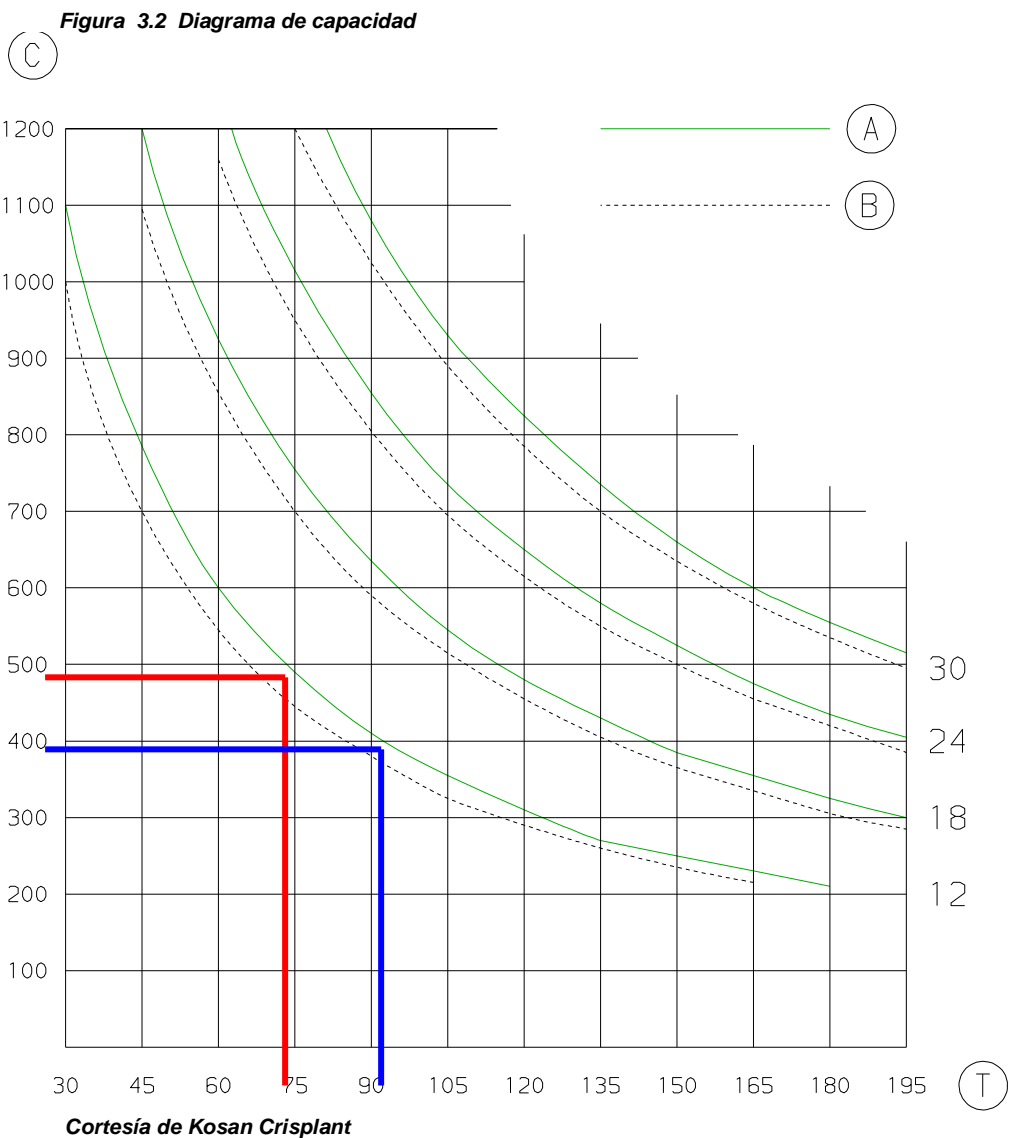
Para asegurar la producción, se estimará una jornada de trabajo de 6 horas por día, de manera que si hay tiempos muertos por carga y descarga de los camiones que transportan los cilindros, daños mecánicos u otros, las instalaciones soportarán operar a condiciones más exigentes:

$$3.032 \frac{\text{cilindros}}{\text{día}} \cdot \frac{\text{día}}{6 \text{ hr}} = 505 \frac{\text{cilindros}}{\text{hr}}$$

Los carruseles se construyen en presentaciones de 12, 18, 24 y 30 puestos de llenado. Para la cantidad, tanto actual como proyectada, que se requiere envasar es conveniente utilizar un carrusel de doce puestos con tiempos de llenado de 90 y 75 segundos por cilindro respectivamente. En la práctica las plantas que cuentan con

este sistema lo configuran para un tiempo aproximado de 60 segundos por hora, por tanto habrá mayor producción disminuyendo el tiempo de llenado si se requiere.

En el siguiente diagrama referencial del funcionamiento del carrusel se muestran las capacidades de producción versus el tiempo de llenado carruseles con diferente número de puestos:



**C** Capacidad (cilindros/hora)

**T** Tiempo de llenado (segundos/cilindro)

**A** Curva de capacidad para llenado automático de cilindros con válvulas centro.

**B** Curva de capacidad para llenado manual de cilindros con válvula de tornillo.

**12** Curvas de capacidad para un carrusel de llenado tipo EFC/UF-12 con 12 máquinas de llenado.

**18** Curvas de capacidad para un carrusel de llenado tipo EFC/UF-18 con 18 máquinas de llenado

**24** Curvas de capacidad para un carrusel de llenado tipo EFC/UF-24 con 24 máquinas de llenado

**30** Curvas de capacidad para un carrusel de llenado tipo EFC/UF-30 con 30 máquinas de llenado

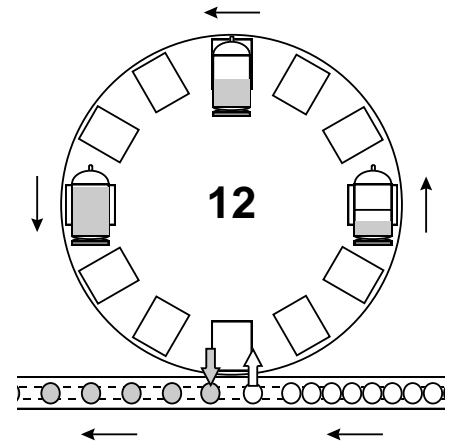
Las curvas de capacidad mostradas en el diagrama son solo una referencia, y aplicables a carruseles de llenado conectados a un convertidor de cadena automático y juntas de unidades de expulsión.

- Demanda actual ————— Demanda proyectada —————

El diagrama muestra la secuencia de llenado de los cilindros que entran al carrusel mientras éste rota una vuelta, mediante mecanismos de admisión y empuje los cilindros entran y salen del transportador.

Entonces, el carrusel de doce puestos de llenado tiene el menor costo y cumple perfectamente la demanda requerida.

El carrusel electrónico es una plataforma diseñada para ser instalada fijamente en el suelo y conectada a transportadores de cadena con unidades de expulsión para maximizar el rendimiento del carrusel. Ver anexo 3.1.



### **Especificaciones:**

- |                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Marca</b>                 | KOSAN CRISPLANT  |
| <b>Procedencia</b>           | ITALIA.  |
| <b>Modelo</b>                | EFC/U-12   |
| <b>Número de puestos</b>     | 12   |
| <b>Diámetro</b>              | 3,506 metros.  |
| <b>Peso</b>                  | Aprox 3000 Kg. incluyendo 12 máquinas de llenado.  |
| <b>Consumo</b>               | No consume aire ni electricidad, solo distribuye a las máquinas de llenado.  |
| <b>Instalaciones de GLP</b>  | brida 3" diámetro ANSI 300<br>Presión de llenado: Max 2.1 MPa.<br>Presión de prueba: Max 3.0 MPa.  |
| <b>Instalaciones de Aire</b> | Unión 1" diámetro gas macho + filtro-regulador con válvula de cierre rápido.<br>Conexión G1/2" BSP<br>Presión de Trabajo: Min 0.6 MPa – Max 1.0MPa.<br>Calidad de aire de acuerdo a ISO 8573.1 |
| <b>Suministro Eléctrico</b>  | Fuente de poder 12 VDC<br>Voltaje: 1 fase + neutro + tierra, variación de 90 – 264 VAC<br>Variación de frecuencia de 48 a 62 Hz.   |
| <b>Puesta a Tierra</b>       | Max resistencia de transición entre tierra y cable: ≤ 2 Ohm.   |
- **Partes** - Columna central con conexión al suministro de GLP en su parte superior en tubería de diámetro 3". Conexiones para aire y electricidad por la parte inferior.
- - Una plataforma de carrusel para acomodar máximo 12 máquinas de llenado que está soportado por ruedas de auto alineación ubicadas en un riel.

- 
- 

### Balanzas de llenado.

- 

La máquina electrónica de llenado tipo UFM es una unidad independiente diseñada para ser instalada en un carrusel de llenado con unidades de ingreso y expulsión automáticas y sirve para llenar automáticamente cilindros uniformes de GLP con válvulas de centro. La tara de cada cilindro va ingresando un operador en una computadora antes del ingreso al carrusel y la máquina llena el cilindro hasta alcanzar el peso calculado por la computadora (la tara más el contenido de gas)

El valor de la tara de los cilindros es codificado manualmente por el operador o mediante el teclado (pos. 2) de la caja de control de cada máquina. Ver anexo 3.2.

Cuando se llenan cilindros con el mismo valor de tara, el operador puede codificar un valor fijado en todas las máquinas de llenado, después de lo cual el operador solo necesita conectar la cabeza de llenado y pulsar el botón de inicio. (pos. 3)

Todos los datos (valores codificados, estado del proceso, resultados de llenado, textos de ayuda, mensajes de error y otros) se muestran en el display. (pos. 1)

El botón de inicio/parada puede usarse para detener el proceso de llenado o para continuar el proceso luego de una pausa.

### **Especificaciones:**

- 

*Figura 3.3. Balanza electrónica*



*Fuente: Catálogo Kosan Crisplant*

<b>Marca</b>	KOSAN CRISPLANT
<b>Procedencia</b>	Italia.
<b>Modelo</b>	UFM
<b>Alto</b>	2,50 metros.
<b>Peso</b>	90 Kg aprox.
<b>Cilindros</b>	diámetro máximo 380 mm mínimo 200 mm Altura máximo 800 mm mínimo 200 mm
<b>Conexiones GLP</b>	G 1/2" NPT Presión de llenado 2.1 MPa Presión de prueba 3.0 MPa
<b>Conexiones Aire</b>	G 1/4" BSP Presión de trabajo Min 0.6 MPa, Max 1.0 MPa Calidad acorde con ISO 8573.1
<b>Conexiones eléctricas</b>	Voltaje 1 fase + neutro + tierra, variación de 85 a 264 VAC. Frecuencia variación de 4.8 a 62 Hz.
<b>Consumo Eléctrico</b>	< 10 w.
<b>Consumo Aire</b>	Aprox. 5 normal litros/cilindro, incluyendo cabeza para válvulas de tornillo neumática y manual. Aprox. 4 normal litros/cilindro, incluyendo cabeza de llenado para válvulas de centro mecánica y manual.
<b>Partes</b>	– Escala baja con celda de carga electrónica y computadora para control de peso para conexión a fuente de 12 VDC. - Consola base con balanza de acero inoxidable. - Columna de aluminio con montante para válvula solenoide y válvulas neumáticas. - Unidad de centrado. - Suspensión para cabeza de llenado manual con dispositivo balanza. - Caja de control ajustable con teclado, display y pulsador Stara/Stop. - Arreglo para conexiones de GLP y aire comprimido con la correspondiente válvula neumática de stop gas y válvula de desconexión de aire comprimido. - Arreglo de seguridad que asegura que los cilindros con cabezas de llenado aun conectados no sean expulsados de la máquina.

### Transportador de Cadena.

Es el sistema que se utilizará para transportar los cilindros en forma eficiente por todas las partes del proceso. El transportador de cadena está formado de secciones galvanizadas que se construyen al nivel deseado y permiten diseñar un recorrido con tramos rectos y curvos.

El transportador de cadena se entrega completo de acuerdo con el plano de distribución y la cotización, con el número necesario de secciones de cadena, convertidores de rodillo y unidades de manejo para la longitud requerida (longitudes de 5m) y con el equipo necesario. Ver anexo 3.3.

Los componentes de la cadena son manufacturados de un hierro fundido especial que asegura una gran resistencia, baja fricción y gran esfuerzo de tensión.

**Figura 3.4. Transportador de cadena**



Fuente: Catálogo Kosan Crisplant

**Especificaciones:**

<b>Marca</b>	KOSAN CRISPLANT
<b>Procedencia</b>	Italia.
<b>Modelo</b>	CC625
<b>Velocidad</b>	Se ajusta a cualquier capacidad, normalmente dentro del rango de 8 a 15 m/min.
<b>Peso permitido</b>	1.100 lb.
<b>Peso máximo</b>	12.500 lb.
<b>Peso de prueba</b>	3.000 lb.
<b>Conexiones de Aire</b>	Presión de trabajo: 0.5 MPa Max 0.8 MPa Calidad: de acuerdo con ISO 8573.1
<b>Conexiones Eléctricas</b>	Voltaje: 3 x 380/400 VAC. Frecuencia 50 o 60 Hz.
<b>Puesta a tierra</b>	Voltaje: 3 x 380/400 VAC.
<b>Galvanizada</b>	Espesor de capa de 80-100 m.
<b>Partes</b>	- Secciones de transportador de cadena. - Unidades de conducción galvanizadas. - Transportador de cadena - Equipo para transportador de cadena.

**Equipo de transportador de cadena:**

El equipo del transportador de cadena está diseñado para guiar y regular el flujo de cilindros y puede ser controlado manual, neumática o electrónicamente y comprende los siguientes componentes:

Actuadores neumáticos y fotocélulas:

Manda impulsos producidos por el paso de cilindros a máquinas

Desviador del transportador de cadena controlado neumáticamente:

Diseñado para desviación automática de cilindros a diferentes direcciones del transportador.

Desviador del transportador de cadena controlado manualmente:

Diseñado para cambio manual del flujo de cilindros en el transportador de cadena.

**Sistema de Conteo:**

Diseñado para dosificar o simplemente contar un predeterminado número de cilindros. Este sistema recibe señales de un actuador neumático o una fotocélula.

**Parada de cilindros neumática o manualmente operada:**

Diseñada para detener o soltar los cilindros a intervalos.

**Dispositivos de empuje controlados neumáticamente:**

Se ubican en puntos donde los cilindros son empujados para otras operaciones.

**Unidad de servicio de aire:**

Se usa donde se lleva a cabo operaciones neumáticas. La unidad se conecta a una fuente de suministro de aire comprimido y asegura que el aire esta filtrado, lubricado y regulado.

**Rieles y pasamanos:**

Alto nivel de acuerdo a los requerimientos.

**Tablero de Control:**

Equipado con válvulas principales, está conectado al equipo del convertidor de cadena como las paradas, desviadores y dispositivos de empuje.

**Admisión Neumática.**

•

La unidad de admisión neumáticamente conectada tipo HRS está diseñada para introducir cilindros de GLP desde el transportador de cadena al carrusel de llenado. La unidad de manejo del carrusel también conduce a la unidad de admisión la cual asegura que el movimiento es sincronizado con la velocidad del carrusel. Además, el control neumático esta diseñado de tal manera que es imposible transferir un cilindro a una máquina de llenado, si hay a ese momento un cilindro en la balanza. Ver anexo 3.4.

**Figura 3.5. Admisión neumática**



**Fuente: Catálogo Kosan Crisplant**

### ***Especificaciones:***

<b>Marca</b>	KOSAN CRISPLANT
<b>Procedencia</b>	Italia.
<b>Modelo</b>	HRS
<b>Capacidad</b>	1200 cilindros/hora (depende de las dimensiones del cilindro, velocidad del transportador y velocidad de rotación del carrusel)
<b>Conexiones Aire</b>	G 1/4" BSP Presión de trabajo: de 0.6 MPa a 1.0 MPa. Calidad; de acuerdo con ISO 8573.1
<b>Conexión Hidráulica</b>	Con el conductor del carrusel.
<b>Puesta a tierra</b>	Puesta a tierra
<b>Consumo Aire</b>	Aprox 22 normal litros/operación
<b>Peso</b>	Aprox. 210 kg con todos los componentes.
<b>Carga superficial estática</b>	<4.0 N/mm <sup>2</sup>
<b>Partes</b>	- Estructura - Molino de introducción - Actuador neumático.

### **Expulsión Neumática.**

•

La expulsión neumática es una unidad independiente que se instala en una sección del transportador al lado del carrusel de llenado para una expulsión completa de los cilindros envasados con GLP hacia el transportador de cadena nuevamente.

La unidad de expulsión se entrega completa para ser instalada en un transportador de cadena (nivel 550 mm) al lado de un carrusel de llenado incluyendo el correspondiente dispositivo de expulsión con brazo y cilindro neumático, cabina con componentes de aire comprimido y unidad de servicio de aire para conexión a las instalaciones de aire comprimido, unidades de actuador neumático necesarias y guía de riel para montaje de las unidades del actuador neumático.

Cuando el actuador F1 es activado por una máquina de llenado ocupada por un cilindro ya lleno, el brazo de expulsión (posición 1a) se mueve hacia adelante para atrapar el cilindro. Cuando el actuador F3 es activado por la misma máquina de

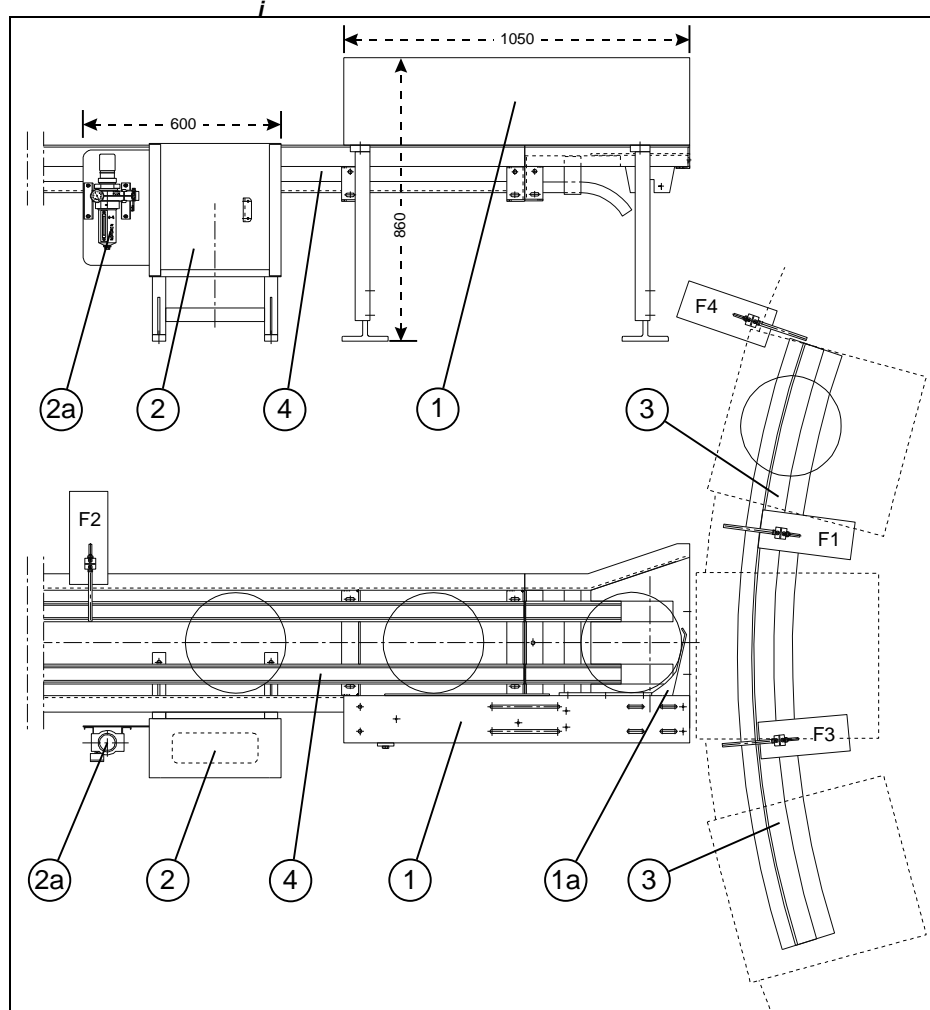


llenado, el brazo de expulsión se mueve de regreso a la posición inicial, así retira el cilindro de la máquina hacia el transportador.

Las unidades de actuadores neumáticos F2 y F4 tienen las siguientes funciones de seguridad:

F2 funciona como un control de acumulación del transportador de cadena. Si los cilindros son acumulados en la cadena y F2 es activado por uno de ellos, el proceso de expulsión parará inmediatamente y el cilindro lleno continuará en el carrusel. Cuando F2 es desactivado, el proceso de expulsión automáticamente empezará de nuevo.

**Figura 3.6. Expulsión Neumática**



**a**

- |  |  |
|--|--|
| <p><b>1</b> Dispositivo de expulsión con brazo de expulsión y cilindro neumático</p> <p><b>1a</b> Brazo de expulsión</p> <p><b>2</b> Cabina con componentes de aire comprimido</p> <p><b>2a</b> Unidad de servicio de aire para conexión a la instalación de aire comprimido</p> | <p><b>F1- F4</b> Unidades de actuador neumático</p> <p><b>3</b> Riel de guía para montaje de unidades de actuadores neumáticos F1 y F3</p> <p><b>4</b> Sección de transportador de cadena.</p> |
|--|--|

**Fuente: Catálogo Kosan Crisplant**

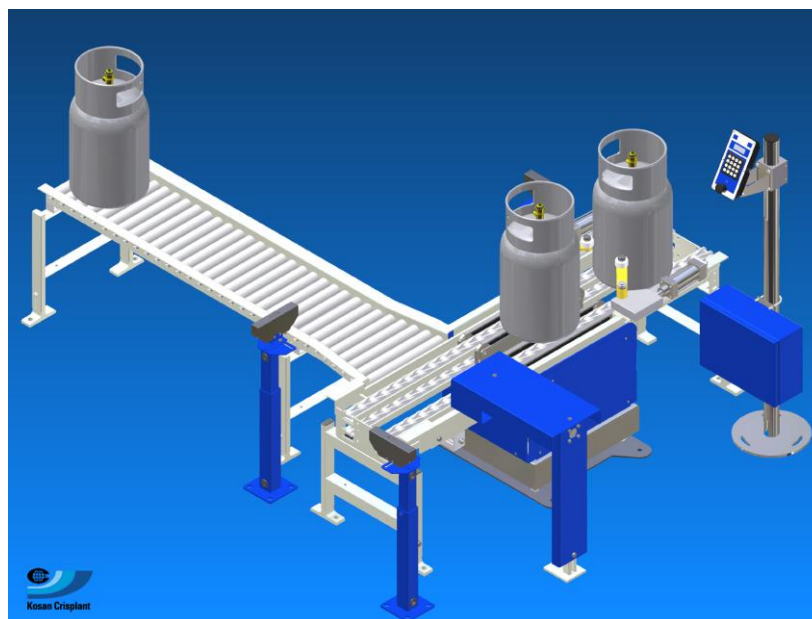
F4 funciona como un control de desconexión de falla. Si una cabeza de llenado por alguna razón no se ha desconectado de la válvula del cilindro, F4 se activará. Esto previene que el cilindro sea expulsado, entonces pasa este proceso y continúa en el carrusel.

**Especificaciones:**

<b>Marca</b>	KOSAN CRISPLANT
<b>Procedencia</b>	Italia.
<b>Modelo</b>	PER D
<b>Capacidad</b>	1200 cilindros/hora (depende de las dimensiones del cilindro, velocidad del transportador y velocidad de rotación del carrusel)
<b>Conexiones Aire</b>	G ¼" BSP Presión de trabajo: de 0.5 MPa a 7 MPa. Calidad; de acuerdo con ISO 8573.1
<b>Conexión Eléctrica</b>	Puesta a tierra
<b>Consumo Aire</b>	Max 30 normal litros/cilindro
<b>Peso</b>	Aprox. 75 Kg con todos los componentes.
<b>Puesta a tierra</b>	Puesta a tierra
<b>Carga superficial estática</b>	<0.2 N/mm <sup>2</sup>
<b>Partes</b>	– Dispositivo de expulsión con brazo y cilindro neumático. – Cabina con componentes de aire comprimido y unidad de servicio de aire para conexión para la instalación de aire comprimido. – Unidades del actuador neumático. – Guía de riel para montaje de unidades del pistón neumático.

### Báscula Electrónica de Control.

Figura 3.7. Control de peso



Fuente: Catálogo Kosan Crisplant

La balanza de chequeo electrónico es una unidad independiente diseñada para ser incorporada en el transportador de cadena y se usa para el chequeo semi-automático o completamente automático para pesar cilindros con valores de tara semejantes. Si se opera de modo semi-automático, la tara de los cilindros la ingresa

el operador por medio de un teclado en un terminal de control. Si se opera completamente automático el operador ingresa un valor de tara corregido después de lo cual el proceso continúa automáticamente. Ver anexo 3.5.

**Especificaciones:**

•

<b>Marca</b>	KOSAN CRISPLANT
<b>Procedencia</b>	Italia.
<b>Modelo</b>	ECS
<b>Flujo</b>	1600 cilindros por hora. Si se opera automáticamente solo depende de la velocidad del transportador, si se opera semi-automáticamente depende de la velocidad del transportador, la calidad de los valores marcados y del operador.
<b>Peso</b>	130 Kg Aprox.
<b>Consumo</b>	0.37 kW. 3.9 normal litros/cilindro con una tasa de sorteo de máximo 2%, que corresponde al máximo consumo de 4.680 normal litros/hora a una capacidad de 1200 cilindros/hora con 24 fallos.
<b>Conexiones de Aire</b>	Conexión G1/2" BSP. Presión de trabajo min 0.6 MPa, Max 1.0 MPa Calidad de acuerdo con ISO 8573.1
<b>Conexiones Eléctricas</b>	Voltaje 1 fase + neutro + tierra. (variación de voltaje de 85 a 264 VAC) para control. Frecuencia 50 – 60 Hz.
<b>Otros datos:</b>	La computadora calcula y muestra el peso en kg. Rango de peso mín. 5 Kg max 120 Kg Precisión: 50 gr. La balanza debe instalarse en locales donde la temperatura se encuentre entre -10°C y +50°C.
<b>Partes</b>	– escala baja con célula de carga. - Terminal de control en soporte ajustable con computadora de control de peso, teclado, display y control de entrada y salida. - Fuente de poder para conectar a la instalación principal. - Empuje de cilindro para sorteo automático de cilindros fuera del nivel de llenado. - Cabina con componentes para aire comprimido y componentes eléctricos. - Unidad de servicio de aire para conexión a la instalación de aire comprimido. - Sección de transportador de cadena especialmente diseñado, incluye controles necesarios para el transportador.

Detector Electrónico de Fugas.

Es posible que algún cilindro presente fugas en la zona de la válvula, para descubrirla en los sistemas manuales se emplea una pequeña piscina de agua jabonosa, para este sistema automatizado se implementará una estación de detección de fugas electrónico que da una señal de advertencia y deriva el cilindro del transportador.

Esta unidad es independiente y se incorpora en línea con un transportador de cadena y detectará 100% de las fugas en la válvula y en el porta válvula de los cilindros ya llenos. La máquina opera completamente automática y obtiene una prueba de fugas basado en una tasa máxima permisible de fugas seteada, después de la cual decide si se aprueba o se rechaza. Esta operación automática elimina las posibilidades de errores humanos.

El detector puede distinguir los siguientes tipos de fugas:

- Fugas en la junta de garganta entre el cilindro y la válvula.
- Fugas en el asiento de la válvula

La máquina no distingue entre los diferentes tipos de fugas, lo cual significa que no puede identificar en donde tiene fuga el cilindro, solo lo sacará a un lado al que presente fugas. Además, la máquina no puede detectar fugas en el cuerpo del cilindro, lo cual se puede originar de un defecto de soldadura o corrosión. Sin embargo estos tipos de fugas en el cuerpo del cilindro puede ser chequeadas usando otro tipo de equipos o métodos. Ver anexo 3.6

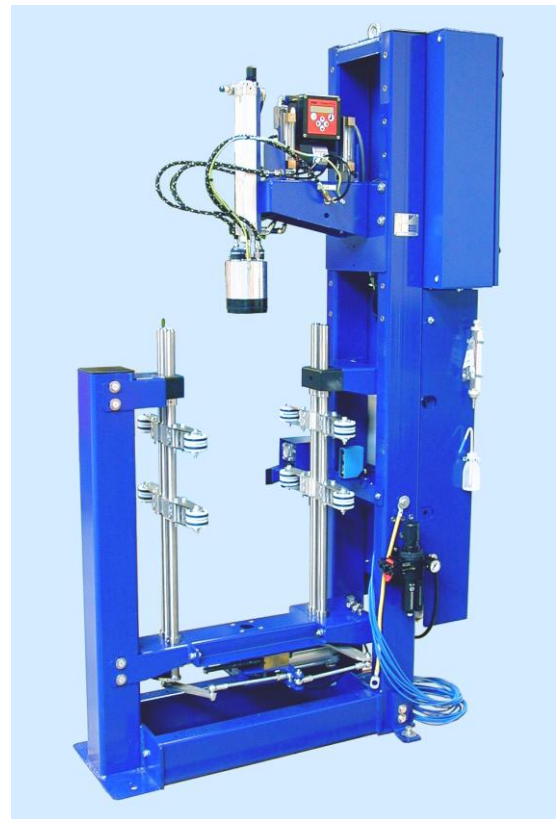
**Figura 3.8. Expulsión Neumática**



Fuente: Catálogo Kosan Crisplant

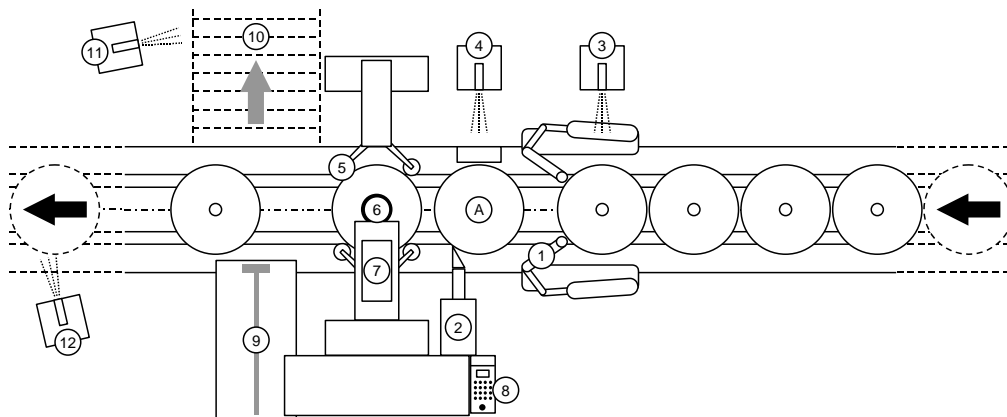
El flujo de cilindros y el proceso de fugas son controlados y chequeado por la computadora de control en el CUC (posición 8). Los cilindros son transportados en el transportador de cadenas al paro de acumulación neumática (posición 1). Cuando hay una vacante en la posición stand-by (posición A), la parada se abre y el cilindro es llevado a la parada neumática stand-by (posición 2) después de la cual se detiene y se cierra de nuevo. Cuando hay una vacante en la posición de prueba (justo debajo de la cabeza de prueba, posición 6), la parada (posición 2) se abre y el cilindro es transportado a la posición de prueba después de la cual la parada se cierra nuevamente. Las paradas son activadas al recibir señales, vía el CUC, desde las fotocélulas (posición 3 y 4) que constantemente monitorean la posición de los cilindros en las paradas.

Figura 3.9. Detector de Fugas



Fuente: Catálogo Kosan Crisplant

Figura 3.10. Vista Superior Detector de Fugas



Fuente: Catálogo Kosan Crisplant

Cuando hay un cilindro en la posición de prueba, la unidad de centrado (posición 5) está cerrada, lo que significa que el cilindro está centrado y fijado, al mismo tiempo que esta alzado del transportador por una mesa elevadora ubicada bajo el

transportador. Al mismo tiempo el cilindro es centrado y arreglado, la cabeza de prueba (posición 6) se baja sobre la válvula del cilindro hasta que la rodee. La máquina succiona aire de la cabeza de prueba y empieza la prueba. Después de un tiempo pre-seteado la cabeza de prueba se levanta. Simultáneamente la muestra de aire succionado de la cabeza es analizado en el módulo de prueba (posición 7). Cuando el análisis termina, la cabeza de prueba y el módulo son enjuagados con aire filtrado, así que queda libre de gas hasta que la cabeza desciende de nuevo para chequear el siguiente cilindro.

Al mismo tiempo que la cabeza de prueba es levantada y la análisis se lleva a cabo, el cilindro es soltado de la unidad de centrado y es bajado al transportador donde continua a través del cilindro neumático que lo empuja (posición 9). Si el resultado del análisis verifica que el cilindro tiene fuga este es empujado a una salida del transportador (posición 10) cuando pasa por el impulsor neumático. Si el cilindro no está fugando, se lo acepta y continúa a lo largo del transportador.

Las fotocélulas (posición 11 y 12) monitorean eventuales amontonamientos de cilindros sea en el transportador de cadena o en la salida de rechazo. Si los cilindros se acumulan en cualquiera de los dos, el proceso se detendrá haciendo que la unidad de centrado no suelte el último cilindro probado antes que las fotocélulas hayan emitido una señal de paso libre. Sin embargo, si los cilindros solo se han acumulado en el transportador de salida, el proceso no se detendrá sino hasta que haya un cilindro que deba tomar ese camino lo cual significa que los cilindros aprobados son soltados por la unidad de centrado y luego continúan en el transportador.

***Especificaciones:***

•

<b><i>Marca</i></b>	KOSAN CRISPLANT
<b><i>Procedencia</i></b>	Italia.
<b><i>Modelo</i></b>	ET-GD/IR-CUC
<b><i>Capacidad</i></b>	1200 cilindro/hora, dependiendo de la velocidad del carrusel, número de salidas, tipo de cilindro, mezcla de gas, y tasa de fuga.
<b><i>Rango</i></b>	> = 1 gramo de gas por hora cuando se prueba 100% propano. Debe instalarse en la temperatura que varia entre -10°C y +40°C.
<b><i>Flujo</i></b>	1200 cilindros por hora.

<b>Consumo</b>	21.4 normal litro/cilindro con una tasa de rechazo de máximo 2%, lo cual corresponde a un máximo consumo de 25680 normal litro/hora a una capacidad de 1200 cilindros/hora con 24 rechazos.
<b>Suministro GLP</b>	Bridas ANSI 300 WN: diám. salida 3" – diám. retorno 2"
<b>Suministro Aire</b>	Filtro, regulador, lubricador con válvula de purga rápida 1/2".
<b>Suministro Eléctrico</b>	Juntas de expansión de cables en el transformador de alimentación eléctrica.
<b>Peso</b>	Aprox 360 Kg.
<b>Partes</b>	– Estructura con su correspondiente cabeza de prueba (campana) incluyendo suspensión (cilindro neumático) y módulo de prueba con detector de gas infrarrojo con llave, display y medidor de flujo para controla la cantidad de aire succionado de la cabeza de llenado. - Unidad de centrado y mesa de elevación - Control terminal con control de computador, teclado y display (CUC), fuente de poder y control de entrada y salida. - Impulsor de cilindros para rechazo automático de cilindros con fuga. - Cabina con componentes de aire comprimido y componentes eléctricos para conexión a la instalación de energía eléctrica. - unidad de servicio de aire para conexión a la instalación de aire. - Sección de transportador de cadena especialmente diseñado (2.5 m) incluyendo controles necesarios.

### Arreglo para regulación de presión

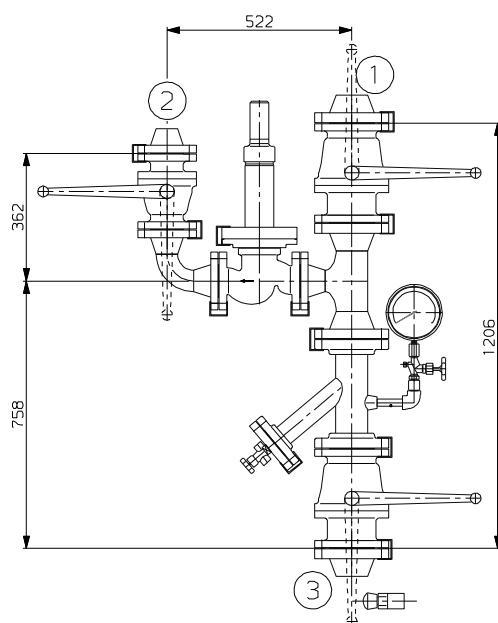
Este arreglo se incorpora a la tubería de GLP tan cerca como sea posible del carrusel y sirve para mantener una constante presión de llenado y así darle mayor exactitud al sistema. El arreglo consiste en un filtro para proteger las válvulas y cabezas de llenado, una válvula diferencial de presión y válvulas de globo que permitan aislar el sistema cuando se requiera dar mantenimiento a la válvula diferencial.

La válvula diferencial trabaja como una válvula de regulación de presión (y de exceso de flujo) y mantiene la presión deseada independientemente del número de máquinas de llenado que haya en el sistema.

Este proceso de regulación se lleva a cabo así: la válvula diferencial manda una grande o pequeña cantidad de gas de regreso al tanque por medio de una línea de retorno para mantener una presión constante en la línea de abastecimiento al sistema de llenado. La presión pre-seteada se puede regular mediante un pistón cargado mediante un resorte en la válvula diferencial.



**Figura 3.11. Arreglo para regulación de presión Tipo C**



1 Conexión de tubería a línea de descarga de la bomba de 3".

2 Conexión de tubería a línea de retorno al tanque de 2"

3 Conexión de tubería a la línea del sistema de envasado de 3".

**Fuente: Catálogo Kosan Crisplant**

### **Especificaciones:**

<b>Marca</b>	KOSAN CRISPLANT
<b>Procedencia</b>	Italia.
<b>Modelo</b>	Tipo 3"
<b>Capacidad</b>	En la línea de descarga de la bomba máx 30 m <sup>3</sup> /hr. En la línea de retorno al tanque max 600 litros/min.
<b>Peso</b>	Aproximadamente 300 Kg.
<b>Rango de regulación</b>	De 0 a 1.2 MPa. Presión diferencial recomendada 0.7 a 0.9 MPa
<b>Presión de trabajo</b>	2.1 MPa, máximo
<b>Presión de prueba</b>	3.0 MPa.
<b>Tolerancia</b>	+/- 0.1 MPa.
<b>Conexiones GLP</b>	Línea de descarga desde la bomba diámetro 3" Línea de retorno al tanque diámetro 2" Línea de 3" hacia el envasado.
<b>Puesta a tierra</b>	
<b>Peso</b>	aprox. 360 Kg.
<b>Partes</b>	– Válvula diferencial de presión de 3" con bridas. – 3 Válvulas de paso, 1 válvula de exceso y 1 válvula de seguridad. – 1 Filtro – 1 Manómetro y cock de manómetro – acoples de tubería necesarios.

### Puestos de evacuación.

El puesto de evacuación tipo M-6 se instala fijamente en el piso y se emplea para vaciar el contenido de GLP de los cilindros que serán probados o reparados, o para vaciar aquellos que presentan fugas después del llenado.

El puesto de evacuación tiene capacidad para acomodar 6 cilindros domésticos, sistemas de tubería con manómetros, válvula de seguridad, válvulas de paso y una conexión bridada de 1" para conectarse con el sistema de evacuación. Ver anexo 3.7.

#### **Especificaciones:**

•

<b>Marca</b>	KOSAN CRISPLANT
<b>Procedencia</b>	Italia.
<b>Modelo</b>	Tipo M-6
<b>Capacidad</b>	6 cilindros/operación. La capacidad por hora depende de la capacidad del sistema de evacuación, la cantidad de gas en cada cilindro, grado deseado de evacuación, el tipo de válvula, la mezcla de gas.
<b>Peso</b>	Aproximadamente 300 Kg.
<b>Conexiones de GLP</b>	Brida diámetro 1"
<b>Peso</b>	aprox. 360 Kg.
<b>Partes</b>	– Puestos para 6 cilindros domésticos – Sistema de tubería con manómetro, válvula de seguridad, válvula de globo y brida de 1".

### Bomba para evacuación.

La bomba para evacuación está diseñada para la evacuación de los cilindros que se vaciarán para prueba o mantenimiento y consiste en un pistón suspendido en un stand. Está controlada por aire comprimido que atraviesa un arreglo de filtro/regulador para asegurar la correcta presión a la bomba.

La línea de succión de la bomba está provista de un filtro para impedir el paso de las impurezas que puedan encontrarse en los cilindros, después de la bomba hay una válvula de no retorno. Ver anexo 3.8.

### **Especificaciones:**

<b>Marca</b>	KOSAN CRISPLANT
<b>Procedencia</b>	Italia.
<b>Modelo</b>	ES-HP
<b>Capacidad</b>	4-6 litros/minuto (gas líquido) dependiendo de la presión en la tubería de retorno al tanque de almacenamiento.
<b>Peso</b>	Aproximadamente 300 Kg.
<b>Conexiones de GLP</b>	G1" NPT
<b>Conexiones de Aire</b>	G ½" BSP
<b>Puesta a tierra</b>	Presión de trabajo: min 0.6 MPa – Max 1.0 MPa
<b>Consumo</b>	Calidad: de acuerdo con ISO 8573.1
	Aproximadamente 190 litros/minuto, dependiendo de la presión en la línea de retorno al tanque.
<b>Partes</b>	– Filtro y regulador – Válvula de no retorno.

### **Maquina de colocación de sello.**

Esta máquina totalmente automática es una unidad independiente que se incorpora en el transportador de cadena y se usa para colocar un sello en las válvulas de los cilindros llenos con GLP, ya sea una tapa plástica o una hoja. El sello es una protección efectiva contra el polvo, arena u otras partículas que pueden causar fugas u otros daños. Además, un sello nuevo es siempre una garantía de que el consumidor final recibe un cilindro llenado y revisado que proviene de un distribuidor autorizado.

**Figura 3.12. Colocador de Sello**



**Fuente: Catálogo Kosan Crisplant**

**Figura 3.13. Boquilla del Colocador de Sello**



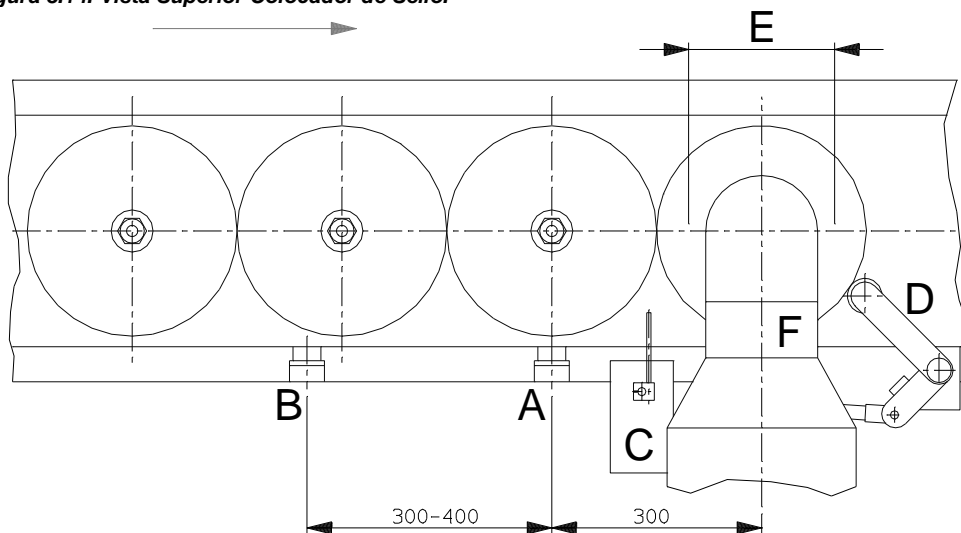
Fuente: Catálogo Kosan Crisplant

El aire es succionado en la máquina de sellado mediante un ventilador, el aire es purificado mediante el filtro de succión para luego pasar a la unidad de calentamiento ubicada en la estructura de la máquina donde se calienta a la temperatura que se fijo y luego es soplado a través de una boquilla. Esta unidad de calentamiento está equipada con dos elementos de calentamiento de 2,4 y 5,6 kW respectivamente, la temperatura del flujo de aire (120 – 200 °C) se controla por un termostato cuyo sensor se ubica en el nudo, y este termostato opera en el elemento de calentamiento

de 2,4 kW.

Sin importar si el ventilador opera o no, la temperatura en la unidad de calentamiento se mantiene constante (max 300 °C) mediante un termostato operando en el elemento de 5,6 kW. Este termostato y la temperatura de la superficie de los elementos de calentamiento son monitoreados electrónicamente y equipados con un doble juego de contactores para lograr un mayor grado de seguridad.

**Figura 3.14. Vista Superior Colocador de Sello.**



- |                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| <b>A</b> Sensor S1             | <b>B</b> Sensor S2               |
| <b>C</b> Interruptor neumático | <b>D</b> Parada neumática        |
| <b>E</b> Zona de calentamiento | <b>F</b> Unidad de calentamiento |

Fuente: Catálogo Kosan Crisplant

1. Un sello (tapa o papel) se coloca sobre la válvula manual o automáticamente.
2. Cuando el cilindro pasa por el sensor S2 (posición B), el ventilador en la unidad de calentamiento (posición F) se activa para soplar por un tiempo seteado T2 (aprox 15 segundos).
3. Cuando el cilindro pasa el sensor S1 (posición A), el ventilador continua soplando por otro tiempo T1 (aproximadamente 15 segundos) Si el sensor S2 no registra ningún cilindro (posición A) dentro del tiempo T2, el ventilador se detiene hasta que el sensor S2 sea acitvado neuvamente (posición B).
4. Cuando el cilindro pasa el interruptor neumático (posición C), la parada numática (posición D) se activa así que el cilindro se queda en la posición correcta bajo el flujo de aire caliente en la zona de calentamiento (posición E) durante el proceso de sellado. Después del tiempo seteado (aproximadamente 3 segundos), la parada numática se abre (posición D) y el cilindro continua en el transportador de cadena.

Para proteger a los cilindros contra un sobrecalentamiento y guardar energía, el ventilador es controlado por dos sensores que operan independientemente y que lo detienen cuando no hay movimiento de cilindros en la cadena. Una parada neumática, la cual es controlada por un interruptor y un temporizador, se ubica en el transportador de cadena con el propósito de detener a los cilindros en la zona de calentamiento máximo 3 segundos, que es suficiente para asegurar un buen sello.

En caso de mal funcionamiento el ventilador se detiene instantáneamente o dentro del tiempo seteado T1. Entonces, no habrá riesgo de sobrecalentamiento de los cilindros ya que el flujo de calor se corta.

### ***Especificaciones:***

<b><i>Marca</i></b>	KOSAN CRISPLANT
<b><i>Procedencia</i></b>	Italia.
<b><i>Modelo</i></b>	ES-HP
<b><i>Capacidad</i></b>	Max 120 cilindros/hora, dependiendo del flujo de cilindros y material del plástico.
<b><i>Peso</i></b>	Aproximadamente 240 Kg.
<b><i>Conexiones de Aire</i></b>	G ½" BSP Presión de trabajo: min 0.6 MPa – Max 1.0 MPa Calidad: de acuerdo con ISO 8573.1
<b><i>Puesta a tierra</i></b>	
<b><i>Consumo de aire</i></b>	Aproximadamente 0.5 litros/cilindro, que corresponde a un consumo máximo de 600 litros por hora.
<b><i>Consumo eléctrico</i></b>	8.0 kW

- Partes** – Unidad de calentamiento aislada
- Estructura de la máquina
  - Dispositivo de ajuste de peso operado manualmente
  - Panel de control con conexión a instalación de energía eléctrica
  - Automáticos para transportador de cadena.

### Sección de aplicación de detergente.

La sección de aplicación de detergente está destinada a untar detergente en los cilindros sucios en los cuales es posible que impurezas dañen los cilindros. Esto se lleva a cabo en una cabina de 1,25 m de longitud donde están montadas 10 boquillas y un actuador. El actuador debe activarse cuando el cilindro está frente a las boquillas. Este actuador abre y cierra a una válvula de paso controlada neumáticamente.

Las boquillas están abastecidas con detergente por una bomba, a la salida está montada una válvula de reducción con regreso al tanque de detergente. La presión a las boquillas y la cantidad de líquido puede ser seteado con esta válvula. El detergente sobrante se recolecta en un bandeja de aproximadamente 2 metros de largo. El detergente que se aplica a los cilindros debe ser jabón puro o una mezcla de agua y jabón. El tiempo que el detergente necesita para hacer efecto satisfactoriamente depende entre otros factores del tipo de detergente, temperatura, temperatura de los cilindros, grado de suciedad, tipo de suciedad, la tasa de mezcla en la cabina de remojo.

En la mayoría de los casos un tiempo de 3 a 5 minutos será suficiente para retirar la mayor cantidad de impurezas y solo se verificará mediante pruebas de funcionamiento. Es obvio que el jabón puro da un mejor resultado que una mezcla y el fabricante sugiere que sea poco espumante.

### **Especificaciones:**

•

<b>Marca</b>	KOSAN CRISPLANT
<b>Procedencia</b>	Italia.
<b>Modelo</b>	931-C1,25-IR-D
<b>Capacidad</b>	Max cilindros de 950 mm de alto.
<b>Bomba</b>	Grundfos, 0.7 kW.

Capacidad 84 litros/hora a 0,55 bar.

- Partes** – 10 Boquillas (limpias, tipo Vee-jet)  
– 1 cámara cerrada con puerta oscilante  
- 1 Cabina de 1.250 mm de longitud.  
- Canal de desagüe

### Sección de enjuague.

La sección de enjuague está diseñada para remover los residuos de detergente e impurezas después que el cilindro ha pasado por la sección de aplicación de detergente. La sección de lavado consiste de un depósito de agua que está equipada con dos bombas Grundfos que hacen circular el agua a través de 93 boquillas limpias de tipo Vee-jet. Así, desde el depósito hasta la bomba paso por dos filtros inclinados y un colador que detiene las impurezas más grandes.

Además, el depósito tiene una tubería de fondo combinado para drenaje y exceso de flujo y un control de nivel de llenado automático a través de una llave de bola y un flotador.

La cabina de 2 metros de longitud contiene las boquillas. La zona de lavado se divide de tal manera que el cilindro pasa primero a una zona donde la presión es aproximadamente 4,3 bar. Esta zona tiene 75 boquillas. Luego los cilindros entran a una zona con 18 boquillas donde la presión es de 22 bar. 2 cabinas cerradas de 0,8 metros de largo y equipadas con puertas oscilantes sólidas, previenen demasiado rociado de líquido a la entrada y salida.

Como las boquillas de post-enjuague son alimentadas con agua limpia, solamente un poco de jabón permanece en el cilindro cuando salen de la cabina. Esto significa que el consumo de agua es aproximadamente 10 litros/minuto. El abastecimiento de agua se interrumpe automáticamente mediante la válvula de nivel del depósito. Este consumo se puede reducir considerablemente implementando una sección separada de post-enjuague con recirculación.

### **Especificaciones:**

-

<b>Marca</b>	KOSAN CRISPLANT
<b>Procedencia</b>	Italia.
<b>Modelo</b>	931-C2,0-V22-D
<b>Capacidad Bomba</b>	Max cilindros de 950 mm de alto. Grundfos, 15 y 22 kW. Capacidad 1.200 litros/hora a 4.3 bar. Y 360 litros/minuto a 22 bar.
<b>Partes</b>	– 93 Boquillas (limpias, tipo Vee-jet) – 2 filtros inclinados y un colador – 1 control automático de nivel. – Canal de desagüe – Transportador de cadena de 1.180 mm de ancho y 3750 mm de largo. – 2 cámaras cerradas con puertas oscilantes – 1 depósito de agua de 1.200 litros

### Sección de secado.

La sección de secado está diseñada para secar el exceso de agua que presenten los cilindros al salir del lavado o enjuague para que el operador no se moje demasiado cuando los manipule.

Esta sección consiste en una estructura limpia con un túnel de soplado limpio de 2 metros de largo. Un ventilador centrífugo limpio se monta directamente en el túnel, con capacidad de 75 m<sup>3</sup>/h a aproximadamente 360 mm de columna de agua. El aire que sopla el túnel a alta velocidad pasa a través de 6 canales en los lados internos del túnel y 3 canales arriba. El diseño permite empujar las gotas más grandes de agua de los cilindros de tal manera que caen a un anillo en el fondo.

Para reducir el nivel de ruido, la sección se construye de tal manera que ni la estructura ni el túnel tiene contacto físico con el transportador de cadena que transporta los cilindros a través de él.

De igual manera, el ventilador y el túnel están montados sobre amortiguadores de vibración. Finalmente, los lados internos del túnel (donde no sopla aire) están revestidos con una pasta absorbente de sonido para evitar vibraciones.

No obstante a las medidas indicadas, el nivel de ruido de la sección está todavía sobre los 85 dB. Así que los operadores que trabajan cerca de esta sección deben



usar protección auditiva. Si se requiere un menor nivel de ruido, el fabricante sugiere establecer un casa de absorción de ruido alrededor de la sección.

***Especificaciones:***

•

<b>Marca</b>	KOSAN CRISPLANT
<b>Procedencia</b>	Italia.
<b>Modelo</b>	510-C2,0-D
<b>Capacidad Bomba</b>	Max cilindros de 950 mm de alto. Grundfos, 15 y 22 kW. Capacidad 1200 litros/hora a 4.3 bar. Y 360 litros/minuto a 22 bar.
<b>Nivel de ruido</b>	Aproximadamente 90 dB
<b>Partes</b>	– Ventilador: limpio y tipo centrífugo T280 RM, 11 kW. Capacidad 75 m <sup>3</sup> /h a aproximadamente 360 mm de c.d.a. – Guardafango a la entrada – Transportador de cadena: 550/1.180 mm de ancho y 2.800 mm de largo. – Túnel de soplado de 2.000 mm de longitud

**Red de Alimentación de Datos.**

La red de alimentación de datos CUC de Kosan Crisplant está diseñada para alimentación segura e intrínseca a las máquinas controladas por el CUC y para comunicación de datos entre ellas.

Este sistema tiene como ventaja los bajos costos de instalación, con conexiones y cableado simples y fáciles para alimentación y envío de datos. Controla mediante HNI/CUC cualquier máquina conectada a la red, este software ya se encuentra instalado además de otras funciones comunes. Los componentes son uniformes.

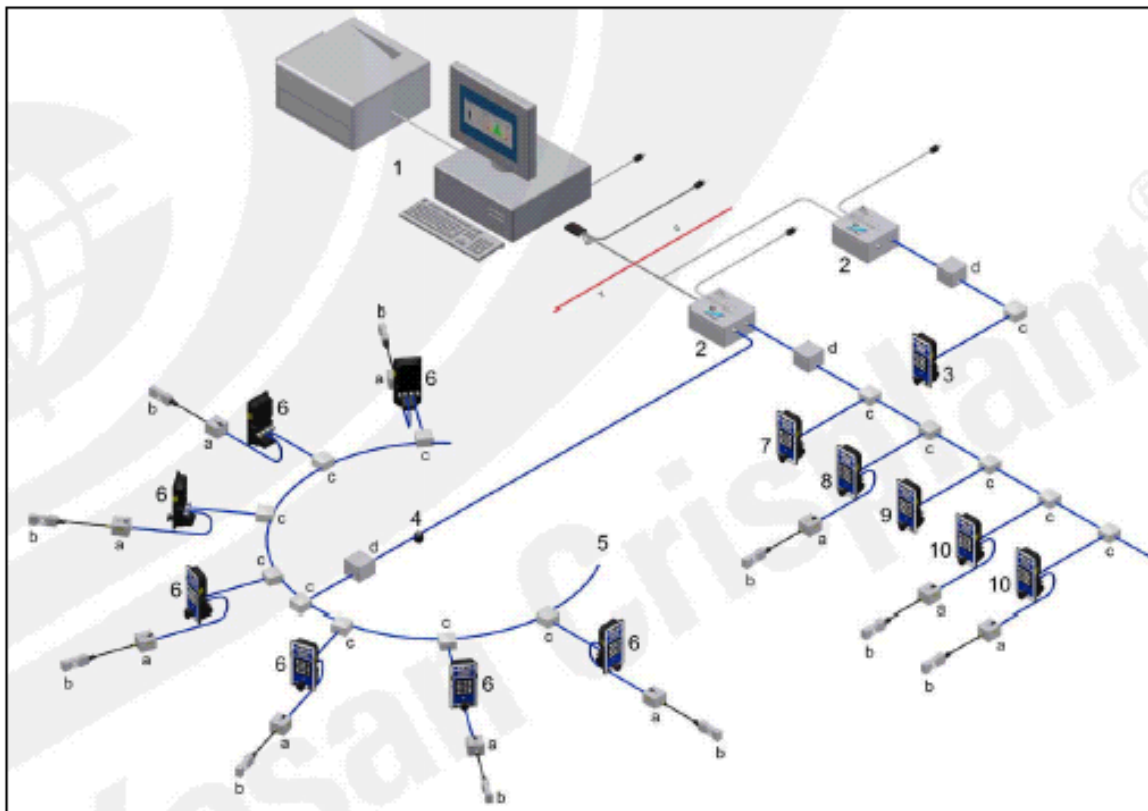
***Figura 3.15. Sistema Completo de PC incluso software estándar comercial y software de Kosan Crisplant para colección y manejo de datos.***



Fuente: Catálogo Kosan Crisplant

Esquema del sistema:

Figura 3.16. Esquema de red de datos.



- |  |  |   |
|--|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. PC (hardware y software)</li> <li>2. Unidad de alimentación CPI-EX aprobada para la instalación en zona de peligro</li> <li>3. Unidad de control HMI/CUC para paletizadoras</li> <li>4. Anillo deslizante</li> <li>5. Sistema con carrusel de llenado</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>6. Unidad de control HMI/CUC para llenadoras UFM montadas en un carrusel de llenado.</li> <li>7. Unidad de control HMI/CUC para el dispositivo de entrada al carrusel de llenado.</li> <li>8. Unidad de control HMI/CUC para el dispositivo de salida del carrusel de llenado y la balanza de control ECS.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>9. Unidad de control HMI/CUC para detectores de fugas.</li> <li>10. Unidad de control HMI/CUC para llenadoras UFM estacionarias.</li> </ol> <p>a. Módulo de celda de carga<br/> b. Celda de carga<br/> c. Conector en T<br/> d. Caja de conexión</p> <p>S Zona no peligrosa<br/> X Zona de peligro</p> |
|--|--|---|

Fuente: Catálogo Kosan Crisplant

Los controladores HMI/CUC están disponibles con varias configuraciones I/O (entrada / salida), con hasta 16 salidas y 32 entradas. Cuenta con un UPS (Unbreakable Power Supply) para el PC y la unidad de alimentación CPI-Ex para asegurar que el correcto cierre del PC y para guardar los datos del llenado en proceso. Un PC puede recoger y manejar datos de hasta 10 sistemas de llenado con carrusel al mismo tiempo y puede estar conectado hasta 500 metros lejos de la plataforma de llenado.

En la unidad de alimentación CPI-Ex se encuentra incorporada una protección transiente contra exceso de voltaje. Las variaciones en la señal de entrada a la CPI-Ex están entre 85 y 264 VAC/47.

### **3.1.3. Bomba**

La selección de la bomba se realizará tomando en cuenta el caudal calculado y la presión diferencial requerida por el proceso y que será calculada más adelante. La fábrica Corken sugiere para este caudal las bombas tipo SCC.

Para versatilidad de la planta se ubicarán dos bombas de la misma capacidad de manera que puedan trabajar una a la vez o ambas al mismo tiempo.

Las bombas de canal lateral SC-Series son típicamente utilizadas para llenado, alimentación de vaporizador, bombeo desde almacenamiento subterráneo y operaciones de envasado en plantas. Para estas aplicaciones de GLP donde se requieren altas presiones diferenciales o bajas condiciones de altura neta positiva requerida existen las Sc-series multietapas de canal lateral. La bomba de canal lateral está disponible en diferentes tamaños, cada una con rangos de uno a ocho etapas. Estas proveen un amplio rango de presiones, capacidades y tasas de transferencia de líquidos.

Las bombas Corken SC-Series utilizan un diseño centrífugo integral y de canal lateral para crear características de flujo que evitan que la bomba admita más de un

50% de vapor y bajas condiciones de NPSH. El diseño de canal lateral multietapa modular con uno u ocho impulsores abiertos de veleta radial es capaz de crear presiones diferenciales mayores a 200 psi. (14 bares).

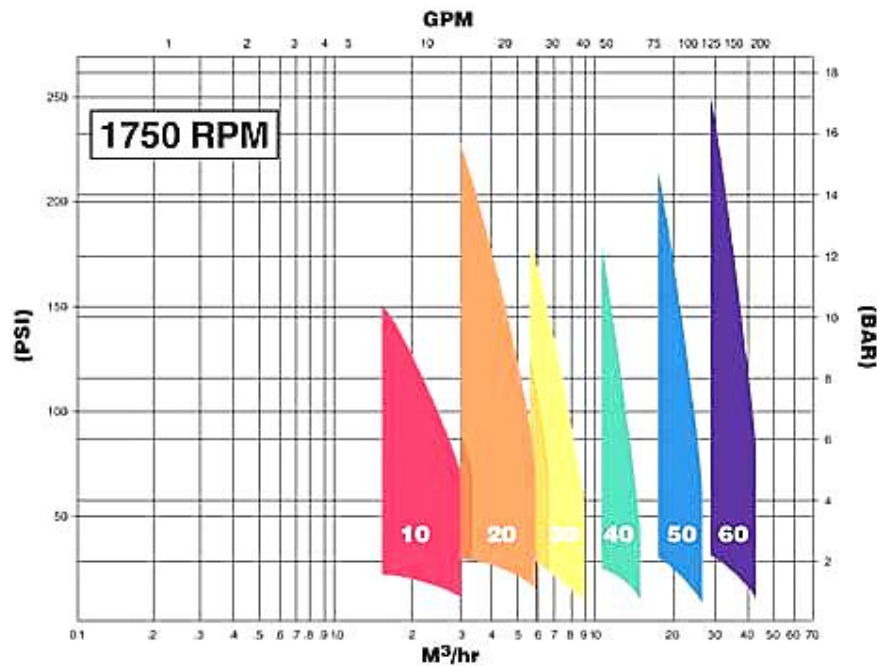
**Figura 3.17. Bomba Multietapa**



**Fuente: Catálogo Corken**

Para frecuencia de 60 Hz. la gráfica de funcionamiento de las bombas es la siguiente:

**Figura 3.18. Curvas de Funcionamiento**



Fuente: Catálogo Corken

### Especificaciones:

<b>Marca</b>	CORKEN SC-Series Modelo 50 (Certificación ISO 9001)
<b>Procedencia</b>	USA.
<b>Número de etapas</b>	1 a 8.
<b>Caudal</b>	80 GPM.
<b>Brida de entrada</b>	4 in.
<b>Brida de salida</b>	2" in.
<b>Máx. presión de trabajo</b>	580 psi (40 bar).
<b>Rango de presión dif.</b>	200 psi
<b>Mín. Temperatura</b>	-40 °F (-40 °C)
<b>Max. Temperatura</b>	428 °F (220 °C)
<b>Rango de HPSH</b>	4,6 ft – 8,2 ft (1,4 m – 2,5 m)
<b>Max. Viscosidad</b>	1,050 ssu (230 cst)
<b>Partes</b>	Base de acero, acople y guarda acople. Carcaza de hierro. Impulsores de bronce.

### 3.1.4. Compresor

La carga y descarga de GLP en los tanques de almacenamiento se hará mediante compresor, este proceso se lleva a cabo así: se conecta la línea de líquido con la estación de carga – descarga donde se conectará el tanquero. Una línea que conduce vapor desde el tanque se conectará por una válvula de cuatro vías al compresor y la salida de este se conectará pasando por la misma válvula de cuatro vías al maniful de carga – descarga. Si se desea realizar el trabajo inverso solo se

cambia el sentido de la válvula de cuatro vías y todo el sistema funcionará de manera inversa.

El diferencial de presión para hacer posible esta operación es de 4 a 14 [psi] y un recipiente a temperatura estándar está en 110 [psi].

*Figura 3.19. Compresor Vertical*



*Fuente: Catálogo Corken*

### **Especificaciones:**

<b>Marca</b>	BLACKMER LB361B-LU
<b>Procedencia</b>	USA.
<b>Velocidad</b>	725 rpm.
<b>Conexiones</b>	1 ¼" NPT entrada y salida
<b>Presión de Entrada</b>	40 - 200 [psi]
<b>Presión de Salida</b>	60 - 230 [psi]
<b>Partes:</b>	Trampa de líquido con flotador mecánico Filtro de Succión Válvula de control de 4 vías Válvula de alivio de descarga Manómetros para presión de carga y descarga, y presión en el cárter del cigüeñal. Dispositivos eléctricos a prueba de explosión.

### **3.1.5. Tanque para evacuadora**

Los cilindros se evacuan en dos ocasiones:

- Cilindros con daños detectados antes de ingresar al envasado.
- Cilindros con daños detectados después del llenado.

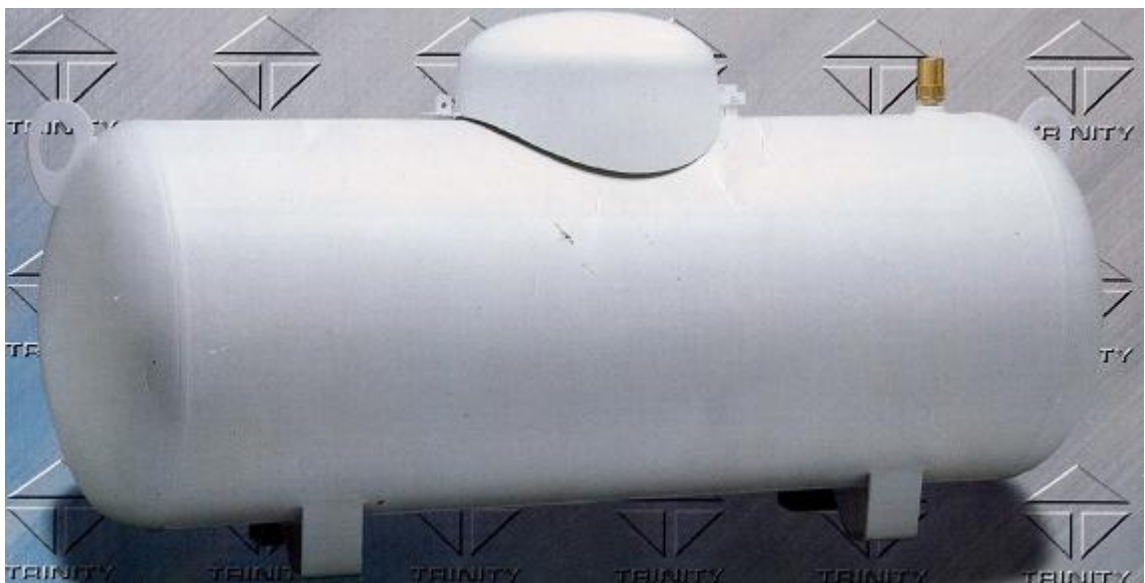
En una planta envasadora el porcentaje de cilindros diarios a evacuar es bajo y tomando en cuenta que los cilindros del primer caso contendrán un remanente de 1 a 2 Kg.

Para esta operación se utilizan tanques de uso doméstico que se encuentran comercialmente en presentaciones de 0,5; 1; 2 y 4 m<sup>3</sup>. El tanque de 2 m<sup>3</sup> es apropiado ya que puede contener aproximadamente 500 Kg. que equivale a evacuar el contenido de 30 cilindros llenos y más de 200 cilindros con remanente.

### **Especificaciones:**

<b>Marca</b>	TRINITY
<b>Procedencia</b>	MEXICO
<b>Capacidad</b>	1,892. 500 galones
<b>Tara</b>	241 Kg.
<b>Diámetro</b>	0,95 m
<b>Largo</b>	3,6 m
<b>Norma de Fabricación</b>	Código ASME sección VII Div. 1
<b>Accesorios:</b>	Multiválvula, entrada ¾" NPT y salida Punta Pol Válvula de llenado, entrada 1 ¼" y salida 1 ¾". Válvula de exceso de flujo, entrada y salida ¾" NPT Válvula de seguridad ¾" NPT Medidor magnético de nivel de líquido 1".

**Figura 3.20. Tanque Estacionario para evacuadora**



**Fuente: Catálogo Trinity**

### 3.1.6. Accesorios para tanques y tuberías

#### Medidores Volumétricos de Flujo

Un medidor de flujo en la línea de trasiego del tanque a la plataforma es necesario para cuantificar el total de GLP que llegó al carrusel y restando la medición de un segundo medidor en la línea de retorno de GLP la diferencia será el total real que se envasó. Los medidores volumétricos se seleccionan según el caudal y la presión de trabajo, que de manera aproximada se tomará para la línea de envasado 60 gpm. y 300 psi. respectivamente y para la línea de retorno 20 gpm. y 300 psi.

Para estos datos la empresa Liquid Controls tiene disponibles la serie de medidores MA. Estos medidores sirven para aplicaciones a varias presiones (300, 720 y 1440 psi) y temperatura ambiente hasta 71 °C (160 °F). La estructura es esférica de acero.

*Figura 3.21. Medidor volumétrico*



*Fuente: Catálogo Liquid Controls*

Las características más importantes son la precisión durante el tiempo que esta en servicio ya que no existe contacto de metal a metal en la caja y las partes son fabricadas con exactitud. La medición utiliza el principio de rotación sincronizada por



lo que además le da un mayor tiempo de vida. La caída de presión es muy baja e incrementa el rango de flujo. Ver anexo 3.9.

**Especificaciones:**

<b>Marca</b>	LIQUID CONTROLS
<b>Procedencia</b>	USA.
<b>Modelo</b>	MSA-15-GY-10.
<b>Presión de trabajo</b>	720 psi.
<b>Brida de entrada</b>	3" ANSI
<b>Temperatura</b>	160 °F (71 °C)
<b>Cantidad</b>	2

Filtros de GLP en fase líquida

Antes del ingreso a las bombas es necesario colocar un filtro que detenga impurezas que pueden obstruir y dañar a la bomba. El filtro en Y es el indicado para esta aplicación ya que permite la purga de las impurezas sin necesidad de detener el sistema. Se escoge por la presión de trabajo y el diámetro de tubería. El fabricante ISC SCALES ofrece filtros desde ¼" de diámetro en diferentes materiales: Hierro Fundido, Bronce y Acero Inoxidable. Así mismo tienen conexiones bridadas clase 150 y 300. Ver anexo 3.10.

**Figura 3.22. Filtro Y**



**Fuente: Catálogo ISC SCALES**

**Especificaciones:**

<b>Marca</b>	ISC SCALES
--------------	------------

<b>Procedencia</b>	USA.
<b>Modelo</b>	85 – Filtros en Y para trabajo pesado.
<b>Presión de trabajo</b>	740 psi. @ 100 °F
<b>Brida de entrada</b>	3" ANSI 300
<b>Material</b>	Acero inoxidable
<b>Diámetro</b>	3"
<b>Caída de presión</b>	0.11 psi. @ 50 gpm y diámetro 3"

Válvulas de alivio de presión para tanques.

Se aplica la ecuación para calcular el flujo de descarga:

$$QA = 53,632 \cdot A^{0,82}$$

El área A para los tanques seleccionados es:

$$A = L_{tq} \cdot D_{tq} \cdot \pi$$

$$A = 14,32[m] \cdot 3,35[m] \cdot \pi$$

$$A = 150,70[m^2]$$

$$A = 1622,17[pie^2]$$

$$QA = 53,632 \cdot 1622,17^{0,82}$$

$$QA = 22998,74[cfm]$$

Para este valor de flujo de descarga se usará un manifold Multiport de válvulas de alivio de presión, que es diseñado especialmente para recipientes de gran capacidad de almacenamiento. Este producto está pensado para hacer posible el mantenimiento de una de las cuatro válvulas de alivio que abarca.

*Figura 3.23. Filtro Y*



Fuente: Catálogo ISC SCALES

**Especificaciones:**

<b>Marca</b>	REGO
<b>Procedencia</b>	MEXICO.
<b>Modelo</b>	A8574G.
<b>Inicio de descarga</b>	250 psi.
<b>Conexión de Brida</b>	4 in ANSI 300
<b>Capacidad de Flujo</b>	27.750 [cfm]
<b>Válvula de alivio</b>	A3149MG
<b>Número de válvulas</b>	4

Válvulas de alivio de presión hidrostática.

La presión que se estima en la línea de descarga es aproximadamente 300 psi., por lo que la válvula de alivio hidrostático deberá abrirse a una presión superior. En la línea de entrada a la bomba la presión es bastante baja y la presión más baja en válvulas de alivio es de 250 psi., así, las válvulas de alivio de presión hidrostática serán:

**Especificaciones:**

<b>Marca</b>	REGO
<b>Procedencia</b>	MEXICO.
<b>Modelo</b>	3129J.
<b>Inicio de descarga</b>	350 psi.
<b>Conexión</b>	1/2" NPT M
<b>Material</b>	Latón
<b>Marca</b>	REGO

Figura 3.24. Válvula Hidrostática



Fuente: Catálogo REGO

<b>Procedencia</b>	MEXICO.
<b>Modelo</b>	3127G.
<b>Inicio de descarga</b>	250 psi.
<b>Conexión</b>	1/4" NPT M
<b>Material</b>	Latón

### Medidor de Nivel

El medidor de nivel más común para esta aplicación es el Magnetel, este sensor determina el porcentaje de volumen en el tanque. Se coloca en el centro de una de las cabezas esféricas de cada tanque, la carátula es grande

### **Especificaciones:**

<b>Marca</b>	Rochester
<b>Procedencia</b>	USA.
<b>Modelo</b>	6342.
<b>Conexión</b>	Bridada 2 1/2"
<b>Dial</b>	8"
<b>Carcaza</b>	Acero Inoxidable

**Figura 3.25. Medidor Volumétrico**

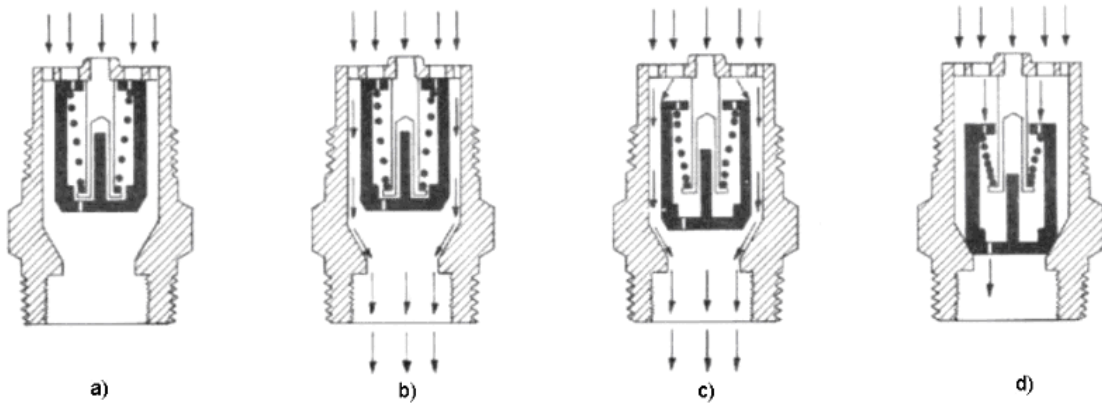


**Fuente: Catálogo REGO**

### Válvulas de exceso de flujo.

Este mecanismo actuará cuando el caudal que pasa por él sea excesivo, lo que puede deberse a una falla en la tubería, como una rotura. Es conveniente que el flujo de cierre de la válvula debe ser un 50% mayor que el esperado, así se evitarán los cierres inoportunos durante el funcionamiento.

**Figura 3.26. Funcionamiento Válvula de exceso de flujo.**

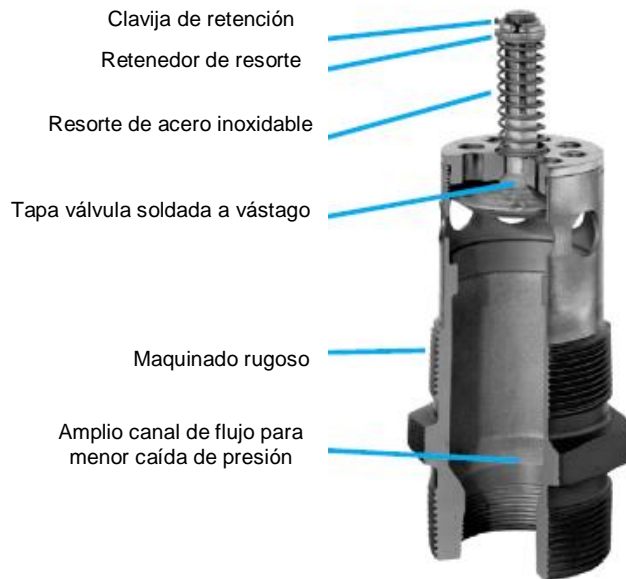


- a) Con la válvula de control cerrada, la válvula de exceso se encuentra totalmente inundada pero no hay flujo.
- b) Al abrir la válvula de control se produce el flujo de trabajo nominal (flujo primario calibrado).
- c) Al producirse el exceso de flujo (excedente o sobredemanda) se acciona el flujo secundario y la compuerta se cierra.
- d) La compuerta está cerrada dando tiempo para cerrar la válvula de control, a través de un pequeño orificio se igualan las presiones permitiendo que la compuerta regrese a su posición original.

**Fuente: Catálogo REGO**

Rego, el mayor proveedor de accesorios para GLP tiene las válvulas de exceso de flujo para las conexiones de líquido y vapor del tanque y son:

**Figura 3.27. Válvula de exceso de flujo.**



**Fuente: Catálogo REGO**

**Especificaciones (salida de líquido a bombas y llenado):**

<b>Marca</b>	REGO
<b>Procedencia</b>	MEXICO.
<b>Modelo</b>	A7539R6.
<b>Flujo aprox. de cierre</b>	150 GPM.
<b>Conexión entrada</b>	3" NPT M
<b>Conexión salida</b>	3" NPT M y 2" NPT H
<b>Acoplamiento</b>	Medio
<b>Cantidad</b>	2 por cada tanque

***Especificaciones (retorno de líquido):***

<b><i>Marca</i></b>	REGO
<b><i>Procedencia</i></b>	MEXICO.
<b><i>Modelo</i></b>	A7537N4.
<b><i>Flujo aprox. de cierre</i></b>	125 GPM.
<b><i>Conexión entrada</i></b>	2" NPT M
<b><i>Conexión salida</i></b>	2" NPT M y 1 ¼" NPT H
<b><i>Acoplamiento</i></b>	Medio
<b><i>Cantidad</i></b>	1 por cada tanque

***Especificaciones (retorno y extracción de vapor):***

<b><i>Marca</i></b>	REGO
<b><i>Procedencia</i></b>	MEXICO.
<b><i>Modelo</i></b>	A7537N4.
<b><i>Flujo aprox. de cierre</i></b>	125 GPM.
<b><i>Conexión entrada</i></b>	2" NPT M
<b><i>Conexión salida</i></b>	2" NPT M y 1 ¼" NPT H
<b><i>Acoplamiento</i></b>	Medio
<b><i>Cantidad</i></b>	2 por cada tanque

**Manómetros.**

Los manómetros serán colocados a entradas y salidas de bombas, en el tanque pequeño para la evacuadora y en los tanques de almacenamiento. En total se requieren:

- 5 manómetros de 0 – 300 psi (evacuadora, tanque estacionario pequeño, tanques estacionarios grandes)
- 4 manómetros de 0 – 500 psi (salidas de bombas y compresores)
- 4 manómetros de 0 – 200 psi (entradas de bombas y compresores)

***Figura 3.28. Manómetro.***



Fuente: Catálogo WIKA

Los manómetros deben cumplir con algunos requisitos, por ejemplo, deben ser con glicerina, carcasa de acero inoxidable, carátula de mínimo 2,5" de diámetro, conexión de ¼" por debajo, además deben instalarse con válvula de aguja o sifones (rizos) para evitar los daños que la presión o temperatura puedan afectarlos.

Figura 3.29. Accesorios para manómetro



Fuente: Catálogo WIKA

### **Especificaciones:**

<b>Marca</b>	WIKA
<b>Procedencia</b>	USA
<b>Rango de presión</b>	0 – 200 psi / 0 – 300 psi / 0 – 500 psi.
<b>Conexión</b>	Inferior NPT M ¼"
<b>Diámetro carátula</b>	2,5"
<b>Tipo</b>	con glicerina

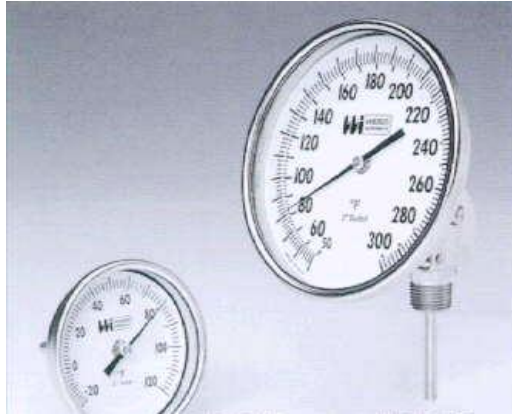
### Termómetro

En los tanques de almacenamiento es importante tener un termómetro que indique la temperatura al interior del recipiente. Este instrumento debe colocarse en una de las cabezas del tanque y con la carátula dirigida hacia abajo para facilitar su lectura rápidamente.

### **Especificaciones:**

<b>Marca</b>	SUREX
<b>Procedencia</b>	USA
<b>Tipo</b>	Bimetálico
<b>Rango de temperatura</b>	- 50 °C a 50 °C
<b>Conexión</b>	Inferior NPT M 1/4"
<b>Diámetro carátula</b>	2,5"

**Figura 3.30. Termómetro para tanque**



**Fuente: Catálogo SUREX**

### **Visor.**

Es un indicador de flujo que se colocará en la tubería de descarga de líquido para identificar el sentido del flujo.

**Figura 3.31. Termómetro para tanque**



**Fuente: Catálogo REGO**

### **Especificaciones generales:**

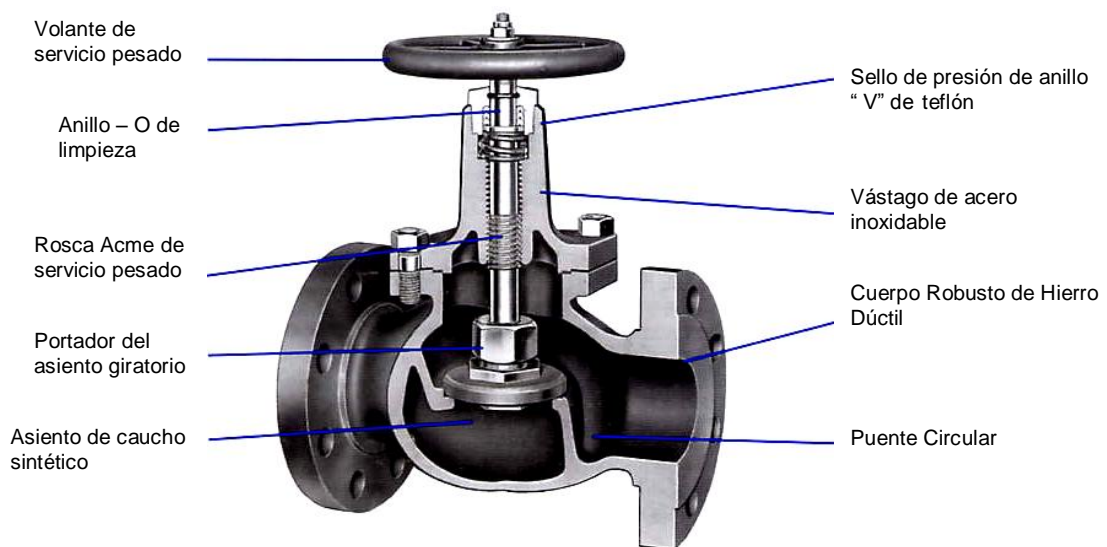
<b>Marca</b>	REGO
<b>Procedencia</b>	México
<b>Modelo</b>	A7796
<b>Conexión</b>	NPT F 3"
<b>Longitud</b>	7 3/8"



## Válvulas de globo.

Son de gran importancia en toda la instalación puesto que prestan el mejor servicio en cuanto a cierre y larga vida útil. Se encuentran a las salidas de los tanques estacionarios después de la válvula de exceso de flujo, antes y después de bombas y compresores; en la estación de carga descarga se ubicarán válvulas angulares. Las válvulas serán bridadas y se escogen conforme los tamaños se tubería donde se instalarán.

**Figura 3.32. Funcionamiento Válvula de globo**



**Fuente: Catálogo REGO**

**Figura 3.33. Funcionamiento Válvula de globo**



**Fuente: Catálogo REGO**

### **Especificaciones generales:**

<b>Marca</b>	REGO
<b>Procedencia</b>	México
<b>Tipo</b>	Globo (varios modelos)
<b>Conexión</b>	Bridada / roscada

### Válvulas Pull Away.

Estas válvulas de separación se colocan en las mangueras que se conectan a los tanqueros con la estación de carga / descarga tanto para líquido como para vapor y sirven como seguridad en caso de que un tanquero se movilice con la manguera conectada y esta se rompa, así se bloquea el paso del GLP a ambos lados de la rotura.

*Figura 3.34. Válvula Pull Away*



*Fuente: Catálogo REGO*

### **Especificaciones generales:**

<b>Marca</b>	REGO
<b>Procedencia</b>	México
<b>Modelo</b>	A2141A10
<b>Conexión</b>	1 1/4" NPT F.
<b>Fuerza de desconexión</b>	160 lbs. aproximadamente.
<b>Fuerza de reconexión</b>	25 lbs. aproximadamente.
<b>Longitud de la válvula</b>	5 5/8"
<b>Capacidad de flujo</b>	52 gpm @ 5 psi (dif.); 75 gpm @ 10 psig; 120 gpm @ 25 psig; 170 gpm @ 50 psig;

### Acoples Acme

Para realizar la operación de trasiego los tanqueros poseen conexiones acme, como estándar se considera una rosca acme 1 1/4", por lo que las mangueras de líquido y vapor deben terminar en un acople acme hembra que a su vez se roscan en una válvula de globo.

**Figura 3.35. Acople ACME**



**Fuente: Catálogo REGO**

**Especificaciones generales (para vapor):**

<b>Marca</b>	REGO
<b>Procedencia</b>	México
<b>Modelo</b>	3191
<b>ACME</b>	1 ¼"
<b>Conexión</b>	NPT M ½"

**Especificaciones generales (para vapor):**

<b>Marca</b>	REGO
<b>Procedencia</b>	México
<b>Modelo</b>	3195
<b>ACME</b>	2"
<b>Conexión</b>	NPT M ½"

**Tapa Acme**

Se colocará en los acoples ACME para evitar que el polvo o cualquier factor externo pueda afectar al acople o sus alrededores.

**Figura 3.36. Acople ACME**



**Fuente: Catálogo REGO**

### **Especificaciones generales:**

<b>Marca</b>	REGO
<b>Procedencia</b>	México
<b>Modelo</b>	C5763N
<b>Conexión</b>	1 ¼" ACME
<b>Material</b>	Nylon
<b>Cadena y anillo</b>	para tubos hasta ¾"

### Mangueras.

Para conectar los tanqueros a la tubería se utilizarán mangueras de alta resistencia, no solo a la presión sino además al daño físico al que están expuestas por las condiciones ambientales, la manipulación para conexión y desconexión y el rozamiento con el suelo.

Por estas razones, las mangueras son reforzadas con acero inoxidable, así facilitan las tareas que la tubería rígida no con igual resistencia y seguridad.

*Figura 3.37. Manguera*



### **Especificaciones generales:**

<b>Marca</b>	PARKER
<b>Procedencia</b>	USA
<b>Modelo</b>	71231 CGA Tipo I
<b>Conexión</b>	1 ¼" ACME
<b>Material</b>	Tubo de nitrilo negro y recubrimiento de neopreno negro perforado
<b>Refuerzo</b>	Una o varias trenzas de acero inoxidable.
<b>Presión máxima</b>	350 psi

### Juntas de Expansión.

Sería muy peligrosa una fractura o una pequeña fisura en la tubería, éstas se pueden presentar por movimientos vibratorios y la continua dilatación y contracción del acero. Para evitar estos daños, se colocarán juntas de expansión en algunos tramos de tubería, como son las entradas y salidas de bombas y compresores y en el maniful de carga – descarga.

El material debe ser de acero inoxidable o bronce que son adecuados para GLP. En el mercado se pueden encontrar juntas de expansión desde ¼” hasta 12”. Para las aplicaciones de bombas y altas presiones se utilizan con conexiones bridadas.

Estos dispositivos se asemejan a tubos de finas láminas de acero inoxidable trenzadas, terminan en acoples del mismo material con rosca macho o bridas.

**Figura 3.38. Junta de Expansión**



#### **Especificaciones generales:**

<b>Marca</b>	HOSE MASTER INC.
<b>Procedencia</b>	ITALIA
<b>Modelos</b>	¼”, 1”, 1 ¼”, 2”, 3” y 4”.
<b>Material</b>	Acero inoxidable
<b>Conexión</b>	Bridas clase 150 (desde 2”) o acoples NPT
	M.
<b>Presión de Trabajo</b>	Desde 210 psi

### **3.2. Presiones y temperatura de trabajo.**

Dentro del tanque la presión del fluido será la presión de vapor de la mezcla. Debido a que el tanque no se llena al 100% de su capacidad existe un espacio que ocupa el vapor que coexiste en las mismas condiciones con el líquido y este se comprimirá hasta alcanzar un balance entre las dos fases.

La temperatura del fluido se considerará prácticamente constante e igual a 15,6 °C, que es la temperatura estándar considerada para el diseño. La influencia de la temperatura ambiente será mínima, ya que el líquido absorberá el calor del ambiente y se evaporará dentro del tanque dando lugar a una elevación de presión.

La presión de trabajo en la tubería de succión estará dada por la NPSH, es decir, por la presión absoluta del tanque, la presión por elevación y la presión de vapor del fluido y la disminución de presión por pérdidas. Es fácil suponer que la presión absoluta del tanque sobresale en magnitud y prácticamente ésta será la presión en la tubería.

La presión de descarga que la bomba debe entregar más la presión de entrada a la bomba deberá ser mayor a que se requiere para el proceso de envasado que es igual a 275 psi. Esta línea contará con varios accesorios para control como válvulas de paso, válvulas check, válvulas de alivio, válvula diferencial, manómetros, bypass y contador másico de consumo además de codos, bridas, tees y otros. Por tanto será de gran importancia dotar al sistema de la presión continua y disminuir las pérdidas aplicando una velocidad baja.

La válvula diferencial a la entrada al carrusel permitirá el retorno de líquido cuando la presión en la línea de descarga sobrepase la presión seteada, para contabilizar esta cantidad de GLP que retorna a los tanques se colocará un segundo contador, así, mediante una resta se podrá contabilizar el total que realmente se envasó.

El llenado de tanques se realizará mediante compresor y se lleva a cabo de la siguiente manera: el tanquero transportador del GLP a granel se conecta a la estación de carga y descarga desde una salida de líquido con una entrada de líquido con el tanque estacionario, mediante un compresor el vapor que está disponible en el tanque se comprimirá para enviarlo al tanquero y forzar la salida del líquido. Si se desea el efecto contrario se consigue cambiando la posición de la válvula de 4 vías que forma parte del compresor, lo cual significa que estas tuberías serán bidireccionales. La presión en la línea de carga y descarga será la presión diferencial que hace posible el proceso de evacuación.

### **3.3. Dimensionamiento de tuberías**

#### **3.3.1. Diseño de tubería de combustible**

La colocación de tuberías está reglamentada por norma en cuanto a la distancia entre éstas y las líneas de conducción paralela de canalizaciones de agua, sistemas de energía eléctrica o teléfono de por lo menos 50 cm., y por lo menos 20 cm. con cruce de canalizaciones de agua.

Para el montaje, reparaciones, mantenimiento y prevenir la corrosión, la tubería se ubicará a 50 cm. sobre el suelo. En algunos casos las tuberías impedirán el desplazamiento del personal por lo que será necesario construir gradas que permitan cruzarlas de una forma rápida y segura.

Se construirán cuatro líneas de tubería:

- Alimentación al carrusel. Consta de la interconexión de los tanques y dos bombas, por lo que tiene dos partes que serán la entrada y salida de la bomba, condición con la que se calcularán las pérdidas de energía. Transporta GLP en estado líquido únicamente y en una sola dirección. En su recorrido existen elementos de control como manómetros y medidores volumétricos, elementos de seguridad como válvulas globo y válvulas de alivio y check. Ver plano PEMC06007

- Retorno de líquido. Es una derivación de la línea de alimentación al carrusel debido a la presencia de una válvula diferencial que permitirá el regreso del líquido para aliviar la presión de la tubería cuando esta se eleve sobre la seteada, será de menor dimensión y se unirá a la línea que sale de un tanque estacionario pequeño que almacena el GLP que se retira de los cilindros que pasan por la evacuadora. Ver plano PEMC06007
- Trasvase de líquido. Es la tubería que conecta la estación de carga y descarga con los tanques de almacenamiento, es bidireccional, ya que por ella se recibirá GLP para envasar o se despachará GLP a granel. Consta también de una interconexión en los tanques y es continua hasta la estación de carga descarga donde se bifurca para atender a dos tanqueros al mismo tiempo. Debido a que debe llegar a una zona de tránsito vehicular estará a 0,70 metros bajo el nivel del suelo dentro de un canal construido en hormigón. Ver plano PEMC06008
- Línea de vapor. Tiene el mismo recorrido de la línea de alimentación a tanques con la diferencia de que pasa por dos compresores, mediante válvulas de cuatro vías también funciona en forma bidireccional. A la salida de compresores se divide en dos para dirigirse a la estación de carga descarga y al tanque estacionario de la evacuadora. Ver plano PEMC06009

Transformaciones de unidades:

$$T(^{\circ}C) = [T(^{\circ}F) - 32] \cdot \frac{5}{9}$$

$$T(^{\circ}F) = \frac{9}{5}[T(^{\circ}C)] + 32$$

$$1 [psi] = 6,896 [kPa]$$

$$1 [kPa] = 0,145 [psi]$$

$$1 [poise] = 0,1 [Pa \cdot s]$$

$$1 [Pa \cdot s] = 1 \left[ \frac{Kg}{m \cdot s} \right]$$

$$1 [galón] = 3,875 [lt]$$



$$1[m^3] = 1.000[lit]$$

$$1\left[\frac{m^3}{s}\right] = 2.120 [cfm]$$

Constantes:

$$g = 9,81\left[\frac{m}{s^2}\right] \quad \text{Gravedad}$$

$$T_a = 25[^\circ C] \quad \text{Temperatura Ambiente}$$

$$T_f = 15,6[^\circ C] \rightarrow T_f = 60,08 [^\circ F] \quad \text{Temperatura estándar}$$

$$P_{atm} = 90,45 [kPa] \quad \text{Presión atmosférica @ 950 msnm.}$$

$$P_{vp} = 80 [psi] \rightarrow P_v = 551,68 [kPa] \quad \text{Presión de vapor @ 15,6 [}^\circ C]$$

$$P_{iq} = 90 [psi] \rightarrow P_{iq} = 620,64 [kPa] \quad \text{Presión del tanque (normal)}$$

$$P_c = 275 [psi] \rightarrow P_c = 1896,552 [kPa] \quad \text{Presión del carrusel}$$

$$\rho = 529\left[\frac{kg}{m^3}\right] \quad \text{Densidad (estado líquido)}$$

$$\rho_v = 2.04\left[\frac{kg}{m^3}\right] \quad \text{Densidad (estado vapor)}$$

$$\gamma = \rho \cdot g \quad \text{Peso específico (estado líquido)}$$

$$\gamma = 5.189,49\left[\frac{kg}{m^3}\right] \quad \text{Peso específico (estado líquido)}$$

$$\gamma_v = \rho_v \cdot g \quad \text{Peso específico (estado vapor)}$$

$$\gamma_v = 20,012\left[\frac{kg}{m^3}\right] \quad \text{Peso específico (estado vapor)}$$

$$\mu_{prop} = 1.060 \times 10^{-6} [poises] \quad \text{Viscosidad del propano (líquido)}$$

$$\mu_{but} = 1.800 \times 10^{-6} [poises] \quad \text{Viscosidad del butano (líquido)}$$

$$\mu_{glp} = 1.282 \times 10^{-6} [poises] \rightarrow \mu_{glp} = 1.282 \times 10^{-4} [Pa \cdot s] \quad \text{Viscosidad del GLP}$$

$$\mu_{prop} = 80 \times 10^{-6} [poises] \quad \text{Viscosidad del propano (líquido)}$$

$$\mu_{but} = 74 \times 10^{-6} [poises] \quad \text{Viscosidad del butano (líquido)}$$

$$\mu_v = 78,2 \times 10^{-6} [poises] \rightarrow \mu_v = 78,2 \times 10^{-4} [Pa \cdot s] \quad \text{Viscosidad del GLP vapor.}$$

## ALIMENTACIÓN AL CARRUSEL

### Método de cálculo:

El cálculo se desarrollará en base a la Ecuación General de la Energía, la cual parte de la Ecuación de Bernoulli, que se deriva de la suma de la energía que tiene un fluido debido a su altura, cinética y de trabajo de flujo:

$$E = Ep + Ec + Ef$$

$$E = w \cdot z + w \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} + w \cdot \frac{P}{\gamma}$$

Al pasar de un punto A a un punto B la energía total cambia de un punto a otro. La ecuación de Bernoulli queda expresada así:

$$w \cdot z_A + w \cdot \frac{v_A^2}{2 \cdot g} + w \cdot \frac{P_A}{\gamma} = w \cdot z_B + w \cdot \frac{v_B^2}{2 \cdot g} + w \cdot \frac{P_B}{\gamma}$$

$$z_A + \frac{v_A^2}{2 \cdot g} + \frac{P_A}{\gamma} = z_B + \frac{v_B^2}{2 \cdot g} + \frac{P_B}{\gamma}$$

Sin embargo, esta ecuación no incluye las pérdidas que se generan por fricción y accesorios, remoción o adición de energía debido a elementos mecánicos, tales como bombas o molinos.

$$z_A + \frac{v_A^2}{2 \cdot g} + \frac{P_A}{\gamma} + h_A - h_L = z_B + \frac{v_B^2}{2 \cdot g} + \frac{P_B}{\gamma}$$

En el caso de la tubería que transporta el GLP desde los tanques al carrusel de envasado solo se incluirán las pérdidas por fricción, pérdidas menores y adición de energía por la bomba.

Para realizar el cálculo de las pérdidas en la tubería se requiere conocer el comportamiento del fluido, es decir, si es laminar y turbulento, y determinar el factor de fricción que interviene en el cálculo:

$$h_L = h_f + \sum h_n$$

Reemplazados todos estos datos en la ecuación de la energía se hallará  $h_A$ , es decir, la presión diferencial que debe entregar la bomba, y finalmente, para escoger la bomba y comprobar su funcionamiento se calculará el NPSH disponible. Este método será iterativo hasta hallar diámetros que permitan las mejores condiciones para el proceso.

Cálculo de caudal requerido:

Con la cantidad determinada de 505 cilindros por hora, se procede al cálculo del caudal que se transportará desde los tanques al carrusel de envasado mediante bomba:

$$Q = \frac{505 \left[ \frac{\text{cilindros}}{\text{hora}} \right] \cdot 15 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{cilindro}} \right]}{529 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right]}$$

$$Q = 14,319 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} \right]$$

Transformando a unidades inglesas resulta:

$$Q_{gpm} = Q \cdot \frac{1000 \left[ \frac{\text{lt}}{\text{m}^3} \right]}{60 \left[ \frac{\text{min}}{\text{hr}} \right]} \cdot 3,785 \left[ \frac{\text{lt}}{\text{galón}} \right]$$

$$Q_{gpm} = 63,095 \left[ \text{gpm} \right]$$

### Análisis del flujo a la entrada de la bomba:

Con el caudal calculado se consigue un diámetro y velocidad recomendada para tubería de entrada de la bomba<sup>1</sup>. Este diámetro recomendado es de 3 ½" para entrada a la bomba. También se sugiere que el diámetro no debería ser menor que el de la entrada de la bomba, por esto y debido a que en el mercado no se encuentra tubería de 3 ½", se tomará un diámetro de 4".

Diámetro nominal de la tubería de entrada: **4"**.

$$\phi_e = 4,026 \text{ [pulg]}$$

$$A_e = \frac{\pi}{4} \cdot (\phi_e \cdot 0,0254)^2$$

$$A_e = 8,213 \times 10^{-3} \text{ [m]}$$

$$v_e = \frac{Q}{3600 \cdot A_e}$$

$$v_e = 0,485 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Para analizar el comportamiento del fluido, se recurre al Número de Reynolds, que indicará si el flujo es laminar o turbulento y permitirá un correcto cálculo de pérdidas de energía.

$$NR_e = \frac{v_e \cdot \phi_e \cdot 0,0254 \cdot \rho}{\mu_{glp}}$$

$$NR_e = 2,045 \times 10^5$$

Esto significa que el flujo es turbulento. Para calcular las pérdidas de energía por fricción y pérdidas menores es necesario hallar el factor de fricción correspondiente a estas condiciones y para ello se determinará la rugosidad relativa D/e, necesaria para ingresar en el diagrama de Moddy o en su fórmula directa.

---

<sup>1</sup> Tomado de las tablas 15.2 y 15.3 del libro Mecánica de Fluidos, Robert L. Mott, pags 439 – 440. Ver anexo 3.11.

La rugosidad para tubería de acero es:

$$\varepsilon = 4,6 \times 10^{-5} [m]$$

La rugosidad relativa para tubería de acero diámetro 4”:

$$\frac{\phi e \cdot 0,0254}{\varepsilon} = 2223,052$$

El factor de fricción se puede hallar en el diagrama de Moody, o mediante una ecuación explícita para el factor de fricción, desarrollada por P. K. Swamee y A. K. Jain, aplicable a valores de rugosidad relativa entre 1000 y  $1 \times 10^6$ , y para números de Reynolds entre de  $5 \times 10^3$  hasta  $1 \times 10^8$ .

$$f_e = \frac{0,25}{\left( \log \left( \frac{1}{3,7 \cdot \frac{\phi e \cdot 0,0254}{\varepsilon} + \frac{5,74}{NR_e^{0,9}}} \right) \right)^2}$$

$$f_e = 0,019$$

#### Análisis del flujo a la salida de la bomba:

Nuevamente se recurre a las tablas para encontrar un diámetro recomendado para tubería de salida de la bomba<sup>1</sup>. Este diámetro es de 2 ½”. Como se demostrará más adelante, las pérdidas en esta tubería son muy considerables por lo que se disminuirán ampliando el diámetro. Ver anexo 3.12.

Diámetro nominal de la tubería de salida: **3”**.

$$\phi s = 3,068 [pu \lg]$$

---

<sup>1</sup> Tomado de las tablas 15.2 y 15.3 del libro Mecánica de Fluidos, Robert L. Mott, pags 439 – 440.

$$A_s = \frac{\pi}{4} \cdot (\phi_s \cdot 0,0254)^2$$

$$A_s = 4,769 \times 10^{-3} [m]$$

$$v_s = \frac{Q}{3600 \cdot A_s}$$

$$v_s = 0,835 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

El Número de Reynolds para la tubería de salida de la bomba:

$$NR_s = \frac{v_s \cdot \phi_s \cdot 0,0254 \cdot \rho}{\mu_{glp}}$$

$$NR_s = 2,683 \times 10^5$$

También el flujo es turbulento. La rugosidad para tubería de acero es:

$$\varepsilon = 4,6 \times 10^{-5} [m]$$

La rugosidad relativa para tubería de acero diámetro 3”:

$$\frac{\phi_s \cdot 0,0254}{\varepsilon} = 1694,07$$

El factor de fricción se puede hallar en el diagrama de Moody, o mediante una ecuación explícita para el factor de fricción, desarrollada por P. K. Swamee y A. K. Jain, aplicable a valores de rugosidad relativa entre 1000 y  $1 \times 10^6$ , y para números de Reynolds entre de  $5 \times 10^3$  hasta  $1 \times 10^8$ .

$$f_s = \frac{0,25}{\left( \log \left( \frac{1}{3,7 \cdot \frac{\phi_s \cdot 0,0254}{\varepsilon} + \frac{5,74}{NR_s^{0,9}}} \right) \right)^2}$$

$$f_s = 0,019$$

### Cálculo de pérdidas a la entrada y salida de la bomba:

Las pérdidas en la tubería estarán dadas por la pérdida de energía por fricción, que está relacionada con la longitud, y por la sumatoria de las pérdidas menores, que tienen que ver con los accesorios y cambios de dirección.

$$he_L = he_f + \sum he_n$$

$$he_f = fe \cdot \frac{Le}{\phi e} \cdot \frac{ve^2}{2 \cdot g}$$

$$he_n = k_n \frac{ve^2}{2 \cdot g}$$

El valor del coeficiente  $k_n$  depende de la fuente de pérdida de energía, entre las más comunes y que serán empleados en este cálculo están:

- Pérdida a la entrada

Se presenta debido al aumento de velocidad que sufre el fluido al salir del recipiente hacia la tubería y depende de la geometría de esta salida. Existen cuatro casos típicos que son: entrada de borde cuadrado ( $k_n = 0,5$ ), entrada chaflanada ( $k_n = 0,25$ ), entrada redondeada y conducto de proyección hacia adentro ( $k_n = 1$ ). En los tanques de almacenamiento se instalará un válvula de exceso de flujo que pro su geometría se puede compara con la entrada de conducto de proyección hacia adentro, por lo que:

$$k_n = 1$$

- Dilatación y contracción gradual

Dependen de la relación entre los diámetros de cambio de sección y del ángulo de cono de dilatación o contracción. Este ángulo es el que permite que las perdidas sean menos que si se utilizara una dilatación o contracción súbita. El coeficiente se halla mediante diagramas<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Figuras 10.5 y 10.10 del libro Mecánica de Fluidos, Robert L. Mott, pags 273 y 277.

- Válvulas y juntas

Presentan resistencia al paso del flujo debido a su geometría, el coeficiente  $k_n$  está dado por:

$$k_n = \left( \frac{Le}{D} \right) \cdot f$$

Donde:

F = factor de fricción

(Le/D) = proporción de longitud equivalente, tabulado:

**Tabla Longitudes Equivalentes adimensionales para válvulas y accesorios.**

Tipo de accesorio	Longitud equivalente $L_e / D$
Válvula de globo completamente abierta	340
Válvula de ángulo completamente abierta	150
Válvula de compuerta completamente abierta	8
Válvula de compuerta $\frac{3}{4}$ abierta	340
Válvula de compuerta $\frac{1}{2}$ " abierta	160
Válvula de compuerta $\frac{1}{4}$ " abierta	900
Válvula de verificación tipo giratorio	100
Válvula de verificación tipo bola	150
Codo estándar 90°	30
Codo estándar 45°	16
Codo de retorno, 180°	50
Tee estándar flujo por tramo	20
Tee estándar flujo por rama	60

*Fuente: Mecánica de Fluidos, Mott, Robert L.*

El cálculo de las pérdidas se llevará a cabo utilizando una hoja electrónica. Para ello se dividirá en segmentos el recorrido de la tubería y en cada tramo se determinan los accesorios, la longitud, diámetro y pérdida de energía por fricción y accesorios. Esta segmentación obedece únicamente a la presencia de cambios de dirección que hay en la línea.

Los diámetros definitivos son de 4" para la entrada a la bomba y de 3" para la salida. Estos valores han sido determinados iterando una y otra vez hasta encontrar las dimensiones que proporcionen menores pérdidas, factibilidad de construcción y funcionalidad del sistema. A continuación se presenta la última iteración con el diseño final.



**ALIMENTACIÓN AL CARRUSEL**

$Q = 14.319 \text{ [m}^3\text{/h]}$

$g = 9.81 \text{ [m/s}^2\text{]}$

$F_e \text{ nom} = 4 \text{ [pulg]}$

$F_e \text{ int} = 4.026 \text{ [pulg]}$

$F_s \text{ nom} = 3 \text{ [pulg]}$

$F_s \text{ int} = 3.068 \text{ [pulg]}$

TRAMO	Accesorio	$\phi_i$ [m]	v [m/s]	$v^2/2g$ [m']	L [m]	f	$h_f$ [m']	$h_n$ [m']	
AB	-Válvula de globo. -Dilatación gradual -Pérdida a la entrada	0.10226	0.484	0.01195	1.5	0.019	0.003	0.095	
BC	-2 T por tramo. -1 Tee por rama. -1 Válvula Check	0.10226	0.484	0.01195	35.344	0.019	0.079	0.057	
CD	-1 Codo 90. -1 Tee por tramo. -1 Filtro.	0.10226	0.484	0.01195	8.806	0.019	0.020	0.012	
DE	-1 Codo 90.	0.10226	0.484	0.01195	1.23	0.019	0.003	0.007	
EF	-1 Válvula de globo. -1 Codo 90.	0.10226	0.484	0.01195	0.8	0.019	0.002	0.084	
							$\Sigma =$	0.106	0.255
							$h_{eL} =$	0.361	
FG	-1 Válvula de globo. -1 Dilatación gradual.	0.07793	0.834	0.03545	0.93	0.019	0.008	0.250	
GH	-1 T por rama. -1 Medidor volumétrico. -1 Válvula Chek -2 Tee por tramo -2 Válvula globo	0.07793	0.834	0.03545	23.248	0.019	0.201	0.560	
HI	-1 Codo.	0.07793	0.834	0.03545	3.3	0.019	0.029	0.020	
IJ	-1 Codo.	0.07793	0.834	0.03545	28.254	0.019	0.244	0.020	
JK	-1 Tee por rama. -2 Válvula de globo. -1 Filtro. -T por tramo.	0.07793	0.834	0.03545	1.406	0.019	0.012	0.513	
							$\Sigma =$	0.494	1.363
							$h_{sL} =$	1.857	

Análisis:

Se consiguió que las pérdidas en la tubería de entrada a la bomba sean muy pequeñas con un diámetro de 4".

Las pérdidas en la tubería de salida de la bomba son grandes con diámetros menores de 2" y 2 ½", por lo que es correcto utilizar un diámetro de 3" que disminuye las pérdidas en gran proporción.

Cálculo de energía suministrada por la bomba:

Ahora se aplicará la ecuación de conservación de la energía para determinar la energía que debe entregar la bomba. El punto A será a la altura correspondiente a 10% de volumen en el tanque y el punto B será en la entrada al carrusel:

$$\frac{P_A}{\gamma} + z_A + \frac{v_A^2}{2 \cdot g} + h_A - h_L = \frac{P_B}{\gamma} + z_B + \frac{v_B^2}{2 \cdot g}$$

$$h_A = z_B - z_A + \frac{v_B^2}{2 \cdot g} - \frac{v_A^2}{2 \cdot g} + \frac{P_B}{\gamma} - \frac{P_A}{\gamma} + h_L$$

$$z_B - z_A = 3,23 [m]$$

Diferencia de altura entre nivel de líquido en el tanque y entrada de la bomba.

$$v_A = 0$$

Velocidad en el nivel de líquido en el tanque.

$$v_B = v_s = 0,835 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Velocidad que llega al carrusel, velocidad de salida.

$$p_A = p_t = 620,64 [kPa]$$

Presión en el tanque al 10%, condición más crítica.

$$p_B = p_c = 2099,832 [kPa]$$

Presión que requiere el carrusel.

$$h_L = 2,218 [m]$$

Pérdidas totales en la tubería. Se utilizará un factor de seguridad de 1,5.

$$h_A = 3,23 [m] + \frac{\left( 0,835 \left[ \frac{m}{s} \right] \right)^2}{2 \cdot 9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right]} + \frac{1,896,552 [kPa]}{5189,49 [N/m^3]} - \frac{620,64 [kPa]}{5189,49 [N/m^3]} + 1,5 \cdot 2,218 [m]$$

$$h_A = 252,458 [m]$$

Expresándolo de otra forma,  $h_A$  es la Presión diferencial que entregará la bomba:

$$PD = h_A \cdot \gamma$$

$$PD = \frac{252,458 [m] \cdot 5189,49 \left[ \frac{N}{m^3} \right]}{1000}$$

$$PD = 1310,126 [kPa]$$

$$PD = 189,968 [psi]$$

Cálculo de la cabeza requerida por la bomba (NPSH):

La cabeza neta de succión positiva o NPSH es una condición indispensable para que la bomba funcione sin cavitación y por tanto aumente su vida útil. Cada fabricante establece el NPSH requerido por cada bomba, la selección debe cumplir con esta condición:

$$NPSH_{disponible} > NPSH_{requerida}$$

Para la bomba seleccionada debemos conseguir una NPSH disponible, en adelante se conocerá como  $NPSH_d$ , mayor a 2,50 m, que se calcula con la siguiente ecuación:

$$NPSH_d = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp}, \text{ donde}$$

$h_{sp}$  = cabeza de presión estática (absoluta) aplicada al fluido, expresada en metros del líquido

$h_s$  = diferencia de elevación desde el nivel del fluido en el depósito hacia la entrada de la bomba, expresada en metros.

$h_{eL}$  = pérdida por fricción en la tubería de succión, expresada en metros.

$h_{vp}$  = presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo en metros del líquido.

$$h_{sp} = P_{abs} / \gamma$$

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{tq}$$

Para una altitud de 950 msnm y 25 °C de temperatura ambiente en la zona, la presión atmosférica será igual a 90,45 [kPa].<sup>1</sup> En el tanque el GLP se encuentra entre 90 y 110 psi a temperatura estándar, así:

$$\begin{aligned}
 P_{atm} &= 90,45 \text{ [kPa]} \\
 P_{tq} &= 620,64 \text{ [kPa]} \\
 P_{abs} &= 90,45 \text{ [kPa]} + 620,64 \text{ [kPa]} \\
 P_{abs} &= 711,09 \text{ [kPa]} \\
 h_{sp} &= \frac{711,09 \times 10^3 \text{ [N / m}^2\text{]}}{5.189,49 \text{ [N / m}^3\text{]}} \\
 h_{sp} &= 137,025 \text{ [m]}
 \end{aligned}$$

Asumiremos ahora una altura del tanque de 2 [m] sobre el nivel del terreno y la entrada a la bomba a 1,23 [m] bajo el nivel del terreno.

$$h_s = 3,23 \text{ [m]}$$

Tomando de la hoja de cálculo anterior donde se calcularon las pérdidas se tiene:

$$h_L = 0,361 \text{ [m]}$$

La presión de vapor para GLP está dada en una gráfica para las diferentes combinaciones porcentuales de butano y propano y para un amplio rango de temperatura del fluido. Haciendo referencia a esta gráfica y nuevamente a condiciones estándar 15,6 °C y a una composición 70% propano - 30% butano se obtiene:

$$\begin{aligned}
 P_{vp} &= 475,048 \text{ [kPa]} \\
 h_{vp} &= \frac{475,048 \times 10^3 \text{ [N / m}^2\text{]}}{5.189,49 \text{ [N / m}^3\text{]}} \\
 h_{vp} &= 91,54 \text{ [m]}
 \end{aligned}$$

---

<sup>1</sup> Tabla E.2 Propiedades de la atmósfera. Mecánica de Fluidos, Robert L Mott.

Con todos los términos calculados, se reemplaza en la ecuación de NPSH y se obtiene:

$$NPSH_d = 137,025 + 3,23 - 1,5 \cdot 0,361 - 91,54$$

$$NPSH_d = 48,174 [m]$$

$$NPSH_d > NPSH_r$$

La presión que llega a la entrada de la bomba es correcta y existe además la posibilidad de reducir la altura entre la salida del tanque y la altura de la bomba.

## ALIMENTACIÓN DE TANQUES

Los tanqueros para transportar GLP tienen capacidades entre 36 y 56 m<sup>3</sup>. Una vez más se utilizará como dato de cálculo aquel que sea más crítico, esto será el de mayor capacidad, así:

$$Q_{LL} = \frac{\text{Capacidad Tanquero}}{\text{Tiempo de llenado}}$$

$$Q_{LL} = \frac{56 [m^3]}{1 [hr]}$$

$$Q_{LL} = 56 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$$

La velocidad de flujo para cualquier fluido se estima conveniente alrededor de 3 [m/s], es decir, se preferirá una velocidad baja que al mismo tiempo provoque las menores pérdidas de energía como se muestra en la siguiente tabla:

**ALIMENTACIÓN A TANQUES**

<b>Q =</b>	<b>56</b>	<b>[m<sup>3</sup>/h]</b>	<b>g =</b>	<b>9.81</b>	<b>[m/s<sup>2</sup>]</b>
<b>m =</b>	<b>1.28E-04</b>	<b>[Kg/ms]</b>	<b>g =</b>	<b>5189.49</b>	<b>[N/m<sup>3</sup>]</b>
<b>r =</b>	<b>529</b>	<b>[Kg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>F e int =</b>	<b>3.068</b>	<b>[pulg]</b>
<b>Fe nom =</b>	<b>3</b>	<b>[pulg]</b>			

$\phi_i$ [pulg]	$\phi_i$ [m]	v [m/s]	NR	Accesorio	v <sup>2</sup> /2g [m']	L [m]	f	h <sub>f</sub> [m']	h <sub>r</sub> [m']	Total [m]	Presión [kPa]	Presión [psi]
<b>2.469</b>	<b>0.0627</b>	5.036	1303192.240	-1 Válvula de globo. -1 Dilatación gradual -1 Pérdida a la entrada -2 Tee por tramo -2 Tee por rama -5 Codo 90° -1 Válvula de ángulo -1 Reduccion 2 1/2 x2	1.29263	76.228	0.019	29.853	21.639	51.491	267.214	38.746
<b>3.068</b>	<b>0.0779</b>	3.262	1048755.424	-1 Válvula de globo. -1 Pérdida a la entrada -2 Tee por tramo -2 Tee por rama -5 Codo 90° -1 Válvula de ángulo -1 Reduccion 3x2	0.54217	76.228	0.018	9.546	8.480	18.026	93.545	13.564
<b>4.026</b>	<b>0.1022</b>	1.894	799200.606	-1 Válvula de globo. -1 Dilatación gradual -1 Pérdida a la entrada -2 Tee por tramo -2 Tee por rama -5 Codo 90° -1 Válvula de ángulo -1 Reducción 4x2	0.18284	76.228	0.017	2.317	2.766	5.083	26.380	3.825

Se puede observar que con el diámetro de 2 ½" se tiene una velocidad alta que genera pérdidas de aproximadamente 30% de la presión en el tanque. La tubería de 3" provee una velocidad razonable y las pérdidas son del 10% aproximadamente, lo que la hace preferible sobre la tubería de 4" que si bien provoca pérdidas casi despreciables sería costosa para un beneficio mínimo. Por tanto la tubería de 3" será la adecuada.

Cuando un tanquero está conectado al terminal de descarga y hay comunicación directa con el tanque empezará a pasar el líquido hasta un punto donde se igualan las presiones y el líquido ya no pueda seguir fluyendo por gravedad, para que esto no suceda se requiere la ayuda de un compresor que aumentará la presión en el recipiente que se está vaciando para que por diferencia de presiones llegue al recipiente que recibe; en otras palabras, el vapor empujará el líquido.

## **RECUPERACIÓN DE VAPOR**

Esta operación se realizará mediante el compresor, el cual provocará la diferencia de presión que hace posible el trasvase. A pesar que el compresor tiene la capacidad de entrega altas presiones, las válvulas de seguridad no permitirán exceder los 250 [psi], que es la presión de diseño de recipientes para GLP.

El cálculo del diámetro de la tubería para el retorno de vapores difiere mucho del método de cálculo para GLP en fase líquida, como es de esperarse, debido al comportamiento especial del flujo de gases.

Para el caso de los gases se aplica también la ecuación de la energía y para el análisis de esta tubería en particular se dividirá en dos secciones, una desde tanques hasta compresores y otra desde compresores hasta la estación de carga – descarga. Se empieza el análisis por esta última ya que es la parte más crítica donde se debe lograr mantener la presión y asegurar la operación de descarga.

$$\frac{p_1}{\gamma_1} + z_1 + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} - h_L = \frac{p_2}{\gamma_2} + z_2 + \frac{v_2^2}{2 \cdot g}$$

Donde:

$p_1$  = presión que debe entregar el compresor.

$z_1$  = altura de la salida del compresor, respecto al nivel del suelo

$v_1$  = velocidad que sale del compresor

$p_2$  = presión que debe llegar al recipiente que se desea vaciar

$z_2$  = altura de la toma de vapor en la isla de descarga, respecto al nivel del suelo

$v_2$  = velocidad que llega a la isla de descarga.

$\gamma_1$  = peso específico del vapor a la salida del compresor

$\gamma_2$  = peso específico del vapor en la toma de descarga.

De manera general, la teoría y la práctica recomiendan una diferencia de presión de 4 a 14 [psi] entre los recipientes a llenar y vaciar, por lo tanto, la presión que se requiere en la isla de descarga es la presión en el recipiente más este diferencial. La presión en el tanque se considerará 110 [psi].

$$p_2 = p_d = 110 \text{ [psi]} + 14 \text{ [psi]}$$

$$p_d = 124 \text{ [psi]}$$

La conexión de salida del compresor es de diámetro 1 ¼" y las conexiones en la estación de descarga también es de ese diámetro, que es la dimensión estándar para tanqueros.

Diámetro nominal de la tubería de descarga y salida del compresor 1 ¼".

$$\phi d = 1,380 \text{ [pulg]}$$

$$Ad = \frac{\pi}{4} \cdot (\phi d \cdot 0,0254)^2$$

$$Ad = 9,649 \times 10^{-4} \text{ [m]}$$



Al caudal se le afectará con un factor de seguridad de 1,3 de modo que el dimensionamiento no esté al límite de la capacidad que se requiere para trabajar:

$$Qd = 56 \left[ \frac{m^3}{hr} \right] \cdot 1,3$$

$$Qd = 72,8 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$$

La velocidad de flujo generalmente se encuentra expresada en las unidades británicas *cfm* o *pie<sup>3</sup> por minuto*.

$$Qd = 72,8 \left[ \frac{m^3}{hr} \right] \cdot \frac{1 [hr]}{3600 [s]} \cdot \frac{2120 [cfm]}{1 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]}$$

$$Qd = 42,871 [cfm]$$

La velocidad en estos dos puntos será:

$$vd = \frac{Qd}{3600 \cdot Ad}$$

$$vd = 20,958 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Al igual que para el diseño de las tuberías de entrada y salida de la bomba, existen tablas que indican tamaños recomendados de tubería para diferentes valores de caudal. Para una velocidad de flujo de 38,45 [cfm] de aire comprimido a 100 [psi] se recomienda<sup>1</sup> un diámetro de 1 ¼". Si se toma en cuenta que el GLP en estado vapor pesa aproximadamente el doble que el aire se puede concluir que ejerce el doble de presión y por tanto se puede considerar que se requiere el doble de área. Por tanto se plantea utilizar tubería cedula 40 de 2 ½".

El peso específico cambia con la variación de presión, sin embargo, se considerará constante ya que lo que se busca es que no exista una gran caída de presión, y su valor será el del vapor a condiciones estándar:

<sup>1</sup> Tabla 18.1 Mecánica de Fluidos. Mott, Robert L. pag 503. Anexo 3.13.

Con estas premisas y mediante una hoja de cálculo se ha determinado las pérdidas en la tubería en la sección más larga y que abarca la mayor cantidad de los accesorios y los tramos de cada extremo de diámetro menor.

<b>RECUPERACIÓN DE VAPOR (IDA)</b>
------------------------------------

<b>Q = 72.8 [m<sup>3</sup>/h]</b>	<b>g = 9.81 [m/s<sup>2</sup>]</b>
<b>m = 7.82E-06 [Kg/ms]</b>	
<b>r = 2.04 [Kg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>g = 20.012 [N/m<sup>3</sup>]</b>
<b>Re nom = 2 1/2 [pulg]</b>	<b>Re int = 2.04 [pulg]</b>

$\phi_i$ [pulg]	$\phi_i$ [m]	v [m/s]	NR	Accesorio	$v^2/2g$ [m']	L [m]	f	$h_f$ [m']	$h_n$ [m']	
1.38	0.03505	20.956	1.916E+05	-1 Válvula de globo.	22.38349	1	0.021	13.410	159.818	
2.469	0.06271	6.547	1.071E+05	-2 Válvula de globo. -1 Dilatación gradual -1 Tee por tramo -2 Tee por rama -2 Codo 90° -1 Reducción 2 1/2 x 1 1/4	2.18454	29.2	0.021	21.360	42.664	
1.38	0.03505	20.956	1.916E+05	-1 Válvula de globo. -1 Válvula angular	22.38349	1	0.021	13.410	230.326	
								<b>s =</b>	48.181	432.808
								<b>S total=</b>	480.989	

Expresado en presión:

$$Pd = h_L \cdot \gamma_v$$

$$Pd = 480,989 [m] \cdot 20,012 \left[ \frac{N}{m^3} \right] \cdot 0,001$$

$$Pd = 9,626 [kPa]$$

$$Pd = 9,626 [kPa] \cdot 0,145 \left[ \frac{psi}{kPa} \right]$$

$$Pd = 1.396 [psi]$$

A pesar que es un diámetro pequeño no genera pérdidas mayores, en realidad, son casi tan bajas como las que entregan diámetros de 3" y 4" que también se probaron.

Para determinar la presión que debe entregar el compresor se empleará la ecuación de la energía:

$$\frac{P_1}{\gamma_v} = \frac{P_2}{\gamma_v} + z_2 - z_1 + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + -\frac{v_1^2}{2 \cdot g} + h_L$$

$$\frac{P_1}{\gamma_v} = \frac{124 [psi] \cdot \frac{6896 [Pa]}{[psi]}}{20,012 \left[ \frac{N}{m^3} \right]} + 2,05[m] + 480,989[m]$$

$$P_1 = 43.212,601 [m] \cdot 20,012 \left[ \frac{N}{m^3} \right] \cdot 0,001$$

$$P_1 = 864,770 [kPa]$$

$$P_1 = 125,392 [psi]$$

Esta es la presión que deberá entregar el compresor al empezar a vaciar un recipiente lleno, sin embargo, conforme disminuya el contenido del envase también disminuirá la presión y por tanto el compresor no necesitará entregar sino una presión mayor de 20 psi aproximadamente con respecto a la presión en el recipiente que se está vaciando.

Para trabajar en sentido contrario, se calculará nuevamente tomando en cuenta el trayecto desde los compresores a los tanques estacionarios

<b>RECUPERACIÓN DE VAPOR (REGRESO)</b>
--

<b>Q = 72.8 [m<sup>3</sup>/h]</b>	<b>g = 9.81 [m/s<sup>2</sup>]</b>
<b>m = 7.82E-06 [Kg/ms]</b>	
<b>r = 2.04 [Kg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>g = 20.012 [N/m<sup>3</sup>]</b>
<b>Fe nom = 2 1/2 [pulg]</b>	<b>Fe int = 2.04 [pulg]</b>

$\phi_i$ [pulg]	$\phi_i$ [m]	v [m/s]	NR	Accesorio	$v^2/2g$ [m']	L [m]	f	$h_f$ [m']	$h_n$ [m']	
1.38	0.03505	20.956	1.916E+05	-1 Válvula de globo.	22.38349	1	0.021	13.410	159.818	
2.469	0.06271	6.547	1.071E+05	-2 Válvula de globo. -1 Dilatación gradual -4 Tee por tramo -2 Tee por rama -2 Codo 90° -1 Reducción 2 1/2 x 2	2.18454	47.04	0.021	34.411	45.089	
2.067	0.0525	9.341	1.279E+05	-1 Válvula de globo.	4.44715	1	0.021	1.779	31.753	
								<b>s =</b>	49.600	236.660
								<b>s total=</b>	286.259	

Expresado en presión:

$$Pd = h_L \cdot \gamma_v$$

$$Pd = 286,259 [m] \cdot 20,012 \left[ \frac{N}{m^3} \right] \cdot 0,001$$

$$Pd = 5,728 [kPa]$$

$$Pd = 5,728 [kPa] \cdot 0,145 \frac{[psi]}{[kPa]}$$

$$Pd = 0,830 [psi]$$

La presión del compresor será:

$$\frac{p_1}{\gamma_v} = \frac{p_2}{\gamma_v} + z_2 - z_1 + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + -\frac{v_1^2}{2 \cdot g} + h_L$$

$$\frac{p_1}{\gamma_v} = \frac{124 [psi] \cdot \frac{6896 [Pa]}{[psi]}}{20,012 \left[ \frac{N}{m^3} \right]} + 1,5 [m] + \frac{\frac{Qd}{3600 \cdot \frac{\pi}{4} (\phi_2 \cdot 0,0254)^2}}{2 \cdot 9,81}} - \frac{\frac{Qd}{3600 \cdot \frac{\pi}{4} (\phi_1 \cdot 0,0254)^2}}{2 \cdot 9,81}} + 286,259 [m]$$

$$p_1 = 43.218,115 [m] \cdot 20,012 \left[ \frac{N}{m^3} \right] \cdot 0,001$$

$$p_1 = 864,880 [kPa]$$

$$p_1 = 125,408 [psi]$$

Finalmente, para llegar desde los compresores al tanque de la evacuadora se repite el proceso de cálculo cambiando el caudal a circular, sabiendo que el tanque tiene una capacidad de 2 m<sup>3</sup> y es posible evacuarlo en muy poco tiempo, aproximadamente 15 minutos.

$$Qd = \frac{2}{0,25} \left[ \frac{m^3}{hr} \right] \cdot 1,3$$

$$Qd = 10,4 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$$

La velocidad de flujo generalmente se encuentra expresada en las unidades británicas *cfm* o  $\text{pie}^3$  por minuto.

$$Qd = 10,4 \left[ \frac{m^3}{hr} \right] \cdot \frac{1 [hr]}{3600 [s]} \cdot \frac{2120 [cfm]}{1 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]}$$

$$Qd = 6,124 [cfm]$$

Nuevamente haciendo referencia a la tabla de diámetros recomendados y la consideración de emplear el doble como corrección para GLP vapor se determina una tubería cedula 40 tamaño 1 ¼".

<b>RECUPERACIÓN DE VAPOR – TANQUE DE EVACUADORA</b>
---

<b>Q = 6.124 [m<sup>3</sup>/h]</b>	<b>g = 9.81 [m/s<sup>2</sup>]</b>
------------------------------------	-----------------------------------

$$m = 7.82E-06 [Kg/ms]$$

$$r = 2.04 [Kg/m^3]$$

$$g = 20.012 [N/m^3]$$

<b>re nom = 1 1/4 [pulg]</b>	<b>re int = 2.04 [pulg]</b>
------------------------------	-----------------------------

$\phi_i$ [pulg]	$\phi_i$ [m]	v [m/s]	NR	Accesorio	$v^2/2g$ [m']	L [m]	f	$h_f$ [m']	$h_n$ [m']
1.38	0.03505	1.763	1.612E+04	-3 Válvula de globo. -2 Tee por tramo -1 Tee por rama -9 Codo 90°	15.839	28.82	0.029	3.777	6.385
<b>s total=</b>								10.162	

Expresado en presión:

$$Pd = h_L \cdot \gamma_v$$

$$Pd = 10,162 [m] \cdot 20,012 \left[ \frac{N}{m^3} \right] \cdot 0,001$$

$$Pd = 0,203 [kPa]$$

$$Pd = 0,203 [kPa] \cdot 0,145 \frac{[psi]}{[kPa]}$$

$$Pd = 0,029 [psi]$$

Y la presión que proveerá el compresor será:

$$\frac{p_1}{\gamma_v} = \frac{p_2}{\gamma_v} + z_2 - z_1 + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + -\frac{v_1^2}{2 \cdot g} + h_L$$

$$\frac{p_1}{\gamma_v} = \frac{124 [psi] \cdot \frac{6896 [Pa]}{[psi]}}{20,012 \left[ \frac{N}{m^3} \right]} + 2,925[m] + 10,162[m]$$

$$p_1 = 43.742,649 [m] \cdot 20,012 \left[ \frac{N}{m^3} \right] \cdot 0,001$$

$$p_1 = 855,366 [kPa]$$

$$p_1 = 124,028 [psi]$$

## RETORNO DE LÍQUIDO

La presión de funcionamiento de la válvula diferencial es de 2,1 [Mpa] y el caudal de descarga puede llegar máximo a 600 [lt/min]. Hay que tomar en cuenta que el caudal que pasa por la válvula diferencial es de 14,319 m<sup>3</sup>/hr, por tanto el caudal de retorno será menor o igual a este valor.

Si el diámetro de salida de la válvula diferencial es 2", es decir, el diámetro recomendado por el fabricante.

$$v_{RL} = \frac{Q_{RL}}{3.600 \cdot A_{RL}}$$

$$v_{RL} = \frac{14,319 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]}{3.600 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (0,0254 \cdot 2)^2}$$

$$v_{RL} = 1,96 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Una velocidad razonable para una línea de estas características está entre 0,6 a 2,6 [m/s], por lo que se concluye que el diámetro es adecuado.

Esta tubería se une con una línea de líquido que sale del tanque 4 para trasladar el GLP evacuado de los cilindros a los tanques estacionarios. La salida de la evacuadora Kosan Crisplant presenta un diámetro de 1" y un caudal entre 4 y 6 [lt/min].

$$Q_E = 6 \left[ \frac{lt}{min} \right]$$

$$Q_E = 6 \left[ \frac{lt}{min} \right] \cdot \frac{60 [min]}{[hr]} \cdot \frac{[m^3]}{1000 [lt]}$$

$$Q_E = 0,36 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$$

Se conservará el diámetro de la evacuadora en toda la tubería hasta llegar al tanque de pequeña capacidad.

Para ayudar a la salida del líquido desde el tanque pequeño se empleará una tubería de vapor proveniente de los compresores. Es decir, la transferencia se hará por diferencia de presiones. Los caudales de esta tubería y la de retorno de líquido de la válvula diferencial se sumarán. El caudal con que sale el líquido del tanque se considerará el doble del caudal con que ingresa, es decir,

$$Q_{Tq4} = 0,72 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$$

$$Q_{RL+Tq4} = Q_{RL} + Q_{Tq4}$$

$$Q_{RL+Tq4} = 14,319 \left[ \frac{m^3}{hr} \right] + 0,72 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$$

$$Q_{RL+Tq4} = 15,04 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]$$

La velocidad con el mismo diámetro de 2" será:

$$v_{RL} = \frac{Q_{RL}}{3.600 \cdot A_{RL}}$$

$$v_{RL} = \frac{15,04 \left[ \frac{m^3}{hr} \right]}{3.600 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (0,0254 \cdot 2)^2}$$

$$v_{RL} = 2,06 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Por lo tanto se mantendrá en toda la longitud la tubería de diámetro 2".

### 3.3.2. Diseño de tubería de agua contra incendios.

El diseño de la tubería de agua para combatir un incendio deberá considerar un sistema de agua a presión por red como lo establece la NTE INEN 1536, el mismo que tomará en cuenta una cantidad suficiente de hidrantes o monitores para combatir el flagelo desde cualquier ángulo. Así también, si se tienen, otros equipos contra incendio como es el caso de sistemas de agua pulverizada y cualquier otro sistema que garantice la seguridad de la Planta y de terceros.

Dentro del sistema de agua, que involucra un conjunto de equipos e instalaciones que deberán ser alimentados por la tubería de incendios se podrán considerar:

- Bocas de agua, que son puntos de conexión para las mangueras del sistema contra incendio.
- Conexión siamesa, es un accesorio con dos bocas de agua de 2.5 pulgadas de diámetro provistas de rosca normalizada hembra NST en donde se conectan mangueras contra incendio.
- Hidrantes, son otros implementos de suministro de agua los cuales están conectados a la red del sistema de tubería de agua para combatir



incendios, los mismos que pueden situarse en lugares estratégicos de dominio público o privado.

- Monitores, es un dispositivo de carácter fijo, móvil o portátil cuya función radica en lanzar un chorro de agua de forma directa o como neblina.
- Pitón o boquilla, es un accesorio que suele ubicarse en las mangueras para dirigir o regular el chorro de agua.
- Sistema de agua pulverizada, permite aplicar agua con determinadas características como tamaño de las gotas, velocidad y densidad.

El diseño de la tubería se basará en la distribución de los equipos a utilizarse para el combate del fuego y su prevención, para lo cual se recomienda un análisis de riesgos, en donde se considerará el nivel de riesgo propio de la instalación, los aspectos críticos y operacionales determinados por la empresa, el riesgo de daños a terceros y la ubicación geográfica.

La configuración del sistema de tubería de agua para combatir incendios deberá formar lazos cerrados alrededor de las diferentes secciones de una instalación. Otros puntos a considerar será la rapidez de accionamiento del sistema, la efectividad y la disponibilidad de personal para el combate del incendio.

Este diseño dependerá de la forma en que se dispongan las instalaciones de tal forma que las tomas de agua se ubiquen a una distancia no mayor de cincuenta metros una de otra, cubriendo así el área de almacenamiento y de envasado de GLP. Estas tomas deberán estar provistas de sus mangueras correspondientes con todos los accesorios que permitan su buen funcionamiento. Las mangueras tendrán una longitud aproximada de diez a veinte metros.

Un factor primordial para la instalación del sistema de agua es la reserva mínima de la misma, que dependerá de la capacidad de almacenamiento de GLP en la Planta, para lo cual, se establece una tabla en la NTE INEN 1536. Para estas instalaciones se tendrá una reserva mínima de 250 m<sup>3</sup> de conformidad a la norma mencionada, esto siempre que no exista una fuente natural de alimentación.

La selección de esta reserva mínima toma en cuenta futuras ampliaciones, como lo determina la NTE INEN pertinente, de acuerdo a la proyección realizada con anterioridad de la capacidad, en cuatro años, de almacenamiento para cumplir con la demanda proyectada.

El caudal requerido para enfrentar un incendio estará basado en tasas mínimas de aplicación, además de las distancias entre equipos, el nivel de riesgo presente y el tipo de materiales o productos presentes. Así para la aplicación de monitores, hidrantes y mangueras en carretes o gabinetes se tendrá una tasa de aplicación de  $0,48 \text{ m}^3/\text{hr}$  por metro cuadrado de la proyección del área de los equipos. Sin embargo, nunca deberá ser menor de  $227 \text{ m}^3/\text{hr}$  como requerimiento total del sistema.

Se considerará adicionalmente el consumo de agua de los sistemas de rociadores automáticos que se hayan ubicado en áreas como oficinas, depósitos y bodegas.

En el Reglamento de Prevención de Incendios emitido por el Cuerpo de Bomberos artículo 231 manifiesta que la mínima presión de descarga necesaria será de  $5 \text{ Kg/cm}^2$  en el punto más desfavorable de la instalación del sistema de agua contra incendios, en lo que a plantas de envasado de GLP se refiere, la misma que deberá ser comprobada por el respectivo análisis hidráulico.

Determina además que el diámetro mínimo en la red será de  $63,5 \text{ [mm]}$  (2,5 pulg.) y que la tubería será de hierro galvanizado sin costura. Las tomas de agua o salidas de agua para incendios serán ubicadas a una distancia no mayor a 30 metros y provistas de un diámetro de salida de  $63,5 \text{ [mm]}$  (2,5 pulg.) con rosca NST en donde se encontrará además un tramo de manguera de incendios de 15 metros de largo con boquilla regulable.

La ubicación de las tuberías principales de la red de agua contra incendios estarán a nivel del terreno, con los debidos soportes y anclados de acuerdo a normas, cuidando siempre de prestar la protección adecuada contra la corrosión tanto de la parte externa como interna. No se instalarán conexiones de ningún tipo que no sean para otro motivo que el combate de incendios.

En la zona de tanques se dispondrá un sistema de pulverización de agua de tal forma que enfríe uniformemente toda la superficie del tanque; la tasa de aplicación para este sistema será de 0,6 [m<sup>3</sup>/hr] por cada metro cuadrado de la superficie del tanque. La activación podrá realizarse de manera automática o manual.

Para la selección, instalación, operación y mantenimiento de las bombas contra incendios se aplicará lo que dice la norma NFPA 20, a menos que el Cuerpo de Bomberos especifique lo contrario; se señalará que de ninguna forma se utilizarán bombas reciprocantes para las instalaciones del sistema de agua contra incendio.

El sistema de bombas contará con una bomba principal y una bomba de presurización Jockey que mantendrá la tubería presurizada para disminuir el tiempo de respuesta en el momento que se presente una emergencia de incendio y además permitirá identificar la existencia de fugas y obstrucciones en la línea.

El sistema de bombeo deberá estar provisto de sus bombas con sus motores de accionamiento, manómetros en la succión y en la descarga de cada bomba, válvulas de alivio de recirculación, tubería de descarga, succión y sus respectivos accesorios, válvulas de alivio y medidores de flujo con una capacidad no menor al ciento setenta y cinco por ciento (175%) de la capacidad nominal de la bomba contra incendio.

Los hidrantes serán distribuidos dependiendo de la demanda de agua establecida para cada área, suponiéndose que un hidrante exterior obtendrá un flujo de 42 [m<sup>3</sup>/hr] por cada boca de descarga con una presión de 7 [Kg/cm<sup>2</sup>]. Su ubicación será de modo que cubra el área protegida desde dos direcciones opuestas para poder combatir el incendio desde cualquier ángulo y sin perjuicio de la dirección del viento.

Los monitores permiten aplicar agua para contrarrestar el incendio de manera rápida en cuanto a su operación ya que no se necesita conectar ninguna manguera y además no necesitan de cuidados constantes. Por esto son recomendados como dispositivos básicos para plantas o industrias donde se tiene poco personal.

Su ubicación estratégica permitirá combatir de manera más efectiva el flagelo y el enfriar los equipos, deberán estar a una distancia no menor de 15 metros de las áreas que protegen. Para cumplir con estas aplicaciones los monitores deberán contar con boquillas del tipo chorro – niebla con una capacidad mínima de 113 [m<sup>3</sup>/hr] a una presión de 7 [Kg/cm<sup>2</sup>]. Aspectos importantes a tomarse en cuenta en su distribución son el alcance del chorro de descarga, la velocidad y dirección del viento.

Equipos indispensables son los gabinetes de mangueras que deberán ser instalados en el interior del área administrativa así como en las bodegas y almacenes, estos podrán contar en su interior con un extintor portátil. Deberá verificarse que su ubicación no impida el escape en las vías destinadas para ese fin.

El sistema de agua pulverizada es idóneo para proteger equipos, estructuras, tanques y recipientes de líquidos y gases inflamables así como para equipos eléctricos y equipos rotativos, ya que puede desempeñarse de manera efectiva en los casos siguientes:

- Extinción del incendio.
- Control de la intensidad del incendio.
- Protección de equipos frente a incendios externos.
- Prevención de incendios mediante la dispersión de nubes de gas.

Este sistema de agua pulverizada consiste principalmente en un conjunto de tuberías conectadas a un suministro de agua y que por medio de boquillas distribuidas de manera suficiente permitirán generar una neblina de agua que caerá sobre el equipo protegido. Su conexión con la red de alimentación se la realiza por medio de una válvula automática o manual en dos lugares diferentes y preferiblemente opuestos en el anillo de agua contra incendios.

### **3.4. Cálculo de potencia de bombas, moto-reductores y compresores.**

Los equipos seleccionados cuentan con su correspondiente motor, tanto para el caso de las bombas de GLP, compresores de GLP, transportador de cadena, admisión y expulsión neumática y bomba de evacuación.

Los sistemas neumáticos de los equipos de envasado cuentan con su propio compresor de aire, el cual debe entrega de 0,5 MPa a 1 MPa.

Esta es una lista de los motores y sus requerimientos:

<b>No.</b>	<b>Aplicación</b>	<b>Descripción</b>
2	Motor para bomba Corken	40 HP; 3 fases; 1750 rpm
2	Motor para compresor	20 HP; 3 fases; 725 rpm
1	Compresor para equipos de plataforma de envasado	12 VAC; 0,5 – 1 MPa

Será necesario que el diseño de las instalaciones eléctricas contemple además de la energía requerida por los motores antes mencionados, también la energía de corriente directa para otros equipos.

## **CAPITULO IV. Diseño de distribución de planta.**

### ***4.1 Flujo del proceso***

El proceso de producción de cilindros envasados con 15 Kg. de GLP sigue dos sub-procesos claramente definidos, uno de manejo a granel y otro del envasado propiamente dicho que se describe a continuación. El sub-proceso de mantenimiento es parte del proceso de envasado y se ha detallado con otro diagrama de flujo.

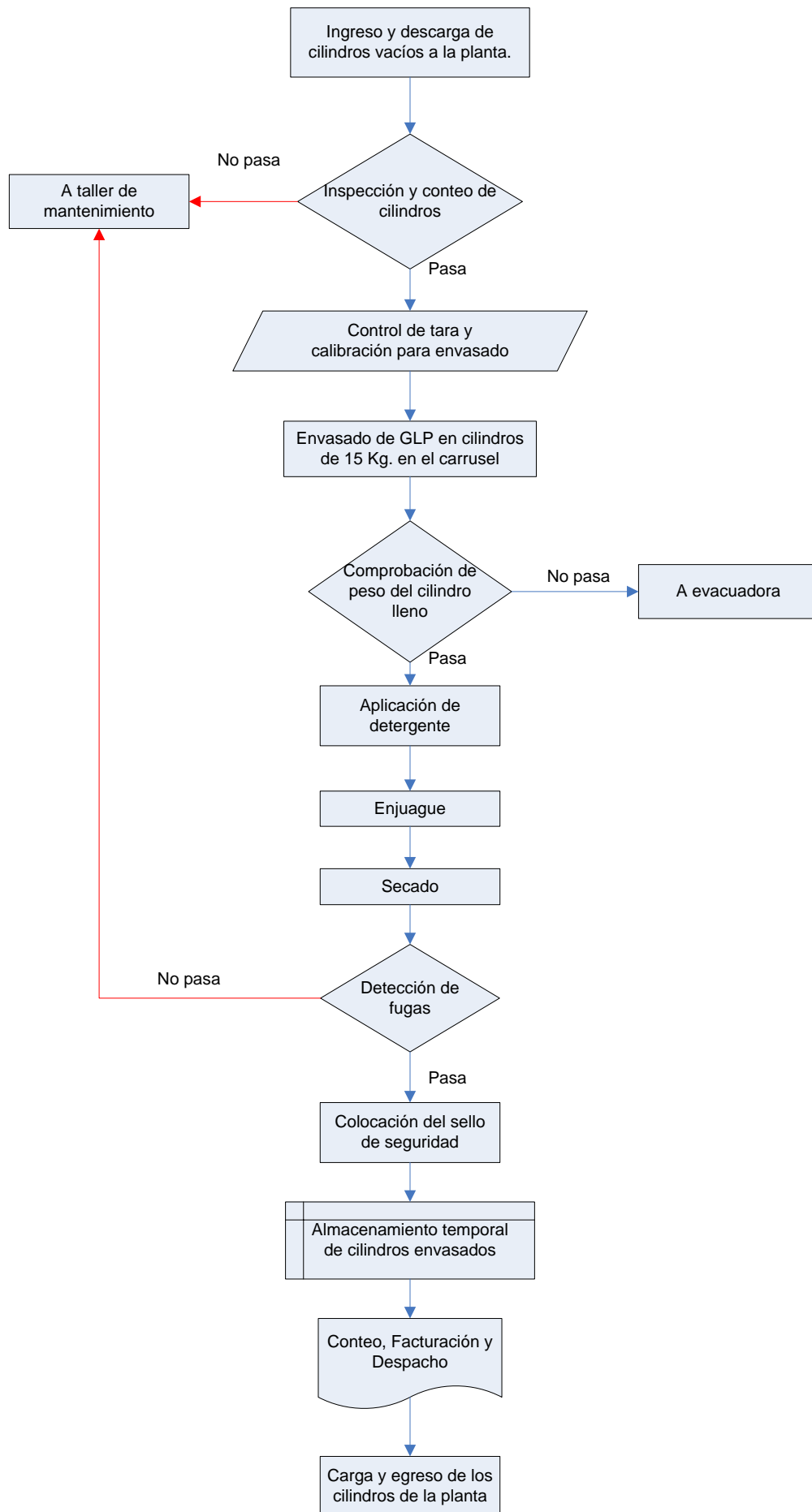
Al ser esta una planta moderna y semi-automática, la mano de obra directa estará concentrada en 7 personas, las cuales se distribuyen: 3 en el taller de mantenimiento, 2 en la plataforma de envasado, 1 para inspección y un jefe de planta.

El encargado de la inspección deberá llevar un balance de los cilindros que entran y salen, los que se reparan, la cantidad de GLP que se almacenó en los tanques fijos, la cantidad que retornó a los tanques durante el proceso.

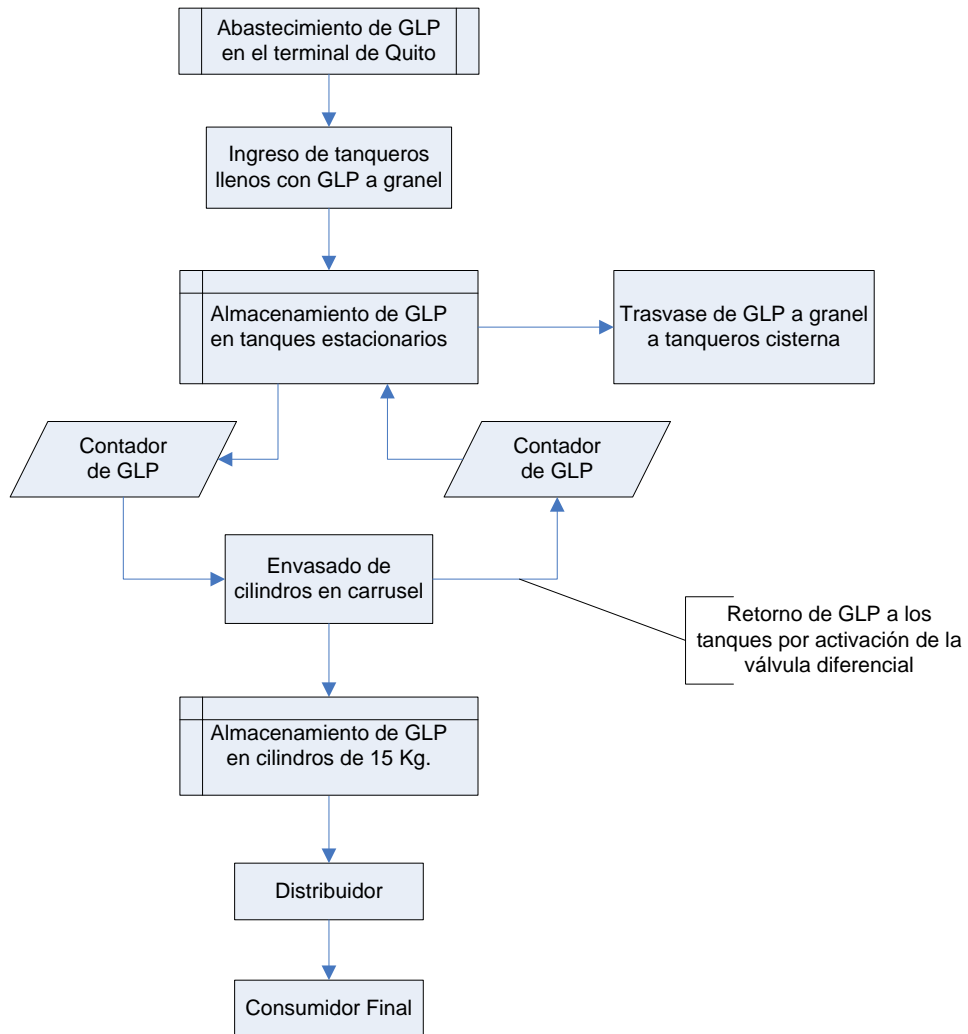
En las oficinas se lleva a cabo la actividad que tiene que ver exclusivamente con la facturación y cobro que estará a cargo de otro grupo de empleados.

#### ***4.1.1 Flujo de Envasado***

El proceso de envasado inicia en los terminales de derivados, para este caso, dicho terminal será el de Quito.

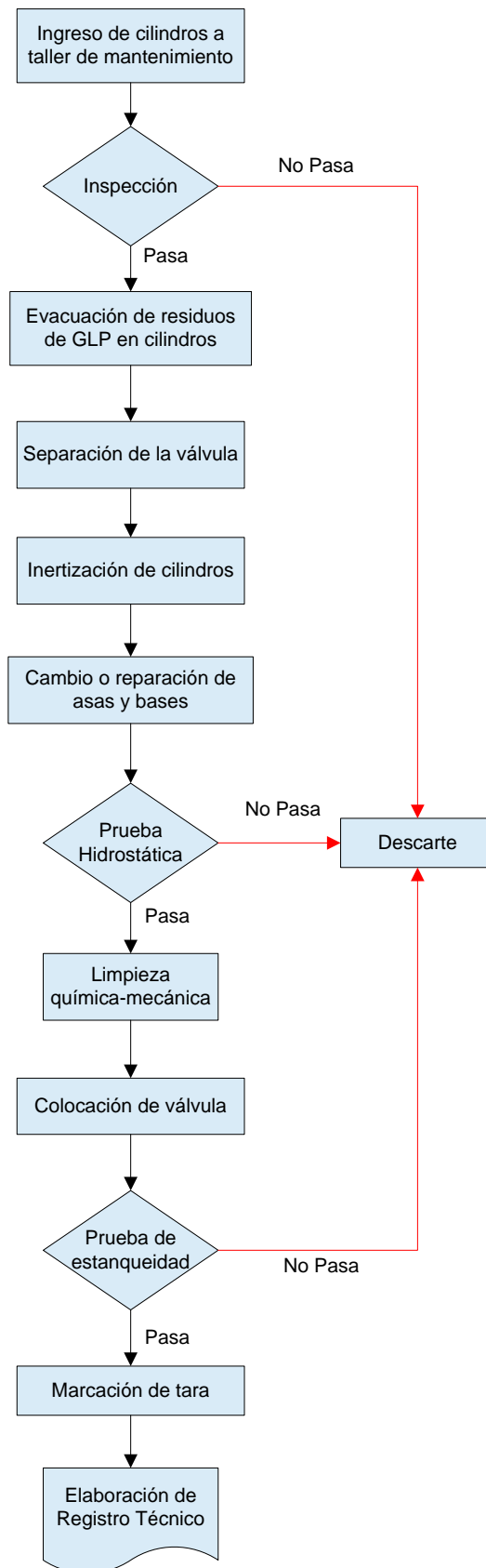


#### 4.1.2 Flujo de Manejo de GLP a granel





### 4.1.3 Flujo de Taller



## **4.2 Diseño de distribución general de planta.**

### **4.2.1 Áreas de la planta.**

#### **Área de Tanques.** 31,00 m. x 30,00 m.

Contiene el espacio físico para tres tanques estacionarios de 30.000 galones y la separación entre ellos, tomando en cuenta que se recomienda una distancia de 8 metros entre tanques y hierba.

#### **Oficinas.**

Se distribuirá en dos plantas la oficina del jefe de planta, una sala de reuniones, secretaría, contabilidad, ventas, despacho, recepción, caja y una bodega. Las actividades en esta área serán venta de cilindros y reguladores domésticos; se recibirá el contenido de GLP de los tanqueros cisternas y el despacho de cilindros y gas a granel; trámites de pagos y cobros; y cualquier función administrativa aplicable. En la misma edificación pero independiente de las oficinas, se instalará el consultorio médico en la planta baja y una suite en la planta alta, la misma que se destinará para recibir visitas que viajen al sitio para realizar trabajos en la planta.

#### **Estación Carga Descarga.** 17 m. x 9 m.

Constituye el espacio que contiene la tubería de carga descarga que se comunica con los tanques y un espacio holgado para que se estacionen los tanqueros a lo largo de esta isla en ambos lados.

#### **Estación de Bombas y Compresores.** 6 m. x 6 m.

En este espacio se colocarán las bombas y compresores que operan el sistema de transporte del GLP desde el tanque a la plataforma y de la estación carga descarga a los tanques, además se debe incluir un espacio para registro y control; además de un extintor.

#### **Plataforma de Envasado.** 29 m. x 10 m.

Es la zona donde se ubicará el carrusel de envasado y se descargarán los cilindros vacíos de los camiones y de la misma forma se acumularán para cargar en los camiones. Dentro de esta zona estará una central de control de la maquinaria.

**Taller de Mantenimiento.** 14 m. x 5 m.

Los cilindros que deban ser reparados serán llevados a esta zona. En su interior se ubicarán zonas de soldadura, pintura, enderezado, bodega; en el exterior se cuenta con un espacio para retirar las válvulas ya que debe ser al aire libre y separado del resto de áreas de la planta. Además se tomará en cuenta al momento de distribuir la planta que tenga un patio donde se realizarán trabajos de inertización y despacho de los cilindros.

**Generadores y Transformadores.** 9 m. x 5 m.

Este espacio contiene el generador eléctrico y el transformador, que por seguridad estará alejado de todas las instalaciones de riesgo de la planta.

**Piscina o Reservoirio.** 12 m. x 9 m.

Según norma la cantidad que debe contener esta piscina es de 250 m<sup>3</sup>, de acuerdo a la capacidad de GLP almacenada, esto significa que se construirá una piscina de 2,3 m. de profundidad. Anexo a esta zona se ubicarán los equipos de bombeo y distribución del agua contra incendios.

**Duchas y Vestidores.** 12 m. x 5 m.

Contarán con duchas, baños, casilleros y vestidores para uso de los trabajadores de taller y planta de envasado. Es importante tener en cuenta de no ubicar cerca de bodegas o lugares donde haya herramientas y materiales que sean susceptibles de plagio.

**Comedor.** 12 m. x 5 m.

Es el espacio conformado por una cocina y un área con mesas y sillas donde los empleados recibirán los alimentos.

#### 4.2.2 Matriz de cercanía.

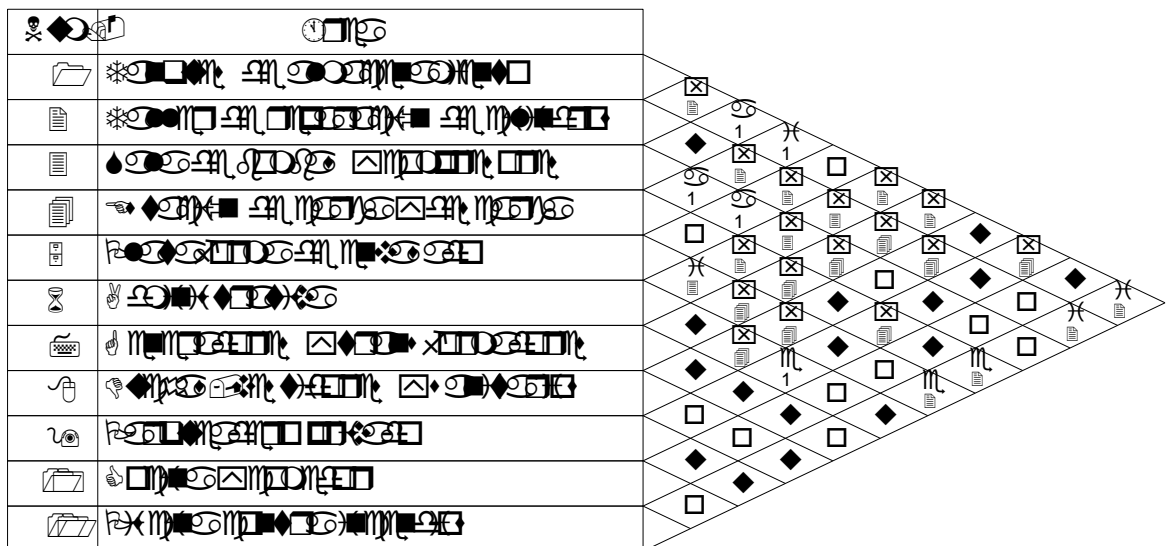
Haciendo el análisis de cercanía de las áreas antes descritas se obtiene la siguiente matriz, donde se indica el grado y la razón de cercanía :

Grado de cercanía:

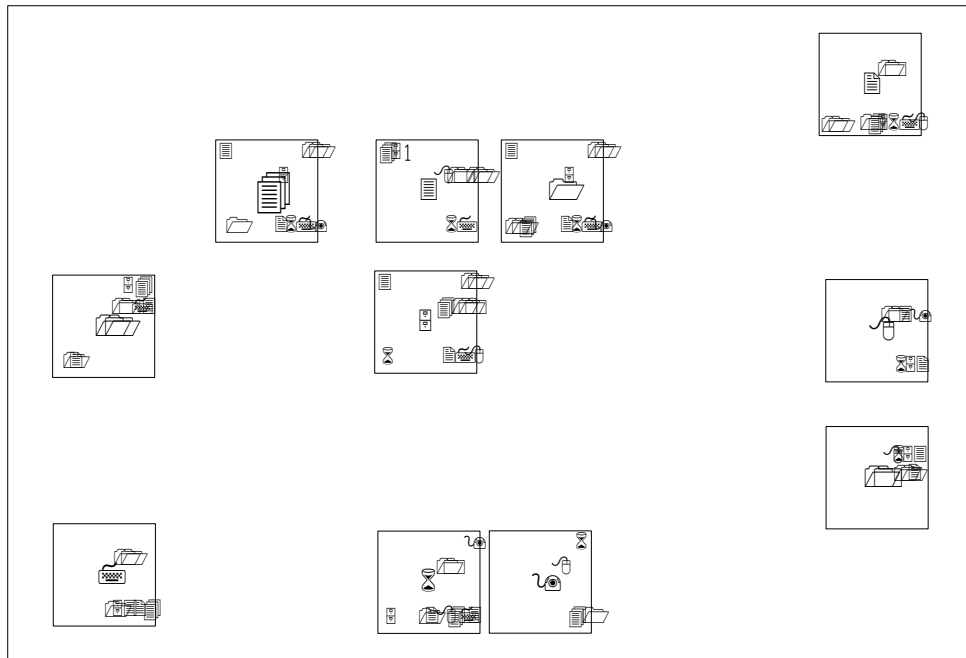
- A: Absolutamente importante que esté cerca
- E: Especialmente importante que esté cerca
- I: Importante que este cerca
- O: Cercanía ordinaria
- U: Indiferente que esté cerca.
- X : Cercanía indeseable

Razón de cercanía:

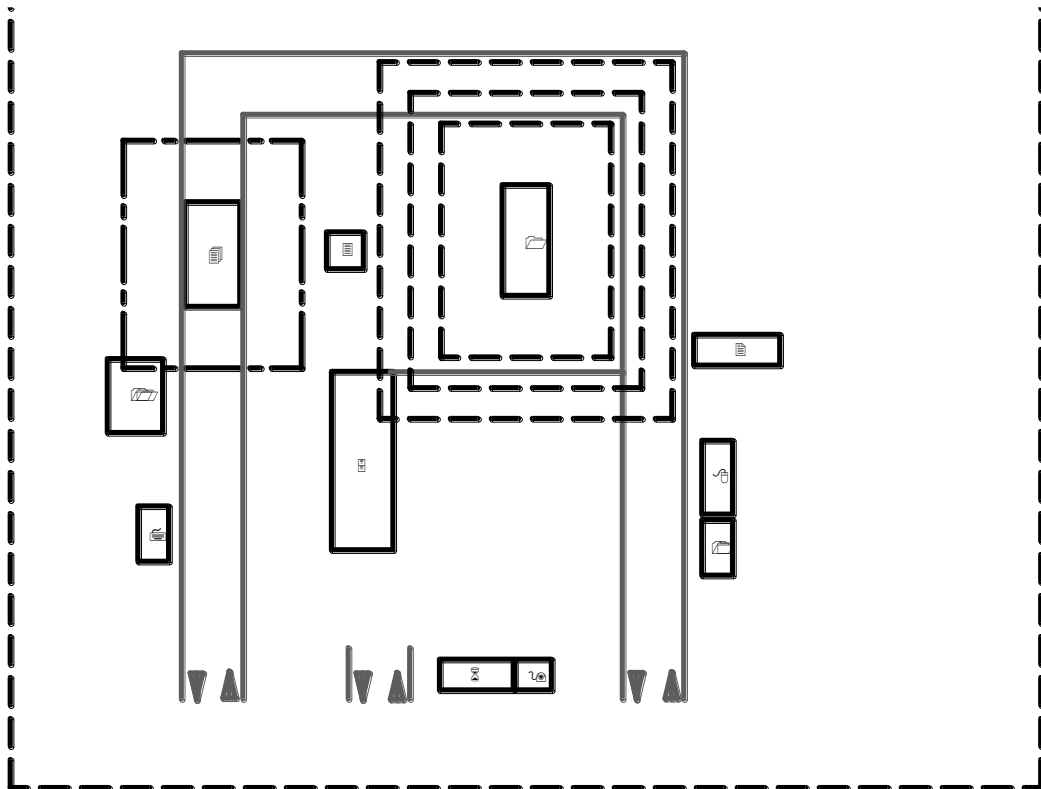
- 1: Secuencia de proceso.
- 2: Distancias mínimas de seguridad.
- 3: Ruido.
- 4: No condiciones adecuadas.

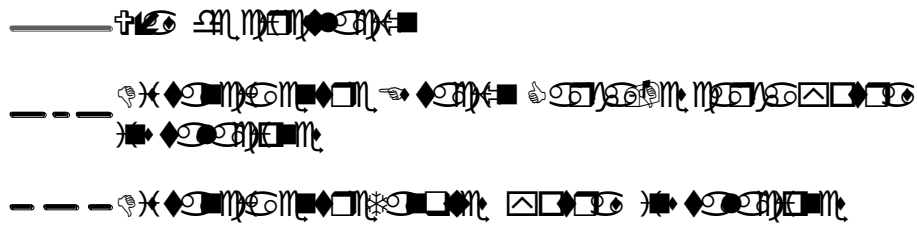


Esquemáticamente la distribución se hará así:



Ubicando las áreas con dimensiones reales y distancias normadas tendremos:





### **4.3 Diseño de distribución de maquinaria y equipo.**

Una vez realizada la distribución en planta de todas sus instalaciones, se procede a realizar una distribución de la maquinaria y equipo con que se trabajará en estas zonas.

#### Tanques estacionarios

Los tanques de almacenamiento se han ubicado con sus cabezas orientadas hacia la entrada por dos razones:

- Reducción de espacio para cumplir distancias reglamentarias.
- Menor impacto visual fuera de los límites de la planta.

#### Bombas y Compresores

La ubicación de las bombas atienden a la necesidad de encontrarse cerca una de otra y alineadas de tal manera que la tubería que las comunica tenga el recorrido más directo posible hacia el carrusel de envasado.

Con los compresores se han aplicado las mismas observaciones.

#### Plataforma de envasado

En la plataforma de envasado la distribución se ha realizado siguiendo el flujo del proceso descrito en la sección 4.1.1, y tomando en cuenta el espacio necesario para descargar o almacenar los cilindros. La estructura y la cubierta se hará de material no inflamable y a 3 metros de alto aproximadamente.

El manifold de la evacuadora ha sido colocado en esta plataforma principalmente porque es una operación similar a la de envasado y está cercano a las redes de tubería, ya que el producto evacuado se almacena en un pequeño tanque estacionario cuya salida se conecta con la tubería de retorno de líquido al tanque y recibe también vapor de una derivación de la tubería que sale de los compresores.

### Estación de carga y descarga

Esta estación es la de mayor riesgo debido a que involucra grandes camiones, sus conductores, y conexiones temporales para el trasvase de GLP. Se ha diseñado de manera que sea posible estacionar dos tanqueros, uno a cada extremo sin necesidad de hacer maniobras para estacionarlos.

Para proteger las tuberías y conectores es indispensable en primer lugar la construcción de un soporte de hormigón donde se apoyen las tuberías y válvulas angulares, además que preste la facilidad de albergar las mangueras con sus conectores. Sobre el manifold también se colocará a manera de techo una protección que no interfiera en la proyección vertical de los tanqueros.

### Accesos y zonas de circulación

Existen dos accesos principales, cada uno de más de diez metros de ancho y de doble circulación, es decir entrada y salida. Además, según lo exige el reglamento, se dispone de una salida de emergencia que ha sido ubicada entre los dos accesos principales y con un amplio espacio para maniobrar.

Para las personas que requieran ingresar con una razón justificada y autorización del administrador se ha ubicado un parqueadero exterior.

Las zonas de circulación en el interior de la planta estarán señalizadas con colores distintivos, brindarán seguridad y comodidad para que el personal pueda trasladarse de una instalación a otra sin complicaciones utilizando senderos y en lo posible rodeado de jardines que cumplan con dos objetivos: aliviar la tensión que el riesgo genera y eliminar la posibilidad de salir del sendero.

### Taller de Mantenimiento de cilindros

En el taller se han dispuesto las máquinas necesarias para la reparación de los cilindros como son: soldadoras, prensas y cabinas de pintura. La distribución obedece al flujo del proceso de reparación como se explica en la sección 4.1.3 y además se ha visto la necesidad de incorporar una pequeña oficina y una bodega para herramientas.

En la parte posterior del taller se llevará a cabo la operación de retirar la válvula, debido a que genera un desfogue de un mínimo residuo de gas que sale con presión. El taller entonces, tendrá dos puertas, una frontal y una posterior.

### Generadores, transformadores y reserva de agua

El generador y transformador así como los demás equipos que se requieran para el sistema eléctrico se ubicarán en la zona que se establece en planos, no más cerca de las otras instalaciones de riesgo. Es recomendable que estén dentro de una edificación que las proteja y aisle del exterior.

El reservorio de agua y la bomba que forman parte del sistema contra incendio requieren también de una edificación o estructura que los proteja pero que no dificulten el acceso para su manipulación por cualquier emergencia que pueda presentarse.

### Sistema Contra Incendio

La distribución de monitores y extintores se ha realizado conforme a las normas de seguridad y a las observaciones de la sección 5.2.

### Instalaciones Administrativas

Al hablar de las instalaciones administrativas se hace referencia a las oficinas, bodegas, vestidores, comedor, departamento médico y estacionamientos. La distribución interna de la infraestructura se debe a un análisis de importancia y secuencia de actividades, sin embargo, solo puede tomarse como referencia para el proyecto arquitectónico y estructural, pero sin alterar las ubicaciones de estos edificios con respecto a las zonas de riesgo de la planta.



#### **4.4 Planos de instalación.**

PEMC06001	IMPLANTACIÓN GENERAL
PEMC06002	ISOMETRÍA GENERAL
PEMC06003	DISTANCIAS DE SEGURIDAD DE LA PLANTA
PEMC06004	TANQUES DE ALMACENAMIENTO PARA GLP
PEMC06005	PLATAFORMA DE ENVASADO
PEMC06006	TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN DEL CARRUSEL
PEMC06007	TUBERÍA DE RETORNO DE LÍQUIDO
PEMC06008	TUBERÍA DE TRASVASE
PEMC06009	TUBERÍA DE VAPOR
PEMC06010	PLANTAS DE EDIFICIOS

Ver al final de Anexos.

## **CAPITULO V. Sistemas de Seguridad.**

Para evitar una emergencia, junto con los sistemas de seguridad que deben aplicarse a las instalaciones de la planta de envasado se debe mencionar algunas actividades y precauciones:

- El personal que labora en las áreas productivas debe usar ropa de trabajo adecuada e implementos de seguridad que deben ser almacenados en un lugar accesible como los vestidores.
- La ropa de lana está prohibida dado que tiene facilidad para cargarse estáticamente.
- A la entrada de la planta se debe disponer de un estante con arrestallamas de diferentes diámetros para proporcionar a los camiones que no lo posean, la falta de este accesorio puede ser causa de una emergencia debido a las chispas que pueden producirse en los tubos de escape de los camiones.
- Los equipos que así lo requieren deben poseer conexión a tierra.

### ***Peligros potenciales en caso de explosión o incendio:***

- Se encenderá fácilmente por calor, chispas o llamas.
- Formará mezclas explosivas con el aire.
- Los vapores de gas licuado son inicialmente más pesados que el aire y se esparcen a través del piso.
- Los vapores pueden viajar a una fuente de encendido y regresar en llamas.
- Los cilindros expuestos al fuego pueden ventear y liberar gases inflamables a través de los tapones fundidos.
- Los contenedores pueden explotar cuando se calientan.
- Los cilindros con rupturas pueden proyectarse.

***Durante una emergencia con presencia de fuego:***

- No extinguir un incendio de fuga de gas a menos que la fuga pueda ser detenida.
- Para incendio pequeños utilizar polvos químicos secos o CO<sub>2</sub> .
- En incendios grandes usar rocío de agua o niebla.
- Mover los contenedores del área de fuego si se lo puede hacer sin ningún riesgo.

***Incendios que involucran tanques:***

- Combatir el incendio desde una distancia máxima o utilice soportes fijos para mangueras o chiflones reguladores.
- Enfriar los contenedores con chorros de agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido.
- No ponga agua directamente a la fuente de la fuga o mecanismos de seguridad; puede ocurrir congelamiento.
- Retírese inmediatamente si sale un sonido creciente de los mecanismos de seguridad de las válvulas de alivio, o si el tanque se empieza a decolorar.
- Siempre manténgase alejado de tanques envueltos en fuego.
- En caso de incendio masivo, utilizar los soportes fijos para mangueras o los monitores de agua contra incendio; si esto es imposible, retirarse del área y dejar que arda.

***Si se presenta derrame o fugas:***

- Eliminar todas las fuentes de ignición (no fumar, no usar bengalas, chispas o llamas en el área de peligro).
- Todo el equipo que se use durante el manejo del producto, deberá estar conectado eléctricamente a tierra.
- No tocar ni caminar sobre el material derramado.
- Detener la fuga, en caso de poder hacerlo sin riesgo.
- Si es posible, voltear los contenedores que presenten fugas para que escapen los gases en lugar del líquido.

- Usar rocío de agua para reducir los vapores; o desviar la nube de vapor a la deriva. Evitar que flujos de agua entren en contacto con el material derramado.
- No poner agua directamente al derrame o fuente de la fuga.
- Prevenir la expansión de vapores a través de las alcantarillas, sistemas de ventilación y áreas confinadas.
- Aislar el área hasta que el gas se haya dispersado.

***Afecciones en la salud:***

- Los vapores que pueden causar mareos o asfixia sin advertencia.
- Algunos pueden ser irritantes si se inhalan en altas concentraciones.
- El contacto con gas o gas licuado puede causar quemaduras, lesiones severas y/o quemaduras por congelación.
- El fuego puede producir gases irritantes o venenosos.

***Primeros Auxilios***

- Mover a la víctima a donde se respire aire fresco.
- Llamar a los servicios médicos de emergencia.
- Aplicar respiración artificial si la víctima no respira.
- Suministrar oxígeno si respira con dificultad.
- Quitar y aislar la ropa y el calzado contaminados.
- La ropa congelada a la piel deberá descongelarse antes de ser quitada.
- En caso de contacto con gas licuado, descongelar las partes con agua tibia.
- En caso de quemaduras, inmediatamente enfríe la piel afectada todo el tiempo posible con agua fría. No remover la ropa que está adherida a la piel.
- Mantener a la víctima en reposo y con temperatura corporal normal.
- Asegúrese que el personal médico tenga conocimiento de los materiales involucrados, y tomar las precauciones para protegerse a sí mismos.

## **5.1 Sistemas de seguridad para tanques.**

Los tanques estacionarios para almacenamiento de gas son uno de los más importantes puntos que proteger en una planta, por ello debe cumplirse con ciertas medidas de seguridad.

Si existe una fuga de líquido, éste se vaporiza aproximadamente a 270 volúmenes de vapor en el caso del propano, lo que implica un alto riesgo de formar una mezcla inflamable gas-aire que a su vez puede resultar explosiva en lugares confinados si es encendida.

El gas coexiste en forma líquida y gaseosa, en un envase teóricamente lleno el 80% es líquido y el resto es vapor, y la presión interna del recipiente dependerá en gran parte de la presión del líquido; a una temperatura de 21 °C ésta presión es 125 psi. Para aliviar esta presión y evitar una combustión explosiva se requiere utilizar válvulas de alivio de presión, las cuales despresurizan el contenedor emitiendo gas al ambiente cuando la presión interna ha igualado la presión de diseño del contenedor, la cual es, según establece el código ASME sección VIII, de 250 psi. A este comportamiento se le llama sobrepresión y puede desarrollarse cuando el tanque es llenado de líquido más del 80% y debido a un aumento de la temperatura el líquido se expande. Esta sobrepresión puede causar el colapso del tanque.

Cuando el GLP es derramado al aire libre rápidamente se expande transformándose de líquido a gas y se mezcla con el aire, llegando a formar mezclas inflamables. La expansión de los gases puede ser tan rápida que su fuerza será casi tan violenta como la de una explosión aún cuando los gases no estén confinados dentro de un área cerrada, he ahí la importancia que tiene evitar cualquier fuga de gas en estado líquido.

Otro riesgo grave está vinculado con el vapor de ebullición del líquido, conocido como BLEVE: Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (Explosión de vapor en Expansión de Líquido Hirviente). Este caso sucede cuando el tanque que contiene líquido a una temperatura superior a la de ebullición atmosférica súbitamente se

separa en dos o más pedazos. El colapso del envase a presión se da por debilitamiento del material, por corrosión o grietas.

Para evitar el sobrellenado el operador encargado del trasvase de líquido necesita saber las propiedades del GLP que esta recibiendo y realizar el cálculo de volumen máximo de llenado que se explica en la norma NTE INEN:1537, explicado en el capítulo 3.

## **5.2 Sistemas de seguridad contra incendio.**

De conformidad con el Reglamento, en el Ecuador deben acatarse las disposiciones en lo que a las normas técnicas pertinentes se refieren (NTE INEN) seguidas por las disposiciones<sup>1</sup> del Cuerpo de Bomberos para finalmente seguir las recomendaciones establecidas en dicho Reglamento. Ver anexo 5.1.

La NTE INEN 1536 contempla las seguridades en una planta de envasado de GLP en cuanto a tanques de almacenamiento, instalaciones, distancias de seguridad, equipos contra incendios y procedimientos de manejo del GLP, además hace referencia a las normas que competen en cuanto a señalización, materiales y otros.

La finalidad del Sistema Contra Incendios radica en brindar a cualquier instalación las condiciones de seguridad en caso de pánico, incendio, sismo y otros fenómenos naturales y no naturales que pudieren causar daños o pérdidas a vidas humanas, materiales y que afecten el medio ambiente.

Dentro de la prevención de incendios se tienen tres facetas fundamentales en las cuales basar las prioridades de acción, de esta forma se tiene en primer lugar el riesgo personal, en donde existe la posibilidad de daño a la salud y a la vida para lo cual se deberá proveer de salidas o escapes seguros que ayuden a una evacuación exitosa; en segundo lugar se encontrará el riesgo interno que contemplarán peligros

---

<sup>1</sup> Ley de Defensa Contra Incendios, Registro oficial No. 815 de Abril 19 de 1979.  
Reglamento de Prevención de Incendios, Registro oficial No. 834 de Mayo 17 de 1979.

de estallido y de propagación del incendio. Finalmente el riesgo de explosión será el tercer aspecto en donde se contempla la posibilidad de propagación del incendio desde el exterior.

De esta forma la NTE INEN 1536 establece, dentro de sus parámetros de seguridad para la prevención de incendios, una adecuada construcción y diseño de los tanques de almacenamiento, los mismos que según esta norma deberá remitirse a lo dicho en el “ASME Boiler and Pressure Vessel Code”, donde se contemplan los materiales, cálculos y diseño.

En cuanto a la instalación de los tanques expresa que deberán ser colocados sobre una base resistente de conformidad con la NTE INEN pertinente y con el Código Ecuatoriano de la Construcción, dichos soportes deberán ser de hormigón armado o de acero y sus materiales deberán permitir una resistencia al fuego de dos horas por lo menos.

Los soportes de tanques horizontales deberán permitir la expansión y contracción del tanque y de las tuberías en el instaladas, para lo que sugiere solo dos soportes. En las partes del tanque que estén en contacto con los soportes debe proveerse de medios resistentes a la corrosión.

La localización de los tanques obedecerá a tablas encontradas en la NTE INEN 1536, además de prever que el piso alrededor se mantendrá libre de materiales combustibles, incluso hierba alta, respetando una distancia mínima de ocho (8) metros desde la periferia del tanque.

En lo concerniente al área de carga y descarga la NTE INEN 1536 determina que respetará las distancias de seguridad de acuerdo a sus tablas y además que los tubos de llenado no podrán estar dentro de edificios. Las operaciones de trasvase se regirán por lo dictado en la NTE INEN 1537.

Los accesorios, tuberías, bombas, válvulas y otros equipos necesarios en la instalación deberán seguir lo estipulado en la norma NFPA 58 hasta que se expida la norma nacional pertinente.

Esta misma norma NFPA 58 establecerá el tratamiento de seguridad que se deba dar a las instalaciones eléctricas, de control, equipo eléctrico y de iluminación, sin embargo obliga que todas las instalaciones eléctricas y de control de la planta estén protegidas con sistemas antiexplosión y antichispa.

La prevención de incendios contemplada en la NTE INEN 1536 dicta que no se permitan fuegos abiertos ni otras fuentes de ignición en todas las áreas de peligro, siendo estas: el patios de tanques, la sala de bombas y compresores, las estaciones de carga y descarga de GLP y la plataforma de envasado así como áreas de carga y descarga de cilindros y las instalaciones eléctricas de la planta.

La planta estará provista de pararrayos, protección electrolítica para prevenir la corrosión, así como tener áreas con condiciones controladas con la finalidad de poder cumplir con tareas de corte y soldadura, utilizar herramientas eléctricas sin el perjuicio que las chispas puedan acarrear y siempre previendo que los dispositivos hayan sido drenados en su totalidad de GLP.

La prohibición de fumar se aplicará y será señalada a la entrada de cada área siguiendo lo dispuesto en la NTE INEN 439.

Como equipos contra incendios se dispondrá de un sistema de agua a presión por red y de anhídrido carbónico como agente ignífugo para combatir flagelos en los lugares de almacenamiento y de envasado de GLP. Se instalará el número suficiente de hidrantes que permitan atender un incendio eventual desde cualquier ubicación.

Las bombas contra incendio tendrán dos sistemas independientes de alimentación eléctrica.

La reserva mínima de agua para combatir un posible incendio obedecerá a la tabla pertinente establecida en la NTE INEN 1536, que para el caso de esta planta de envasado será de 250 m<sup>3</sup> ya que se tiene una capacidad proyectada de almacenamiento de GLP de 330 m<sup>3</sup>. Las tomas de agua deberán estar distribuidas



de tal forma que las mangueras puedan cubrir el área de envasado y/o almacenamiento.

Se dotarán de extintores portátiles o montados sobre ruedas del tipo de polvo químico en lugares de fácil acceso.

La Planta deberá contar con un plan de contingencia para casos de emergencia contra incendio, el mismo que estará supervisado por la autoridad competente, Cuerpo de Bomberos local, y en el cual se podrá armar una brigada con los mismos trabajadores de la planta, los mismos que deberán tener prácticas una vez al mes por lo menos.

El contar con un plan de mantenimiento preventivo apropiado y realizado con personal calificado puede prevenir y controlar a tiempo fugas de GLP líquido y gaseoso que podría constituirse en un verdadero riesgo para todos los trabajadores de la Planta y de las instalaciones. De esta manera un adecuado seguimiento a tuberías y accesorios es fundamental para lo que se dispone de la NFPA 58.

En el almacenaje de líquidos inflamables y combustibles es importante resaltar que la construcción de recipientes debidamente proyectados y herméticos deberán permitir la descarga de los vapores de una manera apropiada y segura. Los principales riesgos en el almacenaje se presentan en las aberturas y conexiones con otros tanques, aberturas para ventilación, medición y llenado y extracción.

Si la construcción y el diseño de los tanques está bien realizado no se presentarán mayores riesgos que los que se pueden dar por los procesos de transporte o trasvase. Parecería que los riesgos del almacenaje están estrechamente ligados con la cantidad almacenada, sin embargo, mayores riesgos presentarán las características del líquido, la construcción del tanque, sus cimentaciones y apoyos, las dimensiones y posición de los conductos de ventilación, de las tuberías y de sus conexiones y accesorios.

En el proceso de carga y descarga suelen producirse derrames para lo cual deberá preverse una correcta nivelación del terreno así como los desagües,

bordillos y también la pendiente natural del terreno para controlar que el líquido acceda a otras instalaciones o lugares contiguos.

En esta parte deberá tenerse en cuenta un medio de puesta a tierra que sirva de protección contra los efectos de las chispas estáticas, la misma que deberá colocarse entre la tubería de llenado o la tubería de conducción y el vehículo cisterna.

Los rayos son causa de graves incendios y de muertes, talvez de mayor importancia que otros fenómenos naturales. Por esto, debido a los riesgos que conlleva la planta de envasado se hace necesaria la presencia de pararrayos. El peligro que presentan los rayos, y que a diferencia de otras causas de muerte y lesiones, es que se presentan antes del aviso del trueno.

El desarrollo de la ubicación y protección contra los rayos se encuentra en la norma NFPA 78 en donde se establece que la protección contra estos consiste en recibir la descarga antes que llegue al objeto protegido y enviarla a tierra sin causar daños en su recorrido.

La punta del pararrayos forma un cono cuya base será la zona protegida, la magnitud de protección está en función del ángulo de apantallamiento (ángulo comprendido entre una generatriz del cono y la vertical desde el vértice). Deberá tomarse en cuenta que el rayo presenta varios factores inciertos y aunque presente una tendencia de comportamiento no se garantiza que su descarga se aleje de la línea conocida.

Para dar aviso de la iniciación de una emergencia se hace uso de los detectores automáticos de incendio, estos son dispositivos que aprovechan los cambios ambientales que rodean un fuego como el calor, humo y la radiación luminosa. Si se conectan los detectores a las alarmas y a otros sistemas de seguridad como aspersores o rociadores de agua se conseguirá controlar, extinguir parcial o completamente un fuego de manera inmediata.

Pueden ser térmicos, de compensación de velocidad, de gas, de llama, de infrarrojos y de ultravioletas. Su elección e instalación se realizará según lo explica la norma NFPA 72E.

La evacuación es complementaria al plan de prevención de incendios, esto implica disponer de salidas de emergencia y la señalización necesaria para llegar a éstas. En lo que concierne a las instalaciones de riesgo de la planta de envasado, son edificaciones abiertas y construidas con material incombustible, por lo que las personas que se encuentren en estas zonas tienen la posibilidad de escapar rápidamente. Esto significa que las vías de evacuación deben estar siempre disponibles para que el flujo de personas se dirija a un lugar más seguro sin problemas; por ejemplo deben estar libres de maleza o hierba que pudiera encenderse, maderas o sustancias combustibles derramadas.

Otro aspecto asociado es la iluminación y señalización que contribuye a la identificación de vías de escape o para orientación de personas que no estén muy familiarizadas con la infraestructura. En el edificio administrativo, aunque está lejos de las zonas de riesgo y da tiempo para evacuar, deben considerarse sistemas contra incendio diferentes, como puertas cortafuego, escaleras de emergencia, extintores manuales y señales luminosas.

La norma NFPA 101 contiene recomendaciones para seguridad humana y explica los comportamientos humanos ante emergencias y las medidas de seguridad a implementarse en diferentes edificaciones.

Los extintores para combatir fuego deben escogerse considerando dos factores principalmente: qué tipo de fuego se desea combatir y quién va a manipularlos. Los fuegos alimentados por líquidos combustibles requieren extintores clase B, que son polvo químico, CO<sub>2</sub>, espuma formadora de película acuosa y agentes halogenados que no se recomiendan por el daño medioambiental que provocan.

Es preferible evacuar la zona cuando el fuego presenta condiciones que lo hacen difícil de extinguir y aunque se tengan los extintores apropiados el riesgo es grande para la persona que lo combata.

Debe tenerse presente al momento de instalar extintores, hacerlo con una protección contra factores climáticos como sol, lluvia, polvo y vapores corrosivos, ya que pueden deteriorarse. Además, el responsable de la prevención de incendios deberá planificar el mantenimiento y cambio de los extintores, así como el adiestramiento del personal para manejo designando a una sola persona para que aplique el extintor en una emergencia.

Las actividades relativas a los extintores se detallan en la norma NFPA 10, esto incluye selección, instalación, inspección, mantenimiento y pruebas de extintores.

El agua juega un papel fundamental en el Sistema Contra Incendio, ya que en fuegos de productos derivados del petróleo el agua cumplirá tres funciones: agente enfriador, herramienta mecánica y como un medio que puede desplazar.

Como agente enfriador ayuda a proteger a los bomberos de las llamas y el calor radiante, a cortar el desprendimiento de vapor de la superficie y con ello extinguir el incendio, y para proteger las superficies expuestas a llamas. Como herramienta mecánica sirve para controlar fugas y para dirigir el flujo del producto para prevenir su ignición o dirigir el incendio a una zona donde causará menos daños. Finalmente al ser un medio que puede desplazar se puede utilizar para hacer flotar sustancias combustibles como aceites.

Para alcanzar el éxito de un sistema de seguridad contra incendio será importante acompañarlo de un programa de prevención de incendios cuyo principal objetivo radicaré en reducir o eliminar el incendio en el lugar de trabajo fomentando una conciencia de seguridad en todos los empleados.

Usualmente en una planta existe una persona responsable de la promulgación, enseñanza y supervisión de los planes de prevención de incendio, mas el objetivo principal será el de brindar a todos los empleados el conocimiento necesario para identificar cuando existe peligro de incendio e implementar acciones adecuadas con la finalidad de que tal situación no termine en un incendio.

El factor humano será siempre la principal causa de los incendios, siendo estos deliberados o causados por ignorancia o negligencia. De esta manera el educar a los trabajadores en la prevención de incendios significará más que proteger sus vidas y propiedades, ya que un incendio en su lugar de trabajo no solo podría causar daños físicos, sino también pérdidas de sus ingresos

El generar una conciencia de prevención de incendios podrá verse reflejada en los informes que emite el Cuerpo de Bomberos, en los hábitos y costumbres que se incentive en los empleados para mantener la seguridad de sus propios puestos de trabajo y de la planta en general.

El programa de prevención de incendios debe enfocarse además en la zona de oficinas donde pueden originarse incendios serios, para lo cual se deberá incluir a este personal en el programa. Los elementos de un programa para personal de oficinas incluirá el uso y colocador de materiales de fumador, verificar la existencia de cables eléctricos pelados o aparatos en mal estado, uso adecuado del equipo y aparatos eléctricos, recomendaciones como desenchufar las cafeteras y otros aparatos cuando no se usen y al final de la jornada hasta un adecuado almacenamiento de los materiales combustibles e inflamables.

Otro sector que debe ser tomado en cuenta será el operador de equipos mecánicos ya que estos serán responsables también de la seguridad de los demás, de esta manera los alertará sobre las variaciones de temperatura y presión de los equipos respecto de las especificaciones del fabricante, fuentes potenciales de ignición ocasionadas por equipos de corte, soldadura, a cables en mal estado, a rozamientos y chispas mecánicas provocadas por maquinaria en mal estado o piezas metálicas móviles, considerarán también fugas de lubricante de los motores y depósitos de grasa en los suelos y paredes.

El mantenimiento en el programa de prevención de incendios ocupa un lugar importante ya que de este dependerá el buen funcionamiento de la planta, así su planificación deberá considerar inspecciones mecánicas anteriores, historial de fallos en los equipos, tiempo que el equipo ha estado en servicio, potenciales problemas que provoquen sus fallos, importancia del equipo en proceso, las

condiciones de funcionamiento, leyes y normas dictadas por la autoridad competente y las recomendaciones hechas por las compañías de seguros.

Otros aspectos que suelen pasar por alto pero que tienen gran implicación en las emergencias con fuego son el manejo de la basura, especialmente el cigarrillo y fósforos separados del material combustible, el óptimo estado físico y mental de los empleados (evitar drogas y alcohol) y mantener la limpieza de las instalaciones.

### **5.3 *Sistemas de aislamiento eléctrico.***

Los sistemas de aislamiento eléctrico comprenden no solamente el aislamiento de conductores y maquinaria sino además su distribución adecuada en lugares idóneos que eviten probables causas de fuego abierto.

El generador y transformador que forman parte del sistema de servicio eléctrico en la planta deberán ubicarse alejados lo más posible de las zonas de riesgo como la plataforma de envasado, trasriego y talleres; la distancia normada y la ubicación se indica en planos. Las instalaciones eléctricas que se empleen deberán ser a prueba de explosión.

El alumbrado debe colocarse en las entradas y salidas, estacionamientos, área de talleres, plataforma de llenado, isla de carga descarga, reservorio de agua contra incendio y oficinas, y los postes deberán estar protegidos contra daños mecánicos.

El abastecimiento de electricidad que requiera el sistema contra incendios para funcionamiento e iluminación deberá ser independiente del sistema principal y ambos deberán contar con un interruptor general en un lugar de fácil acceso. Al igual que el sistema contra incendio, deberá regirse a las normas técnicas INEN aplicables:

29.240.01: Redes de distribución de energía en general. - Obligatoria

**NTE INEN 1 753:90** Urbanización. Redes de distribución de energía eléctrica. Requisitos.

29.180: Transformadores. Reactores. - Obligatoria

**NTE INEN 2 120:98** Transformadores. Requisitos.

#### **5.4 Sistema de alarma y señalización según normas.**

Toda la planta debe contar con un sistema de alarma que pueda accionarse desde las zonas de evacuación y seguras de la planta a todas las instalaciones para poder avisar al personal de manera clara y oportuna la iniciación de una emergencia.

Una señal de alarma se iniciará al activar el pulsador manual, porque se acciona un detector automático u otro dispositivo de accionamiento de alarmas. Dependiendo del sistema se notificará a la central (Cuerpo de Bomberos o división responsable en la planta) la cual interpretará y avisará a la zona en peligro o a ambos, que se ha recibido una señal que indica la presencia de un fuego hostil.

Las señales de alarma también advierten a todas las instalaciones protegidas que se debe efectuar una evacuación, la misma que deberá ser previamente establecida en el programa de prevención de incendios. La presencia del fuego se identifica con alarmas que producen señales sonoras y visuales. Existen sistemas de emergencia por voz, los cuales se graba en una cinta, se digitaliza y se sintetiza, convirtiéndola en un mensaje de viva voz, el mismo que avisará a todos los ocupantes de la planta por medio de altavoces.

La información referente a los diferentes tipos de alarma sonoras y visuales se encuentra detallada en la norma NFPA 72.

### 5.1.1. RÓTULOS DE PREVENCIÓN

En todas las instalaciones dentro de la planta se ubicarán señales de advertencia de acuerdo al riesgo que conlleve cada instalación, así:

*Tabla 5.1. Leyendas de seguridad*

LEYENDA	LUGAR
Peligro, gas inflamable	Tanques, plataforma, bombas y compresores, trasriego.
Se prohíbe el paso a vehículos o personas no autorizados	Entrada de la planta
Prohibido reparar y/o lavar vehículos en esta zona	Plataforma de envasado y trasriego
Prohibido fumar	Tanques, Plataforma, taller y zona de descarga
Prohibido usar ropa de lana	Plataforma y talleres
Velocidad máxima dentro de la planta 10 Km/h	Entrada, vías de circulación
Uso obligatorio de arrestallamas	Entradas

*Tabla 5.2. Símbolos de seguridad*

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	LUGAR
	Prohibido fumar y llamas abiertas	Plataforma de envasado, alrededores de tanques y zona de trasriego.
	Prohibido fumar	Todas las instalaciones
	Prohibido animales	Entradas
	Equipo de primeros auxilios	Consultorio médico
	Dirección hacia salida de socorro	Todas las instalaciones de la planta.



	Equipo contra incendios	Todas las instalaciones de la planta.
	Ducha de agua fría	
	Red de agua	
	Alarma antiincendios	
	Sirena	Plataforma de envasado, trasiego, bombas y compresores
	Riesgo permanente	Vías de circulación vehicular, piso de plataforma y taller
	Usar guantes de trabajo	Taller, plataforma de envasado, bombas y compresores, isla carga descarga, zona de tanques.
	Usar zapatos de protección	Taller, plataforma de envasado, bombas y compresores, isla carga descarga, zona de tanques.
	Usar protección auditiva	Taller, plataforma de envasado, bombas y compresores
	Usar casco de protección	Taller, plataforma de envasado
	Botar la basura en su lugar	Todas las instalaciones

## 5.1.2. COLORES DISTINTIVOS

Según la NTE INEN 440 las tuberías y otras partes de la infraestructura deben ser pintadas de un color específico como se indica:

*Tabla 5.3. Colores de seguridad*

<b>COLOR</b>	<b>APLICA A:</b>
Rojo	Agua o vapor contra incendios
Verde	Agua
Blanco	Gas Licuado de Petróleo
Azul	Aire y oxígeno
Gris plata	Vapor de Agua
Amarillo ocre	Gases combustibles

Los sistemas de seguridad deben cumplir con las normas:

01.080.10: Normas básicas para símbolos gráficos. - Obligatoria

**NTE INEN 440:90** Colores de identificación de tuberías.

01.080.10: Normas básicas para símbolos gráficos. - Obligatoria

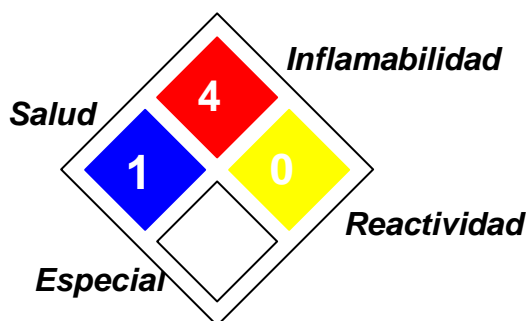
**NTE INEN 440:90** Colores, señales y símbolos de seguridad.

**NTE INEN 1469** Símbolos para planos de detección, alarma y extinción de incendios.

**NTE INEN 1470** Señales y símbolos para uso en la prevención y extinción de incendios.

La National Fire Protection Association, NFPA, ha convenido en el empleo de un símbolo de gran importancia en la señalización en recipientes que almacenan combustibles. Este símbolo consiste en un rombo en el cual se especifica el grado de riesgo de cuatro factores importantes; Salud, Inflamabilidad, reactividad, u otro particular. Para el GLP los grados son:

Figura5.1. Rombo de seguridad NFPA



### Salud

0. Como material corriente.
1. Ligeramente peligroso.
2. Peligroso – Utilizar aparatos para respirar.
3. Extremadamente peligrosa – Usar vestimentas totalmente protectoras.
4. Demasiado peligroso que penetre vapor o líquido.

### Inflamabilidad

0. No arderá.
1. Debe precalentarse para arder.
2. Entra en ignición al calentarse moderadamente.
3. Entra en ignición a temperaturas normales.
4. Extremadamente inflamable.

### Reactividad

0. Estable normalmente.
1. Inestable si se calienta – Tome precauciones normales.
2. Posibilidad de cambio químico violento – Utilice mangueras a distancia.
3. Puede detonar por fuerte golpe o calor – Utilice monitores detrás de las barreras resistentes a la explosión.
4. Puede detonar – Evacue la zona si los materiales están expuestos al fuego.

### Especial

- W. Evite la utilización de agua.
- OX. Oxidante.

## CAPITULO VI. Evaluación económica financiera

### 6.1 Presupuesto de inversión

El presupuesto para la instalación de esta planta se ha determinado en tres partes, una que comprende las instalaciones mecánicas, una segunda que es la obra civil para todas las instalaciones y una tercera que trata de las pruebas, calibraciones y tasas de impuestos que se requieran justo antes de iniciar el funcionamiento.

En los anexos de este capítulo se encontrarán el desglose de estos totales parciales:

*Tabla 6.1. Costos del proyecto.*

<b>No.</b>	<b>Rubro</b>	<b>Detalle</b>	<b>Total</b>
1	Materiales para infraestructura mecánica	Tuberías, accesorios, equipos, tanques, mano de obra, dirección técnica	1'646.151,83
2	Infraestructura civil	Edificios para área administrativa, vías de circulación, estructuras y cubiertas	752.271,96
3	Instalación y Puesta a punto	Pruebas, calibración, permisos y aprobaciones.	250.000,00
		<b>TOTAL</b>	<b>2'648.423,79</b>

## 6.2 Formas de financiamiento

El financiamiento de este proyecto se efectuará mediante inversionistas, como se detalla a continuación:

Tabla 6.2. Costo de Inversión.

Descripción	Porcentaje	Valor	Costo Capital	Observaciones
Accionistas Master Control	0,30	794.527,14	8,00 %	
Accionistas particulares	0,70	1'853.896,65	10,00 %	
<b>Costo Promedio Capital</b>			9,40 %	

TAZA DE ACTUALIZACIÓN:

$$T_{act.} = (\text{Costo Promedio Capital}) + (\text{Premio al riesgo})$$

El premio al riesgo para la industria petrolera se ha estimado en 3%.

$$T_{act.} = (0,094) + (0,03)$$

$$T_{act.} = 0,124$$

$$T_{act.} = 12,4\%$$

## 6.3 Evaluación económica financiera

El flujo económico en esta industria difiere de otras empresas debido al subsidio que existe para la comercialización del GLP.

Mensualmente una comercializadora recibe una cantidad de GLP para ser distribuida en cilindros de 15 Kg. que llegará al consumidor final a un precio de 1,60 dólares por cilindro. Dependiendo de la infraestructura, la ubicación, las distancias y otros parámetros, la DNH otorga a la comercializadora un "Ingreso por servicio" que se expresa en dólares por tonelada. Es decir, que por la cantidad de cilindros que envasará, la comercializadora recibe un subsidio que para esta planta se ha considerado de 96 USD por tonelada.

De esta manera el distribuidor recibirá los cilindros envasados a menos de 1,60 USD. cada uno, lo que significa que el costo de envasado debe ser lo más bajo posible para que la diferencia sea la utilidad para la envasadora. Por lo tanto es necesario administrar exigentemente los recursos y aprovechar las ventajas de la tecnología que se implementará.

Los costos que intervienen en el proceso son: sueldos, tasas de servicio que impone la DNH, transporte desde el terminal a la planta, mantenimiento, seguros y gastos indirectos.

El análisis se ha hecho anualmente considerando 260 días laborables al año (5 días/semana en 52 semanas).

#### **6.1.1. VAN**

El Valor Actual Neto se ha obtenido del flujo del proyecto mediante la expresión:

$$VAN = -I + \sum_{t=1}^N \frac{V_{rc}}{(1+i)^t}$$

*i* Es la tasa que cobrarán los accionistas por periodo

*N* Es el número de periodos

*I* Es la Inversión inicial

*V<sub>ac</sub>* Es el Valor actualizado del flujo neto de caja para cada periodo

*T* Es el periodo

#### **6.1.2. TIR**

La tasa interna de retorno es la tasa a la que será rentable la inversión en el periodo de tiempo y es aquella que corresponda a un VAN igual a 0.

#### **6.1.3. Flujo del proyecto.**

<b>Período</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	
<b>Rubros</b>												
<b>+ Ingresos</b>												
<b>Servicio Principal</b>		936.000,00	1.030.760,98	1.081.680,57	1.135.115,59	1.191.190,30	1.250.035,10	1.311.786,83	1.376.589,10	1.444.592,61	1.515.955,48	
<b>Servicios Extras</b>		25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	
<b>Venta de Activos Fijos</b>											647.469,97	
<b>- Egresos</b>												
<b>MOD</b>		36.000,00	36.000,00	36.000,00	36.000,00	36.000,00	36.000,00	36.000,00	36.000,00	36.000,00	36.000,00	
<b>MOI</b>		39.600,00	39.600,00	39.600,00	39.600,00	39.600,00	39.600,00	39.600,00	39.600,00	39.600,00	39.600,00	
<b>Gastos Indirectos</b>		30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	
<b>Seguros</b>		92.143,08	92.143,08	92.143,08	92.143,08	92.143,08	92.143,08	92.143,08	92.143,08	92.143,08	92.143,08	
<b>Tasas DNH</b>		7.500,00	7.500,00	7.500,00	7.500,00	7.500,00	7.500,00	7.500,00	7.500,00	7.500,00	7.500,00	
<b>Transporte</b>		243.750,00	268.427,34	281.687,65	295.603,02	310.205,81	325.529,97	341.611,15	358.486,75	376.195,99	394.780,07	
<b>Depreciación</b>		175.095,38	175.095,38	175.095,38	175.095,38	175.095,38	175.095,38	175.095,38	175.095,38	175.095,38	175.095,38	
<b>Amortización</b>		50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>= Utilidad Bruta</b>		336.911,54	406.995,18	444.654,46	484.174,11	525.646,03	569.166,67	614.837,22	662.763,90	713.058,16	765.836,95	
<b>- 15% Trabajadores</b>		50.536,73	61.049,28	66.698,17	72.626,12	78.846,91	85.375,00	92.225,58	99.414,59	106.958,72	114.875,54	
<b>= Utilidad antes de IR</b>		286.374,81	345.945,90	377.956,29	411.548,00	446.799,13	483.791,67	522.611,64	563.349,32	606.099,43	650.961,41	
<b>- 25% Impuesto a la Renta</b>		71.593,70	86.486,48	94.489,07	102.887,00	111.699,78	120.947,92	130.652,91	140.837,33	151.524,86	162.740,35	
<b>= Utilidad Neta</b>		214.781,11	259.459,43	283.467,22	308.661,00	335.099,35	362.843,75	391.958,73	422.511,99	454.574,58	488.221,06	
<b>- Inversión</b>	2.648.423,79											
<b>+ Depreciación</b>		175.095,38	175.095,38	175.095,38	175.095,38	175.095,38	175.095,38	175.095,38	175.095,38	175.095,38	175.095,38	
<b>+ Amortización</b>		50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>= FNF</b>	-2.648.423,79	439.876,49	484.554,81	508.562,60	533.756,38	560.194,73	537.939,13	567.054,11	597.607,37	629.669,96	663.316,44	
<b>VAN i =0,124</b>	-2648423,79	391349,19	383539,67	358133,95	334408,91	312253,61	266768,95	250184,46	234577,01	219895,41	206090,35	308777,70
<b>TIR =0,150241245</b>	-2648423,79	382421,07	366239,38	334177,81	304921,00	278223,84	232273,42	212863,87	195031,36	178653,92	163618,12	0,00

## **CAPITULO VII. Conclusiones y Recomendaciones.**

- En el desarrollo de este proyecto fue necesario conocer las propiedades y características del fluido de trabajo, el GLP. Con estos datos y los conocimientos de mecánica de fluidos se pudo comprender como se comporta el fluido en las diferentes etapas del proceso.
- Por las dificultades que se presentaron al momento de diseñar las tuberías fue necesario aplicar un método iterativo de cálculo que permitió asumir parámetros normales de trabajo, comprobar el funcionamiento correcto de los sistemas y finalmente dimensionar maquinaria y tuberías.
- Los resultados presentados fueron obtenidos mediante análisis matemático, siendo estos coherentes y confiables, y deberán ser aplicados para la implementación de la planta, sin embargo en algunos casos, admiten leves variaciones debidas a imprevistos o dificultades en la construcción.
- La eficiencia de la planta se reflejará en las utilidades al final de cada período, para esto no es importante solamente contar con maquinaria moderna sino con el mínimo de personal capacitado necesario en todas las áreas, evitando cadenas de mando largas y complicadas.
- Quedan planteados como complementos a esta tesis el diseño detallado de redes de suministro de energía, de agua, obra civil, sistema contra incendios y el estudio de impacto ambiental.
- Finalmente se determina que la implementación de una planta envasadora de GLP de estas características en el sector del Puyo es un



proyecto rentable y por tanto se recomienda su ejecución después de cumplir con los trámites legales que demandan las entidades competentes.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [www.menergia.gov.ec](http://www.menergia.gov.ec)
- [www.elergonomista.com/ing/sen50.html](http://www.elergonomista.com/ing/sen50.html)
- Norma NTE INEN 1 536:98  
PREVENCION DE INCENDIOS. REQUISITOS DE  
SEGURIDAD EN PLANTAS DE ALMACENADO Y  
ENVASADO DE GAS LICUADO DE PETROLEO.  
Segunda Revisión
- Norma NTE INEN 1 537:97  
PREVENCION DE INCENDIOS. REQUISITOS DE  
SEGURIDAD PARA OPERACIONES DE TRASVASE DE  
GAS LICUADO DE PETROLEO.  
Segunda Revisión
- Manual de Protección Contra Incendios NFPA  
Editorial Mapfre.  
Cuarta Edición en castellano
- Decreto 2282  
REGLAMENTO PARA AUTORIZACIÓN DE ACTIVIDADES  
DE COMERCIALIZACIÓN DE GLP  
Reg. Of. 508, 4 de Febrero 2002
- Acuerdo 116  
REGLAMENTO TÉCNICO PARA LA COMERCIALIZACIÓN  
DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO.  
Reg. Of. 313, 8 de Mayo 1998
- Tratado General de Gas  
Llobera. Raúl.

Cesarini Hermanos Editores

- Manejo y uso del gas L. P. y natural.  
Blumenkron, Fernando F.
  
- Mecánica de fluidos aplicada  
Mott, Robert L.  
Editorial Prentice Hall  
Cuarta Edición - Dic. 2002
  
- Código del Gas-LP NFPA 58 – Edición 1998  
NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION  
Editado en español en al año 2000 por el Instituto  
IRAM bajo licencia de la NFPA
  
- Manual Práctico. INSTALACIONES DE DEPÓSITOS FIJOS  
PARA GLP.  
Guerra soriano, Emilio y Guerra Chavarino, Emilio  
Tercera Edición – 1999
  
- Catálogo de productos CORKEN, Bombas y Compresores.
  
- Catálogo de productos REGO ®, Válvulas y accesorios para GLP.
  
- Folleto Seminario de GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP  
CODIGOS Y NORMATIVAS NFPA 58  
Instructor: Ing. Ernardo Bohórquez  
Fundación SIMA  
Mayo 2006
  
- Tesis MANUAL PARA INSTALACIONES CENTRALIZADAS DE  
G.L.P.  
Asimbaya T., José Antonio y Flores C., Juan Carlos  
Director: Ing. Jaime Vargas T  
Politécnica Nacional  
Febrero – 2002

# **ANEXOS**

