

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“ESTUDIO DE AMPLIACION DE LA  
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE  
UNA PLANTA ENVASADORA DE GAS  
LICUADO DE PETROLEO DE 60 000 A 120 000  
GALONES”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECANICO**

**CESAR JONATHAN ROJAS ZAVALA**

**PROMOCION 2007-I**

**LIMA-PERU**

**2010**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“ESTUDIO DE AMPLIACION DE LA  
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE  
UNA PLANTA ENVASADORA DE GAS  
LICUADO DE PETROLEO DE 60 000 A 120 000  
GALONES”**

**INFORME DE SUFICIENCIA  
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECANICO**

**CESAR JONATHAN ROJAS ZAVALA**

**PROMOCION 2007-I**

**LIMA-PERU**

**2010**

## Índice

Prólogo .....	6
1. Introducción.....	8
1.1 Objetivo.....	8
1.2 Antecedentes .....	8
1.3 Justificación.....	11
2. Descripción de las instalaciones en la actualidad .....	15
2.1 Descripción general.....	15
Definiciones.....	15
2.2 Instalaciones para la recepción de GLP .....	17
2.2.1 Interconexión por ducto.....	18
2.2.2 Isla de carga.....	19
2.3 Tanques de almacenamiento para combustibles líquidos.....	20
2.4 Instalaciones del sistema de bombeo .....	22
2.5 Red de tuberías de distribución de GLP hacia los carruseles.....	22
2.6 Otras instalaciones existentes.....	22
2.6.1 Instalaciones eléctricas.....	22
2.6.2 Sistema contra incendios .....	23
2.6.3 Aire comprimido .....	24
2.6.4 Detección de gases .....	24
2.6.5 Odorización del Gas LP .....	26
3. Normatividad en una planta envasadora de GLP .....	27
3.1 Objetivo.....	27
3.2 Reglamentos y normas técnicas .....	27
3.2.1 Reglamentos .....	28
3.2.2 Normas técnicas .....	30
3.3 Instalaciones mecánicas .....	33

3.3.1	Tanque de almacenamiento .....	33
3.3.2	Puntos de recepción y abastecimiento de GLP e instalaciones en general. ....	33
3.3.3	Instrumentación. ....	33
3.3.4	Sistema de bombeo.....	33
3.3.5	Tuberías .....	33
3.4	Instalaciones eléctricas.....	34
4.	Distribución de componentes .....	35
4.1	Objetivo.....	35
4.2	Distribución de componentes.....	35
4.2.1	Tanque de almacenamiento .....	35
4.2.2	Sistema de bombeo de GLP .....	44
4.2.3	Tuberías .....	47
4.3	Distribución de otros equipos e instalaciones .....	50
4.3.1	De las instalaciones eléctricas .....	50
4.3.2	De los equipos de seguridad.....	54
5.	Implementación de las Nuevas Instalaciones .....	56
5.1	Verificación del diseño del tanque. ....	56
5.1.1	Diseño mecánico .....	56
5.1.2	Diseño mecánico de detalle.....	71
5.2	Ensayos no destructivos .....	76
5.2.1	Pruebas hidrostáticas y de hermeticidad .....	77
5.2.2	Equipos y accesorios .....	78
6.	Diseño de tuberías y selección de la bomba .....	79
6.1	Selección de tuberías .....	79
6.2	Selección de la bomba.....	82
7.	Instalaciones eléctricas y de seguridad .....	88
7.1	Objetivo.....	88
7.2	Instalaciones eléctricas.....	88
7.2.1	Dispositivos eléctricos.....	88

7.3	Instalaciones y equipos de seguridad .....	90
7.3.1	Detector de fugas de GLP .....	90
7.3.2	Sistema de control de llenado automático.....	91
8.	Evaluación económica.....	93
8.1	Generalidades .....	93
8.2	Evaluación económica y financiera.....	95
8.2.1	Estructura de la inversión .....	96
8.2.2	Flujo de caja económico financiero.....	100
8.2.3	Valor presente neto y relación beneficio – costo .....	102
	Conclusiones y Recomendaciones .....	103
	Recomendaciones.....	103
	Conclusiones.....	105
	Bibliografía.....	107
	Planos .....	108
	Anexos.....	109

## Prólogo

El conocimiento y el adecuado manejo de conceptos y herramientas vinculados con los estudios de ampliación permiten visualizar de manera clara y objetiva los requisitos para la elaboración de proyectos y la operación posterior de la planta teniendo en cuenta los criterios de seguridad contemplados en las normas nacionales e internacionales. Buscar alinearse a los estándares debe ser preocupación tanto del empresario como del Estado para llegar a un status de competitividad y mejora continua.

Para lograr entender estos criterios este estudio se ha dividido en ocho capítulos cuyos alcances se detallan a continuación:

Capítulo primero, establecer las iniciativas por el cual el proyecto de ampliación tiene su origen, responder a la creciente demanda del mercado nacional. Se manifiesta la necesidad de masificar el uso del GLP en zonas remotas y ciudades lejanas donde la infraestructura del gas natural no sea viable por las dificultades de transporte, almacenamiento y manipulación.

Capítulo segundo, detallar las características principales del GLP y la descripción general de la planta haciendo incapié en las áreas de interés de acuerdo a las necesidades de la ampliación.

Capítulo tercero, resumir de la normatividad vigente aplicable para la constitución y operación de una planta envasadora de gas licuado de petróleo (GLP), así como la normatividad internacional aplicable a la ampliación de la planta.

Capítulo cuarto, revisar las recomendaciones y mecanismos de seguridad explicados en la norma NFPA 58, de acuerdo a la distribución de componentes, ubicación adecuada de mecanismos de control y monitoreo de las operaciones, así como los requisitos generales de instalación de equipos.

Capítulo quinto, presentar los requerimientos de operatividad de los tanques de almacenamiento según la norma ASME así como las consideraciones generales para la operación de instalaciones con recipientes a presión.

Capítulo sexto, determinar las características que debe cumplir la bomba tomando en cuenta las necesidades de la ampliación, se indican los ratios de funcionamiento del sistema así como el comportamiento de las tuberías ya instaladas.

Capítulo séptimo, presentar las modificaciones de la parte eléctrica y de control de los nuevos mecanismos de instrumentación a ser comandadas desde la sala de control.

Capítulo octavo, presentar la evaluación económica del proyecto y en cuanto puede beneficiar su implementación considerando un aumento de la demanda proyectada en toneladas métricas de GLP vendidas.

## **1. Introducción**

### **1.1 Objetivo**

El objetivo del presente informe es definir los lineamientos del diseño de ampliación de la capacidad de almacenamiento de la planta de envasado.

En líneas generales se plantean las modificaciones de las líneas de líquido y vapor, de manera que se mejore la capacidad operativa tanto para la recepción, control del almacenamiento y la transferencia de GLP a las líneas de envasado en concordancia con la NFPA 58.

### **1.2 Antecedentes**

El gas licuado de petróleo es tradicionalmente el primer energético utilizado en los sectores residencial y comercial. A pesar de que el gas natural está penetrando en la industria y existe un plan para masificar su uso a nivel residencial e industrial, el GLP continúa siendo una alternativa básica, particularmente por el fácil transporte, almacenamiento y suministro a comunidades pequeñas y ciudades distantes. En estas circunstancias el GLP es un combustible con mayor accesibilidad para la población de menores ingresos localizadas en áreas remotas, toda vez que su versatilidad en el transporte y en el almacenamiento genere una mayor confiabilidad en el abastecimiento de éste energético.

Según el Balance Nacional de Energía del 2009, emitido por el Ministerio de Energía y Minas, el consumo de GLP se ha posicionado en un 16% de la



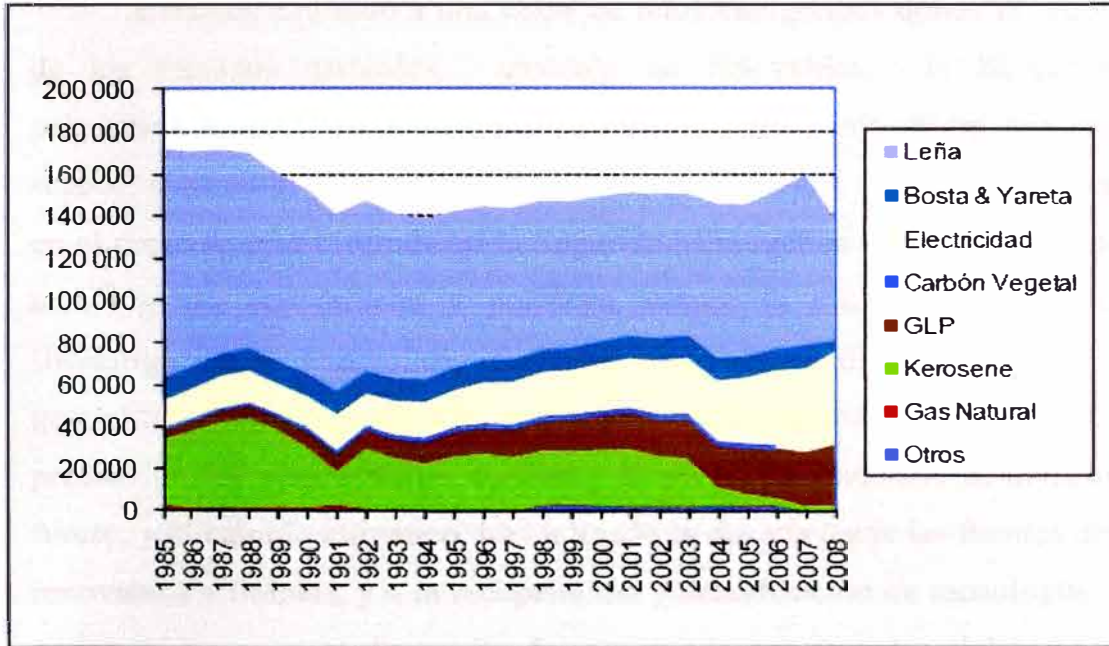
matriz energética nacional y se proyecta a desplazar a la leña y al kerosene como materia prima para el sector comercial industrial (Véase gráfico No.1). Para el sector de transportes las fuentes de GLP y gas natural recién están reaccionando a las políticas impulsadas por el estado, representan el 2,64% del sector de transporte, aún no son muy resaltantes en comparación con el consumo de otros hidrocarburos como las gasolinas, turbo, diesel que agrupan al 97,36 % (Véase gráfico No.2). Durante el periodo 2005-2008 el consumo de energía final en el sector industrial se incrementó en un promedio anual de 2,71%.

El crecimiento del nivel de producción de la planta en los últimos cinco años ha logrado la rotación de GLP que normalmente se almacena y se transfiere a las líneas de envasado. La opción de ampliar la capacidad de la planta, reducirá la dependencia de las plantas de distribución de GLP a granel de manera que no se afecte la disponibilidad operativa y tenga un impacto significativo en las ventas.

El mercado peruano de Gas Licuado de Petróleo (GLP) es, quizás, uno de los más competitivos de la región, debido a la gran presencia de ofertantes que en él existen, entre marcas, envasadoras y puntos de venta, lo que de alguna forma garantiza precios competitivos.

Gráfico No.1

**CONSUMO DE ENERGÍA - SECTOR RESIDENCIAL Y COMERCIAL**



Fuente: Balance Energético Nacional 2009. Ministerio de Energía y Minas

Fuente: Balance Energético Nacional 2009. Ministerio de Energía y Minas

### 1.3 Justificación

Estamos entrando a una etapa de retos energéticos donde el agotamiento de los recursos naturales, recursos no renovables, la búsqueda de la preservación del medio ambiente enmarcan la búsqueda de un mix energético seguro, sostenible y competitivo. En el sector energía, la atención internacional en el presente está centrada en la Seguridad Energética que incorpora elementos tecnológicos, económicos y políticos, como: la eficiencia energética, I&D (Investigación y desarrollo), innovación energética, diversificación y precios; geopolítica e interdependencia, entre otros. Adicionalmente, la volatilidad de los precios de los combustibles fósiles y la probable tendencia al aumento en el futuro, y el cambio climático, ha inclinado la mirada hacia las fuentes de energía renovables y limpias, y a la recuperación y actualización de tecnologías como la eólica, biomasa, y el desarrollo de nuevas, de origen solar, del hidrógeno, los biocombustibles, y otras. La actual crisis económica y financiera internacional está obligando a los países líderes a replantear el rol del Estado en la Economía, optándose por acentuar la regulación, fortaleciendo los entes reguladores, interviniendo en la participación accionaria de grandes empresas privadas: y en el sector energético, se está optando por un cambio de estrategia optando por una economía limpia (green economy), y recientemente en USA en el nuevo plan energético “New Energy for America”, se plantea la eliminación de la importación de petróleo en diez años y reducir las emisiones de gases efecto invernadero en 80 por ciento para el 2050, así como llegar a ser líder global en exportación de energía limpia y nuevas tecnologías limpias.

En éste ámbito el GLP es una alternativa a los combustibles fósiles convencionales de bajo contenido de carbono, su combustión emite un 33% menos de CO<sub>2</sub> que el carbón y un 15% menos que el gasóleo para la calefacción, además ofrece ventajas medioambientales en especial en términos de calidad del

aire, se caracteriza por sus bajas emisiones de partículas, NO<sub>x</sub>, bajo contenido de azufre.

El estado a través del Ministerio de Energía y Minas está impulsando el cambio de la matriz de consumo de energía a través de políticas que buscan un desarrollo sostenible para asegurar el abastecimiento confiable y oportuno de la demanda de energía. Promueve la inversión privada en el sector energético con reglas claras, competitivas y estables, fomenta el uso eficiente de la energía además de promover la integración energética regional.

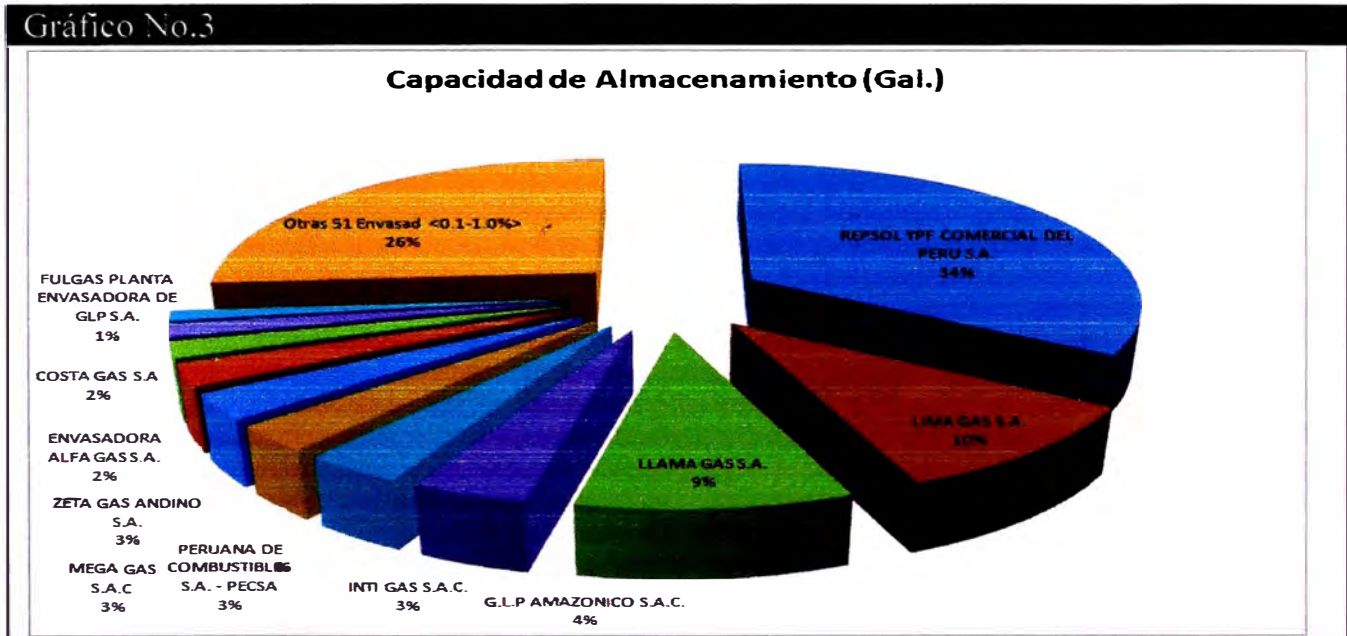
En la actualidad se encuentran registradas 91 plantas envasadoras a nivel nacional (Tabla de referencia apéndice A.2). Si se visualiza el cuadro en mención las plantas envasadoras están distribuidas en casi en todo el país, especialmente en la costa y sierra, falta penetración en la selva lo que da fe del alcance que puede tener su masificación en lugares donde no es factible el ingreso del gas natural. El problema principal con la mayoría de estas plantas envasadoras es el cumplimiento de las normas desde la ubicación en zonas industriales hasta los reglamentos de ubicación de las instalaciones y equipos, los vacíos legales de jurisdicción en temas de energía entre el poder judicial, las entidades reguladoras y gobiernos regionales.

A continuación se muestra una tabla resumen de la distribución de las capacidades de almacenamiento según la razón social de las empresas envasadoras. Existen 51 empresas envasadoras que tienen entre el 0.1% y el 1.0% de la capacidad de almacenamiento total y juntas representan sólo el 26.2% de la capacidad a nivel nacional, se entiende como una alta dispersión de las actividades de envasado de GLP a nivel nacional.

La desventaja de la no agrupación ordenada de la actividad es la poca influencia en el precio de compra, la alta dependencia de las plantas de almacenamiento a granel, poca estandarización en los procesos de envasado, la utilización de más recursos de los entes reguladores para mantener las condiciones de operación óptimas y seguras.

<b><i>Razón Social</i></b>	<b><i>Capacidad (Galones)</i></b>	<b><i>% Capacidad</i></b>
<b>REPSOL YPF COMERCIAL DEL PERU S.A.</b>	685000	33.8%
<b>LIMA GAS S.A.</b>	206275	10.2%
<b>LLAMA GAS S.A.</b>	190000	9.4%
<b>G.L.P AMAZONICO S.A.C.</b>	80000	4.0%
<b>INTI GAS S.A.C.</b>	70000	3.5%
<b>PERUANA DE COMBUSTIBLES S.A. - PECSA</b>	60500	3.0%
<b>MEGA GAS S.A.C</b>	60300	3.0%
<b>ZETA GAS ANDINO S.A.</b>	51591	2.5%
<b>ENVASADORA ALFA GAS S.A.</b>	37038	1.8%
<b>COSTA GAS S.A</b>	30000	1.5%
<b>FULGAS PLANTA ENVASADORA DE GLP S.A.</b>	23300	1.2%
<b>Otras 51 Envasad &lt;0.1-1.0%&gt;</b>	530856	26.2%
<b>TOTAL</b>	2024860	100.0%

Tabla No.1. Capacidad de Plantas Envasadoras. Fuente Osinerg, registro de comercialización de hidrocarburos.



Por lo tanto los puntos a desarrolllar en el presente informe los son siguientes:

Aportar en los objetivos que se ha trazado la empresa en su empeño de liderar el mercado de GLP.

Cumplir con los objetivos corporativos con el fin de liderar en el mercado nacional, teniendo una capacidad operativa capaz de responder al crecimiento y desarrollo del país.

Aumentar la capacidad operativa y dejar condiciones para la implementación de una tercera línea de envasado.

Fomentar el desarrollo del mercado del GLP a nivel nacional en busca de aportar con el redimensionamiento de la matriz energética para el desarrollo sostenible del país.

Cumplir con las normas y reglamentos establecidos por las entidades competentes en energía.

Fomentar el cumplimiento de las normas de manera que se garantice la seguridad de los usuarios intermedios y finales.

## 2. Descripción de las instalaciones en la actualidad

### 2.1 Descripción general

#### Definiciones.

Según el Glosario, Siglas y Abreviaturas del Sub-Sector Hidrocarburos, aprobado con el Decreto Supremo N° 032-2002-EM el Gas Licuado de Petróleo “GLP” se lo define como “Hidrocarburo que, a condición normal de presión y temperatura, se encuentra en estado gaseoso, pero a la temperatura normal y moderadamente alta presión es licuable. Usualmente esta compuesto de propano, butano, polipropileno y butileno o mezcla de los mismos. En determinados porcentajes forman una mezcla explosiva. Se le almacena en estado líquido, en recipientes a presión”.

El **gas licuado de petróleo (GLP)** es una mezcla de hidrocarburos livianos, principalmente de Propano ( $\text{CH}_3$ ) y Butano ( $\text{CH}_4$ ), obtenido del procesamiento del gas natural y/o de la refinación del petróleo crudo. El GLP tiene dos orígenes básicos: el 66% se obtiene durante la extracción del gas natural y petróleo directamente de la tierra, y el 34% restante se produce y se obtiene durante el refino del petróleo crudo. Tradicionalmente, gran parte del GLP que se producía en éstos procesos se quemaba en una antorcha (flare), un enfoque que no solo traía riesgos para el medio ambiente, sino que además, supone un desperdicio irracional e inaceptable de un recurso energético valioso y de gran calidad.

El **gas natural licuado (LNG)** es una mezcla de hidrocarburos livianos compuesto principalmente por Metano ( $\text{CH}_1$ ) y Etano ( $\text{CH}_2$ ), que se transportan a muy bajas temperaturas para mantener su estado líquido.

**Propano (C3)** es un gas incoloro e inflamable a presión atmosférica y temperatura ambiente.

- Sinónimo                      Dimetilmetano
- Fórmula                        :         $C_3H_8$
- Peso molecular                :        44,096 Kg/Kmol.

El propano es ampliamente empleado como un gas combustible en los sistemas de calefacción domésticos y aparatos a gas. Se usa como refrigerante y como un solvente selectivo para remover componentes asfálticos desde las fracciones de alto punto de ebullición del petróleo crudo. El propano es un constituyente del petróleo crudo y del gas natural, se obtiene de las operaciones de refinación, procesamiento del crudo y del gas natural.

**Butano (C4)** es un gas inflamable e incoloro, sin olor. Es fácilmente licuable debido a su punto de ebullición cercano a 0 °C.

- Fórmula                        :         $C_4H_{10}$
- Peso molecular                :        58,124 Kg/Kmol

En la industria es un importante intermediario en la fabricación de combustible de aviación y la fabricación de productos orgánicos, además de su empleo como combustible directo en estufas y cocinas. El butano y el isobutano son recuperados desde el gas natural y desde los procesos de refinación del crudo. La recuperación desde el gas natural se efectúa por absorción a altas presiones. La recuperación de los butanos desde los gases de refinación es efectuada por compresión y condensación.



Según la Gas Processors Association, publication 2145, las características principales del GLP son:

**Tabla No. 2**

PARAMETRO	Unidad	Propano	i-Butano	n-Butano	Amoniaco
Fórmula		C3H8	C4H10	C4H10	NH3
Peso Molecular	kg/kmol	44,097	58,124	58,124	17,031
Pto. Ebullición ( $P_{atm}$ )	°C	-42,3	-11,8	-0,5	-33,4
Presión de Vapor a 100°F	kgf/cm2	13,2	5,1	3,6	14,9
Densidad Relativa 60/60F		0,5075	0,5630	0,5842	0,6183
Densidad Absoluta a 60°F	kg/l	0,5070	0,5625	0,5835	0,6177
Densidad Aparente a 60°F	kg/l	0,5058	0,5613	0,5825	0,6166
Densidad Absoluta a 15°C	kg/l	0,5078	0,5631	0,5843	0,6183
Razón Gas/Liq a 60°F	Vol.	272,3	229,3	237,9	859,3
Razón Liq/Gas a 60°F	Vol.	0,003672	0,004361	0,004203	0,001164
Factor Conversión Aire/Vac		0,99775	0,99795	0,99805	0,99815

## 2.2 Instalaciones para la recepción de GLP

La planta está diseñada para almacenar y envasar una mezcla de GLP. El producto almacenado proviene de las refinerías o de plantas de almacenamiento de GLP y es transferida a través de una interconexión por ducto o través de conexión de cisternas.

La planta incluye tanques de almacenamiento, un sistema de recepción por ducto e isla de carga, un sistema de llenado, un sistema de protección contra incendios, un sistema de detección de atmósferas peligrosas, un sistema de aire comprimido para instrumentos, sistemas eléctricos de alimentación, instrumentación y control relacionados a través del SCADA.

### 2.2.1 Interconexión por ducto

El GLP es transferido a través de un ducto de  $\varnothing 6'' \times 303.9 \text{ m}$  en fase líquida y  $\varnothing 2'' \times 303.9 \text{ m}$  en fase vapor que proviene de una planta de almacenamiento de GLP. En esta planta se establecen los parámetros de calidad del GLP como la densidad, temperatura, porcentaje de odorización, mezcla apropiada para las condiciones de envasado. Esta línea se considera de alta criticidad para el abastecimiento de GLP, como plan de contingencia se cuenta con una isla de carga que puede descargar GLP desde cisternas. El detalle de la línea de transferencia es el siguiente:

<b>FASE LIQUIDO</b>								
<b>Punto</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>	<b>Elevación</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Ø Tubería (in)</b>	<b>Vol (m3)</b>	<b>Densidad (Kg/m3)</b>	<b>Masa (Kg)</b>
0	10114.770	9894.011	12.367					
1	10114.770	9931.057	11.727	37.1	6	0.676	540	365.0
2	9997.074	9931.057	11.658	117.7	6	2.147	540	1159.4
3	9997.074	9950.101	11.880	19.0	6	0.347	540	187.6
4	9997.074	9975.901	11.101	25.8	6	0.471	540	254.3
5	9997.074	10000.000	13.255	24.2	6	0.441	540	238.3
C	9998.848	10100.154	14.970	80.1	6	1.462	540	789.5
<b>Masa de GLP en la línea de transferencia (Kg):</b>								2994.0
<b>FASE VAPOR</b>								
<b>Punto</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>	<b>Elevación</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Ø Tubería (in)</b>	<b>Vol (m3)</b>	<b>Densidad (Kg/m3)</b>	<b>Masa (Kg)</b>
0	10114.770	9894.011	12.367					
1	10114.770	9931.057	11.727	37.1	2	0.075		0.0
2	9997.074	9931.057	11.658	117.7	2	0.239		0.0
3	9997.074	9950.101	11.880	19.0	2	0.039		0.0
4	9997.074	9975.901	11.101	25.8	2	0.052		0.0
5	9997.074	10000.000	13.255	24.2	2	0.049		0.0
C	9998.848	10100.154	14.970	80.1	2	0.162		0.0
<b>Volumen de la línea de vapor en la línea de transferencia (Kg):</b>								0.6

Tabla No.3

### 2.2.2 Isla de carga

Es una instalación acondicionada para la descarga de GLP proveniente de una cisterna. El procedimiento básico para realizar la descarga de GLP es conectar la fase líquida a la línea de llenado de los tanques de almacenamiento e impulsar el GLP con una presión generada por un compresor que impulsa los vapores de los tanques de almacenamiento u otra fuente de vapores. La transferencia de GLP líquido se iniciará cuando la presión de la cisterna sea mayor a la presión del tanque. Se debe tener cuidado con el control de la presión de modo que no se exponga la instalación a la apertura de las válvulas de alivio. La descarga a través de la isla de carga es un procedimiento controlado y monitoreado constantemente, ya que si un parámetro se sale del rango se activan los mecanismos de seguridad del tanque, como la válvula de exceso de flujo.

Grafico No.4  
EXTRAIDO DE GUIA DE EQUIPOS CORKEN PARA EL TRASIEGO DE GLP, 1993

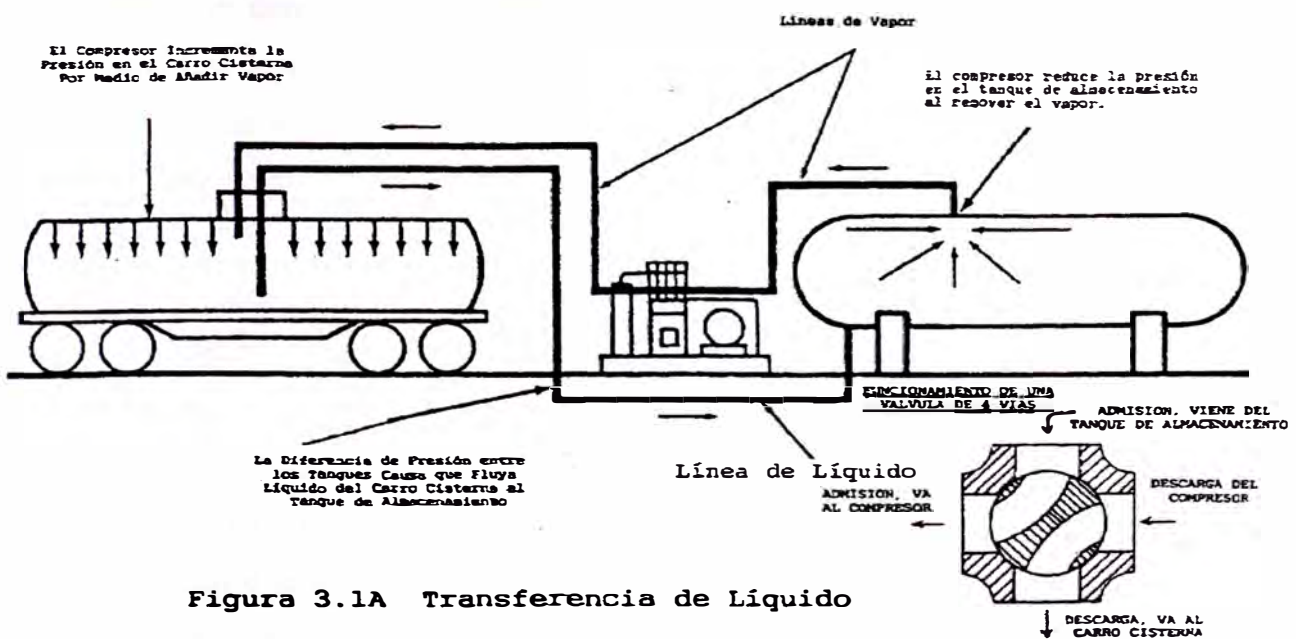


Figura 3.1A Transferencia de Líquido

### 2.3 Tanques de almacenamiento para combustibles líquidos

Se considera un recipiente a presión a cualquier recipiente que sea capaz de almacenar un fluido a presión manométrica, ya sea presión interna o vacío independientemente de su forma y dimensiones. La planta cuenta con 2 tanques cuyas características son las siguientes:

<b>Condiciones de diseño</b>	
<b>Presión de diseño de los tanques</b>	17.5 Kg/cm <sup>2</sup> (250 PSIG)
<b>Presión de operación</b>	70 @ 100 PSIG
<b>Temperatura de operación normal del tanque</b>	28 °C(82.4 °F)
<b>Tolerancia de corrosión</b>	1/16"

La medición de presión en los tanques de almacenamiento se realiza mediante transmisores de presión, que emiten una señal hacia los controles automáticos. La presión operativa real varía con el modo de operar, las condiciones ambientales y el producto almacenado. La presión de los tanques se mantiene dentro de los límites de diseño por medio de la operación de las válvulas de control unidas a las líneas de retorno de vapor. En general los tanques no alcanzarán los 135 PSIG ya que el sistema tiene capacidad necesaria para mantener la presión por debajo de este punto.

Cada tanque cuenta con dos válvulas de alivio de presión con capacidad UL 27,018 SCFM de aire para satisfacer los requisitos del venteo en caso de incendios según NFPA 58. Las válvulas de alivio están pre fijadas a 250 PSIG.

Los tanques de almacenamiento cuentan con un transmisor de nivel para controlar e indicar el nivel. El transmisor de nivel emite una señal de 4 a 20 mA proporcional al nivel de líquido existente en el tanque. El sistema está diseñado

para emitir alarmas tanto de bajo como de alto nivel así como el control de encendido y apagado de bombas. Los niveles máximos de líquido se determinan sobre la base de la expansión del producto en el recipiente de su almacenamiento nominal presión / temperatura a las condiciones de alivio temperatura / presión. Los valores fijados en nivel alto y de nivel alto alto brindan tiempo suficiente para que el operador interrumpa la operación de llenado antes de alcanzar el valor prefijado alto alto. Los niveles bajos están establecidos para dar el tiempo de advertencia suficiente, a la velocidad de flujo de la bomba de GLP, antes de que el nivel de líquido alcance el punto en que se carga la aspiración neta positiva disponible (NPSHA) sea igual a la carga de aspiración neta positiva requerida (NPSHR) del fabricante. El reducir el nivel por debajo de este punto puede dar lugar a cavitación en la entrada de la bomba que puede dañar la entrada o el impulsor.

Los tanques de almacenamiento cuentan con dos sensores de temperatura, uno está ubicado en la parte superior del tanque (fase vapor) y el otro en la parte inferior (fase líquido). Los valores de temperatura se indican a través del software interfase del operador.

De conformidad con la NFPA 58, hay válvulas de exceso de flujo en todas las conexiones de salida del vapor de proceso y válvulas de retención en todas las tuberías de admisión de líquido y vapor. El modelo usado es FISHER tipo C404M32 con bridas de  $\varnothing$  4", con una capacidad de cierre de 340 GPM de propano líquido.

## 2.4 Instalaciones del sistema de bombeo

Las bombas de GLP transfieren el producto desde los tanques de almacenamiento hacia las líneas de envasado. La tubería del sistema de envío incluye una tubería de  $\varnothing$  6" desde cada tanque. El cabezal de  $\varnothing$  6" se bifurca en dos tuberías de  $\varnothing$  4" a las líneas de envasado. Hay tuberías de recirculación en la descarga de cada bomba para mantener las condiciones mínimas de flujo de las bombas cuando están en funcionamiento pero no se está transfiriendo producto. Las tuberías de recirculación envían el producto de regreso a los recipientes de almacenamiento.

## 2.5 Red de tuberías de distribución de GLP hacia los carruseles

Se cuenta con una red de tuberías tanto para el suministro de líquido así como líneas de retorno de vapores.

Las líneas críticas se encuentran conectadas a la fase vapor a través de las válvulas de alivio.

## 2.6 Otras instalaciones existentes

### 2.6.1 Instalaciones eléctricas

Todos los equipos y conexiones eléctricas cumplen con las normas correspondientes del Código Eléctrico Nacional de los Estados Unidos (NFPA 70). Se cuenta con un centro de control de motores tipo modular con arrancadores armados e interruptores de alimentación extraíbles y barras principales de alimentación con capacidad nominal de 600 ampere en servicio continuo y 45.000 ampere en corto circuito.

Se cuenta con un generador auxiliar de emergencia que tiene capacidad para alimentar ciertas cargas de la planta durante un corte total del suministro externo de energía eléctrica. El generador está equipado con un interruptor termomagnético montado en el bastidor, que protege tanto al generador como al cable de alimentación, por corto circuito o sobrecarga.

Los motores eléctricos son aptos y normalizados para el funcionamiento en el área donde están instalados. Los motores Clase 1, División 2, son a prueba de explosión y salpicaduras. Los motores tienen aislamiento clase F, con límite superior de temperatura correspondiente a la temperatura ambiente de 40 °C.

#### 2.6.2 Sistema contra incendios

El circuito de agua contra incendios es una tubería de 10" de diámetro en la zona de conexión al terminal y una tubería de 6" de diámetro en la zona de tanques. Se cuenta con válvulas de control por cada tanque de almacenamiento. El sistema de tuberías en la zona de almacenamiento incluye a cuatro bocas con lanzas contra incendio. Además cada tanque está protegido por un sistema fijo de rociado. La tasa de cobertura del tanque es de 10,2 L/min/Pie<sup>2</sup> (0,25 GPM/Pie<sup>2</sup>). El sistema tiene una dependencia de 4 horas de abastecimiento de agua.

### 2.6.3 Aire comprimido

El aire comprimido se suministra desde la sala de compresores. Se cuenta con 3 compresores Atlas Copco GA55+ que funcionan de manera alternada, además se cuenta con secadores refrigerados por aire con conmutación automática para secar el aire de instrumentos a un punto de rocío de 0 °C. El sistema incluye dos tanques pulmón distanciados proporcionalmente desde la sala de bombas hasta la línea de envasado. El aire de suministro a los sistemas no debe ser menor a 6 bar (87 PSI) siendo su valor óptimo 7 bar (101.5 PSI).

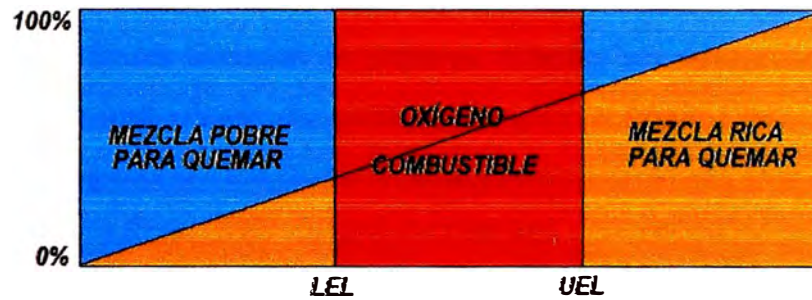
### 2.6.4 Detección de gases

El sistema de detección de gases peligrosos consiste en detectores ubicados en la zona de almacenamiento, en la zona de bombas y compresores de GLP. Cada detector está calibrado para gas propano, para dar una alarma al alcanzar el 25% del LEL (Lower Explosive Level).

Para detallar el concepto de LEL primero debemos entender la definición rango de explosividad. El rango de explosividad es el rango de concentración de un gas o vapor combustible (% por volumen en aire) en que una explosión puede ocurrir con una fuente de calor. En otras palabras es la región entre el rango superior e inferior de inflamabilidad; este rango puede variar dependiendo de las propiedades del gas o vapor.

El límite inferior de inflamabilidad (LEL) o límite inferior de explosividad es el límite de menor concentración en un rango de explosividad para una mezcla combustible.



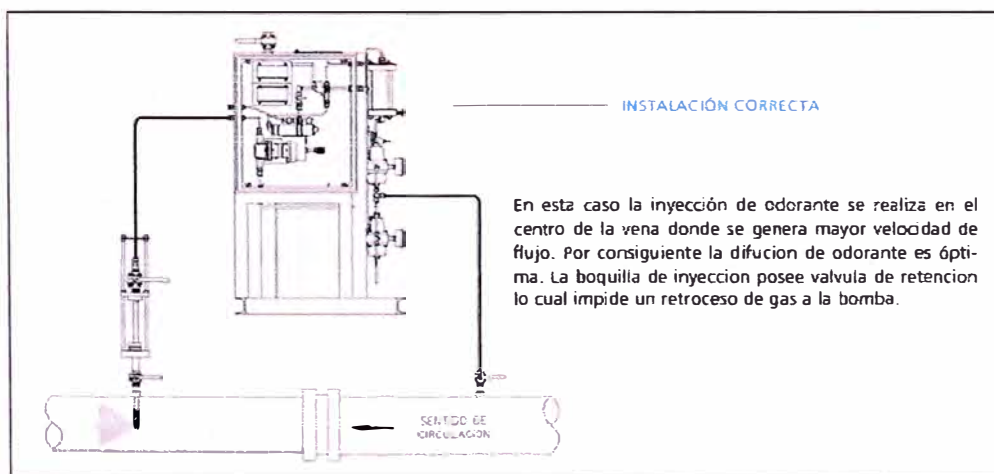


**LIMITE DE EXPLOSIVIDAD DE GASES Y VAPORES**

Lo que normalmente se hace para calibrar los detectores de gas en zonas de riesgo, es configurarlos para que detecten mezclas portenciales, en nuestro caso al 25% de una mezcla mínima para ocasionar una inflamación con una fuente de calor en zonas donde existan emisiones de GLP producto de las operaciones o posibles fallas de equipos críticos.

### 2.6.5 Odorización del Gas LP

Todos los gases licuados de petróleo deberán ser odorizados antes de entregarlos a una planta de almacenamiento a granel, mediante el agregado de un agente de advertencia de características tales que permita detectarlos a través de un olor distintivo, con una concentración en el aire que no supere un quinto del límite inferior de inflamabilidad. Sin embargo no deberá requerir odorización si es perjudicial en el uso o la elaboración posterior del GLP o si dicha odorización no sirviera a ningún propósito útil como agente de advertencia en tal uso o elaboración posterior. La investigación y la experiencia muestran que el Ethyl Mercaptan inyectado a razón de 1 libra por 10,000 galones de GLP debería encontrar este requisito dentro de las condiciones normales de utilización. En la práctica los usuarios inyectan 1,5 libras o más para asegurar una adecuada alerta de la concentración del agente cuando las condiciones podrían ser menores que la ideal.



ODORIZACIÓN POR INYECCIÓN / PARA BAJOS CAUDALES DE GAS

Gráfico No.5

### **3. Normatividad en una planta envasadora de GLP**

#### **3.1 Objetivo**

El objetivo de este capítulo es establecer el marco legal para las actividades relacionadas con el almacenamiento, distribución y comercialización del GLP (incluyendo gasocentros y fabricación de cilindros portátiles de GLP); así como identificar las normas internacionales con las mejores recomendaciones y referencias para su aplicación en el ámbito nacional.

#### **3.2 Reglamentos y normas técnicas**

Son reglas legales lógicas elaboradas por los organismos autorizados por el Estado de conformidad con los procedimientos y formalidades previstos, para regular conductas, señalar deberes, establecer facultades y sanciones en caso de incumplimiento de éstos deberes o infracción de estas mismas normas. Podemos decir que las normas son de diferente nivel siendo la constitución la norma máxima del país y que en ella se derivan todas las demás. Como estableció Hans Kelsen (“Teoría Pura del Derecho”) ‘una pluralidad de normas constituye una unidad, un sistema o un orden cuando su validez reposa en último análisis en una norma única’. Después de ella se deriva jerárquicamente la ley o toda norma con rango de ley (Decreto Legislativo, Decreto Ley u otros). Luego con menor rango jerárquico normativo vienen los Decretos Supremos, las Resoluciones ministeriales, Decretos Regionales, Resoluciones Directoriales, Ordenanzas Municipales, etc.

En el caso normas internacionales, éstas no son de carácter obligatorio pero en caso de acogerse de vuelve obligatorio y depende de la entidad que la

acoja como propia. En casos especiales existe dualidad por lo que normalmente se acoge la norma con mayores factores de seguridad y la más estricta en el tema. Además las normas internacionales sirven de guía ante cambios no considerados por la legislación local.

### 3.2.1 Reglamentos

La legislación nacional relacionada con el funcionamiento y la ampliación de plantas envasadoras está referida en los siguientes reglamentos y normas legales:

#### 3.2.1.1 Reglamento de Comercialización de GLP, aprobado por el Decreto Supremo N° 01-94-EM.

- Decreto Supremo N° 054-99-EM que simplifica procedimientos administrativos y modifican reglamentos sobre seguridad para instalaciones, transporte y establecimientos de venta de gas licuado de petróleo.
- Decreto Supremo N° 001-2007-EM que modifica y complementa el Reglamento de Comercialización de GLP.
- Decreto Supremo N° 004-2007-EM que otorga plazos para el cumplimiento de las obligaciones contenidas en los artículos 10° y 12° del Decreto Supremo N° 001-2007-EM y modifica el Reglamento de Comercialización de GLP.
- Decreto Supremo N° 026-2008-EM que establece plazos y procedimientos para la inscripción en el Registro Temporal de Consumidores Directos, Locales de Venta y Redes de Distribución de GLP.

- Decreto Supremo N° 036-2008-EM que modifica el Decreto Supremo N° 026-2008-EM.

3.2.1.2 Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transporte de Gas Licuado de Petróleo aprobado por el Decreto Supremo N° 027-94-EM.

- Decreto supremo N° 065-2008-EM que Modifica el Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transporte de GLP.
- Fe de erratas Decreto Supremo N° 065-2008-EM.

3.2.1.3 Reglamento de establecimientos de gas licuado de petróleo para uso automotor - Gasocentros aprobado por el Decreto Supremo N° 019-97-EM.

- Decreto supremo N° 029-2007-EM que Modifica el Reglamento de Establecimientos de Venta de GLP para Uso Automotor - Gasocentros y el Glosario, Siglas y Abreviaturas del Subsector Hidrocarburos.
- Fe de erratas Decreto Supremo N° 029-2007-EM.
- Decreto supremo N° 037-2007-EM que Modifica el Reglamento de Establecimientos de Venta de GLP para Uso Automotor - Gasocentros y el Glosario, Siglas y Abreviaturas del Subsector Hidrocarburos.

3.2.1.4 Reglamento de Seguridad para Actividades de Hidrocarburos aprobado por el Decreto Supremo N° 043-2007-EM.

- Fe de erratas Decreto Supremo N° 043-2007-EM.
- Decreto Supremo N° 008-2009-EM que modifica el Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos.

#### 3.2.1.5 Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos aprobado por el Decreto Supremo N° 015-2006-EM.

- Fe de erratas Decreto Supremo N° 015-2006-EM.
- Decreto Supremo N° 065-2006-EM que modifica algunos artículos del Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos.
- Decreto Supremo N° 009-2007-EM que modifica la octava disposición complementaria del Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos.
- Decreto Supremo N° 024-2007 que modifica el artículo 24° y el Anexo 6 del Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos.

#### 3.2.1.6 Reglamento de Seguridad para el Transporte de Hidrocarburos aprobado por el Decreto Supremo N° 26-94-EM.

#### 3.2.1.7 Reglamento de Seguridad para Almacenamiento de Hidrocarburos aprobado por el Decreto Supremo N° 052-93-EM.

### 3.2.2 Normas técnicas

El siguiente listado de Normas Técnicas Peruanas es de carácter obligatorio para todas las actividades en plantas envasadoras de GLP:

<i>GRUPO</i>	<i>CÓDIGO</i>	<i>NOMBRE</i>
Recipientes Portátiles de GLP	<u>NTP 350.011-1:2004</u>	Recipientes Portátiles de 3Kg; 5Kg; 10Kg; 15Kg y 45Kg de Capacidad para Gases Licuados de Petróleo. Parte 1: Requisitos de la fabricación. 2a. ed.
	<u>NTP 350.011-2:1995</u>	Recipientes Portátiles de 5Kg; 10Kg; 15Kg y 45Kg de Capacidad para Gases Licuados de Petróleo. Inspección periódica, mantenimiento y reparación
Reguladores de Recipientes Portátiles	<u>NTP 350.074-1:1995</u>	Recipientes Portátiles para Gases Licuados de Petróleo. Reguladores de Baja Presión. Parte 1: Definiciones
	<u>NTP 350.074-2:1995</u>	Recipientes Portátiles para Gases Licuados de Petróleo. Reguladores de baja presión para uso doméstico. Parte 2: Requisitos
	<u>NTP 350.074-3:1995</u>	Recipientes Portátiles para Gases Licuados de Petróleo. Reguladores de baja presión para uso doméstico. Parte 3: Inspección y Recepción
	<u>NTP 350.074-4:1995</u>	Recipientes Portátiles para Gases Licuados de Petróleo. Reguladores de Baja Presión Para Uso Doméstico. Parte 4: Métodos de Ensayo
	<u>NTP 350.074-5:1995</u>	Recipientes Portátiles para Gases Licuados de Petróleo. Reguladores de baja presión para uso doméstico. Parte 5: Rotulado
Válvulas de Recipientes Portátiles	<u>NTP 360.009-1:2005</u>	Recipientes Portátiles para Gases Licuados de Petróleo. Válvulas. Parte 1: Válvulas semiautomáticas de 20 mm. Requisitos
	<u>NTP 360.009-2:1995</u>	Recipientes Portátiles para Gases Licuados de Petróleo. Válvulas. Parte 2: Válvulas manuales. Requisitos
	<u>NTP 360.009-3:1995</u>	Recipientes Portátiles para Gases Licuados de Petróleo. Válvulas. Parte 3: Inspección y Recepción
	<u>NTP 360.009-4:1995</u>	Recipientes Portátiles para Gases Licuados de Petróleo. Válvulas. Parte 4: Métodos de Ensayo
	<u>NTP 360.009-5:1995</u>	Recipientes Portátiles para Gases Licuados de Petróleo. Válvulas. Parte 5: Inspección periódica y mantenimiento
Consumidor Directo	<u>NTP 321.123</u>	Instalaciones de GLP para Consumidores Directos y Redes de Distribución
Extintores Portátiles	<u>NTP 350.043-1:1998</u>	Extintores Portátiles. Selección, distribución, inspección, mantenimiento, recarga y prueba hidrostática. 1a. ed.
	<u>NTP 350.043-2:1998</u>	Extintores Portátiles. Selección, distribución, inspección, mantenimiento, recarga y prueba hidrostática. Extintores de agentes

		halogenados. 1a. ed.
	<u>NTP 350.062-1:1998</u>	Extintores Portátiles. Parte 1: Métodos de ensayos para calificar la capacidad de extinción. Clase A. 2a. ed.
	<u>NTP 350.062-2:1998</u>	Extintores Portátiles. Parte 2: Método de ensayo para calificar la capacidad de extinción. Clase B. 2a. Ed.
	<u>NTP 350.062-3:1998</u>	Extintores Portátiles. Parte 3: Método de ensayo de conductividad eléctrica. Clase C. 2a. ed.
	<u>NTP 350.062-4:1998</u>	Extintores Portátiles. Parte 4: Métodos de ensayo de capacidad de extinción. Clase D. 2a. ed.
	<u>NTP 833.026-1:2001</u>	Extintores. Empresas de mantenimiento y recarga. Parte 1:Requisitos de equipamiento. 2a. ed.
	<u>NTP 833.030</u>	Extintores Portátiles. Servicio de inspección, mantenimiento, recarga y prueba hidrostática. Rotulado.
	<u>NTP 833.032:2006</u>	Extintores Portátiles para Vehículos Automotores. 2a. ed.
	<u>NTP 833.034:2001</u>	Extintores Portátiles. Verificación.
	<u>NTP 350.034:2003</u>	Extintores Manuales de Polvo Químico Seco. Cargas
	<u>NTP 350.026:2007</u>	Extintores Portátiles Manuales de Polvo Químico Seco. Requisitos. 2a. ed.
Colores, Símbolos y Señales de Seguridad	<u>NTP 399.009:1974</u>	Colores Patrones Utilizados en Señales y Colores de Seguridad
	<u>NTP 399.010-1:2004</u>	Señales de Seguridad. Colores, símbolos, formas y dimensiones de señales de seguridad. Parte 1: reglas para el diseño de las señales de seguridad. 2a. ed.
	<u>NTP 399.011:1974</u>	Símbolos. Medidas y disposición (arreglo, presentación) de las señales de seguridad.
	<u>NTP 399.012:1974</u>	Colores de Identificadores de Tuberías para Transporte de Fluidos en Estado Gaseoso o Líquido en Instalaciones Terrestres y Naves.
	<u>NTP 399.015:2001</u>	Símbolos Pictóricos para Manipuleo de Mercadería Peligrosa. 2a. ed.
	<u>NTP 341.088:1977</u>	Planchas Delgadas de Acero al Carbono para la Fabricación de Recipientes Portátiles para Gases Licuados de Petróleo
	<u>NTP 350.021:2004</u>	Clasificación de los Fuegos y su Representación Grafica. 2a. ed.



### 3.3 Instalaciones mecánicas

#### 3.3.1 Tanque de almacenamiento

- ASME Sección VIII, División I: Reglas para la construcción de recipientes a presión
- API 650: Welded Steel Tanks for Oil Storage
- API 620: Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks

#### 3.3.2 Puntos de recepción y abastecimiento de GLP e instalaciones en general.

- NFPA 58: Código del gas licuado de petróleo
- API 1104: Welding of Pipelines and Related Facilities

#### 3.3.3 Instrumentación.

- ANSIISA-S5.1-1984(R1992): Instrumentation Symbols and Identification

#### 3.3.4 Sistema de bombeo

- NFPA 20: Norma para la instalación de bombas estacionarias Contra Incendios
- NFPA 58: Código del gas licuado de petróleo

#### 3.3.5 Tuberías

- ASME B31.1: Power Piping
- ASME B31.3: Process Piping

- ASME B31.4: Pipeline Transportation Systems for liquid hydrocarbons and other liquids.
- ASME B31.8: Gas Transmission and Distribution Piping Systems
- ASME\ANSI B36.10: Carbon, Alloy and Stainless Pipes.

### 3.4 Instalaciones eléctricas

- NFPA 70: National Electrical Code
- NFPA 497: Práctica recomendada para la clasificación de líquidos inflamables, gases o vapores inflamables y de Áreas Peligrosas (clasificadas) para Instalaciones Eléctricas en áreas de procesamiento químico.

## 4. Distribución de componentes

### 4.1 Objetivo.

El objetivo del presente capítulo es la compilación de las recomendaciones aplicables a la ampliación de una planta envasadora de GLP.

### 4.2 Distribución de componentes

#### 4.2.1 Tanque de almacenamiento

Según el artículo 126 del D.S. 027-94 EM, los tanques estacionarios para el almacenamiento de GLP a granel para consumo de usuarios deberán fabricarse conforme a las Normas Técnicas Peruanas y en su ausencia según el Código ASME Sección VIII. Los sistemas o componentes ensamblados para armar sistemas deberán aprobarse según lo especificado en la siguiente tabla:

<i>Recipientes utilizados</i>	<i>Capacidad de agua</i>		<i>La aprobación se aplica a</i>
	<i>galones</i>	<i>Metros cúbicos</i>	
<b>Cilindros</b>	< 120	< 0,445	Válvulas de recipientes y conectores. Conjunto de válvulas múltiples Reguladores y dispositivos de alivio de presión.
<b>Recipientes ASME</b>	≤ 2000	≤ 7,6	Sistema del recipiente incluido el regulador o conjunto del recipiente y el regulador por separado
<b>Recipientes ASME</b>	>2000	>7,6	Válvulas del recipiente Válvulas de exceso de flujo del recipiente, válvulas de no retroceso o medios alternativos para proveer esta protección en los recipientes, tales como válvulas internas manuales o automáticas operadas por control remoto. Dispositivos de medición de recipientes Reguladores y dispositivos de alivio de presión de los recipientes

**Tabla No. 4. Extraído de NFPA 58 tabla 4.1.1 Recipientes**

Los recipientes de uso general no deberán tener capacidades de agua individuales mayores a 120,000 galones (454 m<sup>3</sup>).

La máxima presión permitida para recipientes ASME deberá estar en concordancia con la tabla:

<i>Presión de vapor máxima en psig (Mpag)</i>		<i>Máxima presión de trabajo permitida en psig (Mpag)</i>	
<b>A 100 oF</b>	<b>A 37,8 oC</b>	<b>Código ASME</b>	<b>API-ASME</b>
<b>80</b>	0,6	100 (0,7)	100 (0,7)
<b>100</b>	0,7	125 (0,9)	125 (0,9)
<b>125</b>	0,9	156 (1,1)	156 (1,1)
<b>150</b>	1,0	187 (1,3)	187 (1,3)
<b>175</b>	1,2	219 (1,5)	219 (1,5)
<b>215</b>	1,5	250 (1,7) *	250 (1,7) *
<b>215</b>	1,5	312 (2,0) *	312 (2,2) *

**Tabla No.5. Extraída de NFPA 58. Tabla 5.2.4.2**

**\*Ver 6.2.1.3 (A), (B), (C) para la presión de diseño mínima requerida para recipientes ASME para combustible de motores y móviles.**

Los recipientes que deban ser llenados por volumen, deberán fabricarse de modo de poder ser equipados con uno o más medidores de nivel de líquido que indiquen el nivel máximo de llenado permitido.

Las conexiones de las válvulas de alivio de presión deberán ubicarse e instalarse de tal modo que tengan comunicación directa con el espacio de vapor ya sea que el recipiente se encuentre vacío, fuera de uso en almacén o que se esté utilizando.

Los accesorios de los recipientes deberán fabricarse de materiales que sean compatibles con el GLP y deberán ser resistentes a la acción del

GLP bajo condiciones de servicio. No se deberá usar fundición de hierro gris. Las partes metálicas de los accesorios que resisten presión deberán tener un punto de fusión mínimo de 1500 oF (816 oC) exceptuando elementos fusibles, medidores de nivel de líquido variable aprobados o listados. Los accesorios de los recipientes deberán tener una clasificación de presión de trabajo de por lo menos a 250 psig (1,7 Mpag).

Los recipientes ASME deberán ser equipados con una o más válvulas de alivio de presión diseñadas para liberar vapor. Los recipientes ASME para Gas LP deberán ser equipados con válvulas directas de descarga de presión tipo a resorte cargado que respeten los requisitos aplicables de la norma UL 132, *Norma sobre las válvulas de descarga de seguridad para amoníaco o anhídrido y Gas LP*. El ajuste de inicio de pérdida debe estar de acuerdo con la siguiente tabla:

<i>Recipientes</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Todos los códigos ASME anteriores a la edición 1949, UG-68 y UG-69	110 %	125 % *
Todos los códigos ASME UG-200 y U-201, y todos los códigos posteriores a 1949	100 %	100 % *
*Se permite a los fabricantes de válvulas de alivio de presión una toletancia adicional de 10% de la presión de ajuste marcada sobre la válvula. NFPA 58 Tabla 5.7.2.4		
<b>Tabla No.6</b>		

La tasa de descarga mínima de las válvulas de alivio deberá estar en concordancia con la siguiente tabla o en su defecto ser calculada por la siguiente relación:

$$Q = 53,632xA^{0,82}$$

Donde:

Q es la tasa de flujo expresada en pies<sup>3</sup>/minuto, de aire y

A es la superficie externa total del recipiente, en pies cuadrado.

**Tabla 5.7.2.5 Capacidad de Flujo de la Válvula de Alivio de Presión en Función de la Superficie del Recipiente**

Superficie (Pies <sup>2</sup> )	Tasa de Flujo (Pies <sup>3</sup> /min Aire)	Superficie (Pies <sup>2</sup> )	Tasa de Flujo (Pies <sup>3</sup> /min Aire)	Superficie (Pies <sup>2</sup> )	Tasa de Flujo (Pies <sup>3</sup> /min Aire)
≤20	626	170	3620	600	10.170
25	751	175	3700	650	10.860
30	872	180	3790	700	11.550
35	990	185	3880	750	12.220
40	1100	190	3960	800	12.880
45	1220	195	4050	850	13.540
50	1330	200	4130	900	14.190
55	1430	210	4300	950	14.830
60	1540	220	4470	1000	15.470
65	1640	230	4630	1050	16.100
70	1750	240	4800	1100	16.720
75	1850	250	4960	1150	17.350
80	1950	260	5130	1200	17.960
85	2050	270	5290	1250	18.570
90	2150	280	5450	1300	19.180
95	2240	290	5610	1350	19.780
100	2340	300	5760	1400	20.380
105	2440	310	5920	1450	20.980
110	2530	320	6080	1500	21.570
115	2630	330	6230	1550	22.160
120	2720	340	6390	1600	22.740
125	2810	350	6540	1650	23.320
130	2900	360	6690	1700	23.900
135	2990	370	6840	1750	24.470
140	3080	380	7000	1800	25.050
145	3170	390	7150	1850	25.620
150	3260	400	7300	1900	26.180
155	3350	450	8040	1950	26.750
160	3440	500	8760	2000	27.310
165	3530	550	9470	---	---

Tabla No.7, Extraído de NFPA 58

Las válvulas de descarga para recipientes ASME sobre superficie deberán activarse a un valor no menor que la especificada en la tabla 5.7.2.5 antes de que la presión supere el 120% del ajuste mínimo de presión de inicio de pérdida permitido para el dispositivo (esto no incluye el 10% de tolerancia). Las válvulas de cierre no deberán instalarse entre

el dispositivo de alivio de presión y el recipiente a menos que se instale una válvula de alivio múltiple de presión listada. Los dispositivos de alivio de presión en los recipientes ASME deberán instalarse de modo tal que todo gas liberado se ventee lejos del recipiente hacia arriba y sin obstrucción alguna hacia el aire libre; se deberán proveer sombreretes u otros medios que minimicen la posibilidad de entrada de agua u otros materiales extraños en el dispositivo de alivio o cualquier tubería de descarga, además, deberán tomarse recaudos para el drenaje donde se prevea la acumulación de agua.

En todo recipiente sobre superficie de más de 2000 galones de capacidad de agua, la descarga de la válvula de alivio de presión deberá conducirse verticalmente hacia arriba mediante tubería en un punto por lo menos 2 metros por encima de la parte superior del recipiente y la abertura de descarga no deberá tener obstrucción hacia el aire libre (para recipientes subterráneos deberán tener una altura no menor de 3 metros sobre el nivel del piso. La tubería de descarga deberá diseñarse, de modo que si se aplica una fuerza excesiva sobre la tubería de descarga resultará en una rotura del lado de descarga de la válvula y no del lado de la entrada, sin dañar el funcionamiento de la válvula.

Los recipientes ASME con capacidad de agua mayor que 4000 galones deberán estar equipados de acuerdo a lo siguiente:

- A. Las aberturas de extracción de vapor deberán estar equipadas con uno de los siguientes dispositivos:

1. Válvula de cierre positivo ubicada tan cerca como sea posible del recipiente en combinación con una válvula de exceso de flujo instalada en el recipiente.
  2. Una válvula interna.
- B. Se deberá equipar a los orificios de extracción de líquido en instalaciones nuevas con una válvula interna adaptada para el cierre remoto y el cierre automático, que utilice accionamiento térmico (a fuego) donde el elemento térmico este ubicado dentro de 1,5 m. de la válvula interna.
- C. Las aberturas de entrada de líquido en las instalaciones deberán estar equipados con uno de los siguientes dispositivos:
1. Una válvula interna adaptada para el cierre remoto y el cierre automático que utilice accionamiento térmico dentro de 1.5m. de distancia de la válvula interna.
  2. Una válvula de cierre de emergencia que esté instalada en la tubería corriente arriba tan cerca como sea posible de una válvula de cierre positivo, en combinación con una válvula de exceso de flujo instalada en el recipiente.
  3. Una válvula de cierre positivo que esté ubicada tan cerca como sea posible al recipiente, en combinación de una válvula de no retroceso diseñada para la aplicación prevista e instalada en el recipiente.



Según la norma NFPA 58 en el capítulo 5 establece los requisitos para las instalaciones en plantas de almacenamiento a granel y plantas industriales:

**Tabla No.8 Extraído de NFPA 58, 5.7.7.3 Requisitos para conexiones y accesorios para instalaciones de recipientes nuevas y existentes en Plantas de Almacenamiento a Granel y Plantas Industriales**

Servicio	2001 gal hasta 4000 gal de capacidad de agua	Mayores a 4000 galones de capacidad de agua	Requisitos para recipientes mayores a 4000 gal de capacidad de agua con o sin válvulas internas	
			Sin válvulas internas existentes (antes del 1/7/11)	Con válvulas internas existentes
<b>Entrada de vapor</b>	Opción (A) u (B) u (C)	Opción (A) u (B) u (C)	Ver nota	Ver nota
<b>Salida de vapor</b>	Opción (B) u (C)	Opción (B) u (C)	Ver nota	Ver nota
<b>Entrada de líquido</b>	Opción (A) u (B) u (C)	Opción (D) u (E)	Opción (D) u (E) u (F) u (G)	RT
<b>Salida de líquido</b>	Opción (B) u (C)	Opción (E)	Opción (E) u (H)	RT

**Opción (A):** Válvula de cierre positivo instalada tan cerca como sea posible de una válvula de no retroceso instalada en el recipiente.

**Opción (B):** Válvula de cierre positivo instalada tan cerca como sea posible de una válvula de exceso de flujo instalada en el recipiente.

**Opción (C):** Válvula interna instalada en el recipiente o una válvula de exceso de flujo

**Opción (D):** Válvula de cierre positivo instalada tan cerca como sea posible de una válvula de no retroceso diseñada para la aplicación prevista e instalada en el recipiente.

**Opción (E):** Válvula interna instalada en el recipiente equipada para cierre remoto y automático que utilice activación térmica (a fuego) dentro de 5 pies de distancia de una válvula o una válvula de exceso de flujo.

**Opción (F):** Válvula de cierre de emergencia equipada para cierre remoto y automático que utilice activación térmica (a fuego), instalada en la cañería corriente arriba y una válvula de exceso de flujo.

**Opción (G): Válvula de no retroceso diseñada para la aplicación deseada, instalada en la cañería corriente arriba, tan cerca como se pueda de la combinación existente de una válvula de cierre positivo y una válvula de exceso de flujo.**

**Opción (H): Válvula de cierre de emergencia equipada para cierre remoto y cierre automático que utilice activación térmica (a fuego), instalada en la cañería río abajo tan cerca como se pueda de una combinación existente de una válvula de cierre positivo y una válvula de exceso de flujo.**

**RT: Equipar una válvula interna existente para cierre remoto y automático que utilice accionamiento térmico (a fuego) dentro de los 5 pies de una válvula interna.**

Las válvulas de exceso de flujo deberán estar diseñadas con un orificio compensador (bypass) que no deberá exceder la abertura de una broca No. 60 para permitir la ecualización de la presión.

Los dispositivos medidores de líquido deberán ser instalados en todos los recipientes llenados por volumen, estos dispositivos podrán ser medidores de nivel máximo de líquido fijos o medidores variables del tipo con tubo deslizante, rotativo o flotante (o una combinación de tales medidores). Además se debe considerar que todo recipiente diseñado para el llenado volumétrico debe estar equipado con uno o más medidores fijos del nivel máximo de líquido para indicar el o los niveles máximos de llenado para el o los servicios en que se llene o utilice el recipiente. Para los medidores tipo tubo fijo, la longitud del tubo de inmersión se mide desde el centro superior del lomo hasta el nivel máximo permitido.

Los manómetros deben estar fijados directamente al orificio del recipiente o a una válvula o accesorio que se encuentre directamente fijado a la abertura del recipiente. Si el área transversal de abertura del recipiente es mayor que la de una broca No. 54 se deberá prever de una válvula de exceso de flujo para la conexión del recipiente.

Para la protección de accesorios del recipiente, consideramos que, todos los accesorios del recipiente a excepción de aquellos utilizados para los dispositivos de alivio de presión, dispositivos medidores de nivel de líquido, manómetros, válvulas de retención dobles, combinaciones de válvulas de no retroceso y exceso de flujo en retorno de vapor, válvulas de exceso de flujo de extracción de líquido comandadas y aberturas taponadas, deberán estar equipadas con válvulas internas o con válvulas de cierre positivo y válvulas de exceso de flujo o de no retroceso. Para recipientes ASME si las válvulas están instaladas fuera del recipiente la instalación deberá realizarse de modo que todo esfuerzo mas allá de la válvula de no retroceso o de exceso de flujo no provoque una rotura entre el recipiente y la válvula; además las válvulas de cierre deberán ubicarse tan cerca como sea posible al recipiente. Las válvulas de cierre deberán instalarse en una ubicación fácilmente accesible, a menos de 1.8 m por sobre el nivel del piso y deben tener manijas de extensión.

Como parte del diseño y distribución de accesorios en las instalaciones debemos considerar escenarios donde las válvulas de cierre deberán ser de fácil acceso para su operación y mantenimiento bajo condiciones normales y de emergencia.

Las conexiones de entrada y salida de los recipientes ASME deberán ser etiquetados para indicar si se comunican con un espacio de vapor o de líquido.

Los recipientes ASME horizontales, diseñados para instalación permanente en servicio estacionario sobre superficie deberán ubicarse sobre estructuras de mampostería u otros soportes estructurales incombustibles ubicados sobre cimientos de hormigón o mampostería con los soportes del recipiente. Donde se utilicen apoyos para sostener al

recipiente, los mismos deberán permitir la expansión o contracción y evitar una excesiva concentración de esfuerzos.

Los recipientes ASME que tienen interconexiones de líquido deben instalarse de modo que el máximo nivel de llenado permitido de cada recipiente esté a la misma elevación.

#### 4.2.2 Sistema de bombeo de GLP

El factor más importante del diseño de instalaciones de Gas LP es impedir que éste se transforme en vapor por varias razones:

- El vapor al ingresar en la bomba desplaza al líquido, lo cual disminuye el flujo de líquido.
- Las mezclas líquido/vapor causan flujo inestable e irregular, lo que induce a vibraciones que causan un desgaste prematuro.
- La diferencia de conductividad térmica produce variaciones de temperatura en los sellos de las bombas.

La formación de vapor en la línea de succión de la bomba se puede atribuir a dos causas:

1. Transferencia de calor a la línea desde una fuente externa, lo cual causa que haya ebullición inducida externamente.
2. Caídas de presión en la línea, lo cual causa que haya ebullición inducida internamente.

Debe tomarse en cuenta la transferencia de calor siempre que exista una diferencia muy grande entre las temperaturas diurnas y nocturnas. Para reducir al mínimo la transferencia de calor debe reducirse el área de superficie instalando una línea de succión lo más corta posible.

Las caídas de presión que se atribuyen a la formación de vapor en la línea de succión pueden atribuirse a tres causas:

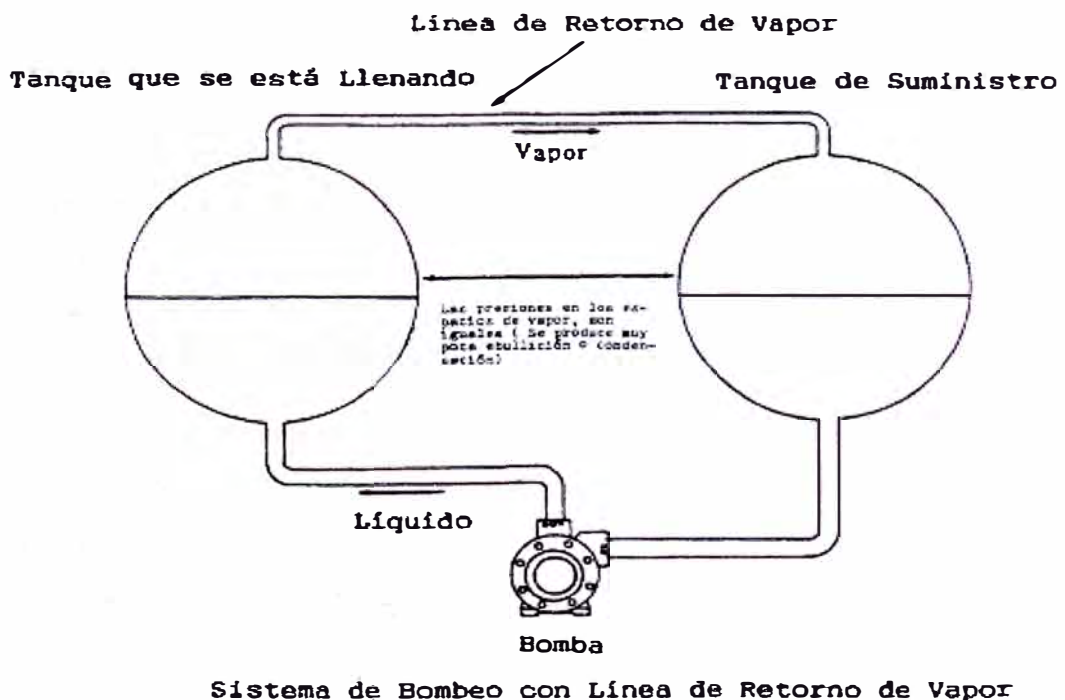
1. Cambios en la elevación.
2. Fricción
3. Arrastre de vapor

En las tuberías de mayor diámetro, la velocidad del líquido es menor, por lo tanto la caída de presión es menor. Las restricciones en la línea producen velocidades más altas y mayores caídas de presión, estas restricciones pueden ser debido a filtros, válvulas de exceso de flujo o válvulas de retención, por lo que se deben seleccionar accesorios de tal forma que restrinjan el flujo lo menos posible.

La línea de succión para una bomba debe ser diseñada de manera que evite que la presión del líquido caiga por debajo de la presión de ebullición en cualquier punto de la línea de succión.

No es muy práctico y además es muy costoso diseñar una instalación que impida la evaporación en la línea de succión bajo toda condición de operación, principalmente debido a las válvulas de exceso de flujo. Los reglamentos de seguridad requieren que todas las entradas y salidas de un tanque de GLP estén equipadas con válvulas de exceso de flujo. La válvula de exceso de flujo se cierra cuando una cantidad anormalmente grande de vapor o líquido sale del tanque.

El vapor que se forma en el tanque de abastecimiento y que entra a la bomba se denomina vapor de arrastre. El arrastre de vapor se debe a una caída de presión en el interior del tanque de abastecimiento. A medida que la bomba saca líquido del tanque, el espacio que ocupa el vapor crece, causando que la presión del tanque baje. Esto hace que el líquido hierva y se convierta en vapor con el fin de aumentar la presión de vapor nuevamente. Desafortunadamente la evaporación ocurre en el fondo del tanque. Este es precisamente el punto por el cual existe la mayor probabilidad de que sea arrastrado hacia la línea de succión. El mejor método para reducir el arrastre de vapor es mediante una línea de retorno de vapor de otro tanque, a medida que se extrae el líquido, éste es reemplazado por el vapor del tanque conectado por la línea de vapores, compensando así la diferencia de presión.





**Tabla No.9. Extraída de NFPA 58 tabla 5.8.4.1 Régimen de presión de servicio de tubos, accesorios para tuberías y válvulas**

<b>Servicio</b>	<b>Presión Mínima</b>
<b>Mayor a la presión del recipiente</b>	350 psig, o la máxima presión de trabajo permitida, la que sea mayor o 400 psig régimen WOG
<b>Gas LP líquido o vapor a presión de operación mayor que 125 psig y la presión equivalente o menor a la del recipiente</b>	250 psig
<b>Vapor de gas LP a una presión de operación de 125 psig o menos</b>	125 psig

#### 4.2.3.1 Del sistema de recepción de GLP

Las tuberías de los sistemas deberán dirigirse de un punto al otro del modo más directo posible y con la menor cantidad posible de accesorios, cuando pudiese ocurrir condensación de vapor, las tuberías deberán presentar una inclinación hacia el recipiente o medios adecuados para revaporizar el condensado. Se prohíbe la utilización de tubos y tuberías no metálicas o mangueras para interconectar recipientes en forma permanente. Se debe considerar la instalación de por lo menos una estación de cierre remoto para válvulas internas en servicio de líquido, a una distancia no menor de 7,6 m ni mayor de 30 m.

#### 4.2.3.2 De los tanques hacia las bombas de GLP

Los sistemas de tuberías que incluyan interconexiones entre recipientes instalados de modo permanente, deberán tomarse recaudos para compensar la dilatación, contracción, trepidación, vibración y el asentamiento.



#### 4.2.3.3 De las bombas hacia las líneas de llenado de GLP

Las bombas deben instalarse según las recomendaciones del fabricante. La instalación deberá realizarse de modo que la carcasa de la bomba no esté sometida a tensiones excesivas transmitidas por las tuberías de aspiración y descarga. Esta protección deberá lograrse a través del diseño de las tuberías, el uso de conectores flexibles o bucles de dilatación u otros medios.

Las bombas de desplazamiento positivo deberán incorporar una válvula de derivación o dispositivo de recirculación para limitar la presión de operación normal de descarga, la válvula de derivación o el dispositivo de recirculación para limitar la presión de operación normal de descarga deberá descargar en un recipiente de almacenaje o en la aspiración de la bomba.

Debe considerarse la instalación de filtros, de modo que el elemento filtrante pueda quitarse sin sacar la bomba o la tubería.

Las tuberías utilizadas a presiones superiores a la presión del recipiente, como las del lado de descarga de las bombas de transferencia de líquido, deberán diseñarse a una presión nominal de por lo menos 350 psig. Las tuberías para vapor de gas LP con presiones de operación mayores a 125 psig deberán diseñarse para una presión de por lo menos 250 psig.

Las bombas y los compresores deberán estar diseñados para el servicio con gas LP según la siguiente tabla:

<i>Fluido</i>	<i>Presión</i>	<i>Presión de diseño del equipo</i>
<b>Vapor de Gas</b>	$\leq 20$ psig	La presión máxima prevista
<b>LP</b>	20-125 psig	125 psig
	$> 125$ psig	250 psig o la presión prevista, la que sea mayor
<b>Gas LP</b>	$\leq 250$ psig	250 psig
<b>Líquido</b>	$> 250$ psig	350 psig o la presión prevista, la que sea mayor.

**Tabla No.10. Extraída de NFPA 58, Tabla 5.15.1.2 Índice de presión de servicio**

### 4.3 Distribución de otros equipos e instalaciones

#### 4.3.1 De las instalaciones eléctricas

Los equipos eléctricos y el cableado instalados en áreas no clasificadas y clasificadas deberán estar en conformidad con la norma NFPA 70.

A continuación se detalla la tabla general para la clasificación de áreas eléctricas:

<i>Parte</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Extensión del área clasificada</i>	<i>El equipo deberá aprobarse para la clase 1, grupo D</i>
<b>A</b>	Recipientes no refrigerados, diferentes de cilindros y recipientes verticales ASME, de menos de 1000 libras de capacidad de agua	Dentro de los 4,6 m en todas las direcciones desde las conexiones	División 2
<b>B</b>	Recipientes de almacenaje refrigerados	Dentro de 4,6 m en todas las direcciones El área en el interior del dique hasta el nivel superior del dique.	División 2 División 2

<b>C</b>	Carga y descarga de camiones tanque y vagones cisterna	Dentro de 1,5 m en todas las direcciones desde las conexiones realizadas o descanectadas normalmente para la transferencia del producto Más allá de 1,5 m pero dentro de los 4,6 m en todas las direcciones desde el punto donde se efectúen conexiones o se desconecten normalmente, y dentro del volumen cilíndrico entre el ecuador horizontal de la esfera y el nivel del piso.	División 1
<b>D</b>	Abertura de venteo de medidores dieferentes de aquellas sobre cilindros y recipientes ASME verticales de menos de 1000 libras de capacidad de agua	Dentro de 1,5 m en todas las direcciones desde el punto de descarga. Más allá de 1,5 m pero dentro de 4,6 m en todas las direcciones desde el punto de descarga	División 1
<b>E</b>	Descarga del dispositivo de alivio de presión distintos de aquellos sobre cilindros y recipientes ASME verticales de menos de 1000 libras de capacidad de agua y vaporizadoras	Dentro del camino directo de la descarga	Nota: Preferentemente no se debería instalar equipos eléctricos fijos
<b>F</b>	Bombas, compresores de vapor, mezcladores gas-aire y vaporizadores (diferentes a los de llama directa o los de llama indirecta con una fuente de calor alimentada a gas unida o dayacente a los mismos)		
	En el interior sin ventilación	La totalidad de la habitación y toda otra habitación adyacente no separada por una división hermética al gas	División 1
		Dentro de 4,6 m de la cara externa de toda la pared externa o techo que no sean herméticos al vapor o dentro de los 4,6 m de toda abertura externa.	División 2
	En el interior con ventilación	La totalidad de la habitación y toda otra habitación adyacente no separada por una división hermética al gas	División 2

	En el exterior al aire libre a nivel o por encima del nivel del piso	Dentro de los 4,6 m en todas las direcciones desde el equipo y dentro del volumen cilíndrico entre el ecuador horizontal de la esfera y el nivel del piso.	División 2
<b>G</b>	Surtidor de combustible para vehículos	La totalidad del espacio dentro del encerramiento del surtidor y a 0,46 m horizontalmente desde el exterior del encerramiento hasta una altura de 1,2 m por encima de la base del surtidor, la totalidad del foso o del espacio abierto por debajo del surtidor Hasta 0,46 sobre el nivel del piso, dentro de 6,1 m horizontalmente desde todo borde de encerramiento.	División 1  División 2
<b>H</b>	Fosos o trincheras que contengan o se ubiquen por debajo de válvulas, bombas, compresores de vapor, reguladores para Gas LP y equipos similares Sin ventilación mecánica	La totalidad del foso o trinchera La totalidad de la habitación y toda habitación adyacente no separada por una división hermética al gas. Dentro de los 4,6 m en todas las direcciones desde el foso o trinchera, cuando se ubique en el exterior.	División 1 División 2 División 2
	Con ventilación mecánica	La totalidad del foso o trinchera La totalidad de la habitación y toda habitación adyacente no separada por una división hermética al gas. Dentro de los 4,6 m en todas las direcciones desde el foso o trinchera, si están ubicados en el exterior.	División 2 División 2 División 2
<b>I</b>	Edificios habitaciones especiales para el almacenaje de cilindros	La totalidad de la habitación	División 2
<b>J</b>	Gasoductos y conexiones que contengan purgas operacionales, goteadores, venteos o drenajes	Dentro de 1,5 m en todas las direcciones desde los puntos de descarga Más allá de 1,5 m desde el punto de	División 1

<b>K</b>	Llenado de cilindros En el interior con ventilación	descarga igual que la parte F	
		Dentro de 1,5 m en todas las direcciones desde el punto de transferencia	División 1
	En el exterior al aire libre	Más allá de 1,5 m y la totalidad de la habitación	División 2
		Dentro de 1,5 m en todas las direcciones desde el punto de transferencia	División 1
<b>L</b>	Muelles y embarcaderos	Más allá de 1,5 m pero dentro de los 4,6 m en todas las direcciones desde el punto de transferencia y dentro del volumen cilíndrico entre el ecuador horizontal de la esfera y el nivel del piso.	División 2
		Dentro de 1,5 m en todas las direcciones desde las conexiones realizadas o desconectadas regularmente para la transferencia del producto	División 1
		Más allá de 1,5 m pero dentro de los 4,6 m en todas las direcciones desde un punto donde las conexiones se realicen o se desconecten regularmente y dentro del volumen cilíndrico comprendido entre el ecuador horizontal de la esfera y la plataforma de la embarcación	División 2

**Tabla No.11. Extraído de NFPA 58 Tabla 6.20.2.2 Clasificación de áreas eléctricas**

Las disposiciones descritas en la tabla anterior no deberán aplicar a los equipos eléctricos fijos en instalaciones residenciales o comerciales de sistemas de Gas LP.

En general podemos resumir la clasificación general de áreas clasificadas en función del siguiente gráfico:

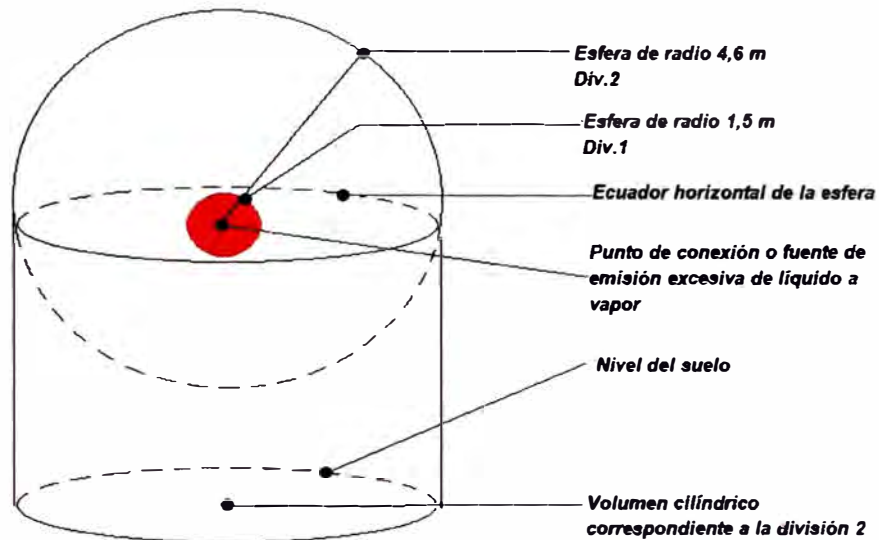


Gráfico No.8

#### 4.3.2 De los equipos de seguridad

Se deberá instalar una válvula de alivio hidrostática o un dispositivo que prevea una protección por alivio de presión de cada sección de la tubería, en la cual pueda quedar líquido aislado de Gas LP líquido entre dos válvulas de cierre, para liberar la presión que pudiese generarse debido al líquido atrapado en una atmósfera segura o en una sección para retención del producto.

En referencia al control de fuentes de ignición de mezclas inflamables Gas LP y aire resultantes del escape normal o accidental de cantidades nominales de líquido o vapor debemos considerar lo siguiente:

- No se deberá requerir la instalación de equipos de protección contra rayos sobre recipientes de almacenamiento de GLP. Para información sobre protección contra rayos se puede revisar la norma NFPA 780.

No se deberá requerir puesta a tierra ni interconexión eléctrica en los sistemas de Gas LP. Dado que el Gas LP está conectado a un sistema cerrado de tuberías y equipos no es necesario que el sistema sea eléctricamente conductor o que esté directamente interconectado para la protección contra electricidad estática. Para información sobre la puesta a tierra y la interconexión eléctrica para la protección contra electricidad estática se puede revisar la NFPA 77.

Deberán preverse caminos u otros medios de acceso para equipos de emergencia tales como equipos del departamento de bomberos. Se debe considerar que los incendios de Gas LP no deberán extinguirse hasta que la fuente de gas no haya sido cortada.

Si se utilizan sistemas fijos de pulverización de agua y monitores deberán cumplir con la norma NFPA 15.

## 5. Implementación de las Nuevas Instalaciones

Con la finalidad de permitir mayor flexibilidad a las operaciones de almacenamiento y envasado la planta envasadora se ha propuesto ejecutar las siguientes obras:

Interconectar 2 nuevos tanques al sistema de almacenamiento.

Instalar una nueva bomba y reubicar las bombas existentes en una nueva plataforma.

Interconectar los tanques existentes a un manifold de succión de las bombas de llenado existentes.

Interconectar el manifold de descarga de las 4 bombas con los sistemas de llenado de GPL de las tres líneas de llenado.

Conectar un manifold recolector de vapores de las líneas de llenado con los nuevos tanques.

Interconectar el sistema al retorno de vapores de la red de alimentación principal de GPL de la planta encargada del suministro de GPL.

Instalar instrumentos de medición de presión, temperatura de fase líquido y vapor, medición de nivel contrastado.

Instalar válvulas ON-OFF, válvulas de alivio del sistema de tuberías y en los nuevos tanques.

Ampliar los tableros y las líneas de alimentación de la lógica de control instalada.

### 5.1 Verificación del diseño del tanque.

#### 5.1.1 Diseño mecánico

##### 5.1.1.1 Dimensiones principales



La planta de Envasado ha planeado duplicar su capacidad de almacenamiento adquiriendo 2 tanques de 30,000 galones cada uno, para los cual ha elaborado una memoria de cálculo de validación de características de los tanques a adquirir.

<i>Condiciones de diseño</i>	<i>ASME Sección VIII, División 1</i>
<b>Capacidad de los tanques de almacenamiento</b>	30,000 galones (113,5624 m <sup>3</sup> )
<b>Presión de diseño</b>	250 psig (1,7 Mpa)
<b>Presión de operación</b>	100 - 120 psig (0,69 – 0,83 Mpa)
<b>Presión de prueba hidrostática</b>	375 psig (2,59 Mpa)
<b>Temperatura de diseño</b>	38 oC
<b>Capacidad de almacenamiento</b>	80 %
<b>Pruebas radiográficas</b>	100%
<b>Eficiencia de las juntas</b>	100 %

Tabla No.12

Las dimensiones totales del recipiente:

$$\text{Volumen del cuerpo cilíndrico:} \quad V1 = \pi.R^2.Lc \quad (1)$$

$$\text{Volumen del cuerpo esférico :} \quad V2 = (4/3).\pi.R^3 \quad (2)$$

$$\text{Volumen total} \quad : \quad VT = V1+V2 \quad (3)$$

$$VT = 30,000 = \pi.R^2.(Lc+(4/3).R) \quad (4)$$

Donde:

R: Radio nominal del cuerpo cilíndrico y esférico

D: Diámetro nominal del cuerpo cilíndrico y esférico

L: Longitud total incluyendo los casquetes.

Lc: Longitud del cuerpo cilíndrico

De la tabla A.5 (Anexos) podemos elaborar una tabla para simular la variedad de dimensiones a determinar en función de la relación (4). Los tanques de almacenamiento instalados en planta nos permiten acerrar las dimensiones de los nuevos tanques, debido a que tenemos un dique que limita la longitud y nos permite tener una espaciamento máximo de 3 metros, en función de ello seleccionamos las siguientes dimensiones:

$$D = 2,85$$

$$Lc = 16,5 \text{ m}$$

$$L = 19,35 \text{ m}$$

$$VT = 117,38 \text{ m}^3$$

<b>R (m)</b>	<b>Diametro (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Lc (m)</b>	<b># PLanchas 5'x20'</b>	<b>Lc real (m)</b>	<b>Vol real (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Error (%)</b>	<b>Lc/R</b>
<b>0.500</b>	1.00	113.5624	143.92547	96	144	113.62093	0.05%	288
<b>0.525</b>	1.05	113.5624	130.44933	87	130.5	113.60627	0.04%	248
<b>0.550</b>	1.10	113.5624	118.7643	79	118.5	113.31123	0.22%	216
<b>0.575</b>	1.15	113.5624	108.56576	72	108	112.97475	0.52%	189
<b>0.600</b>	1.20	113.5624	99.611207	66	99	112.87114	0.61%	166
<b>0.625</b>	1.25	113.5624	91.705635	61	91.5	113.31005	0.22%	147
<b>0.650</b>	1.30	113.5624	84.690812	56	84	112.64547	0.81%	130
<b>0.675</b>	1.35	113.5624	78.43725	52	78	112.93653	0.55%	116
<b>0.700</b>	1.40	113.5624	72.838166	49	73.5	114.58121	0.90%	104
<b>0.725</b>	1.45	113.5624	67.804862	45	67.5	113.05898	0.44%	94
<b>0.750</b>	1.50	113.5624	63.263173	42	63	113.09734	0.41%	84
<b>0.775</b>	1.55	113.5624	59.150699	39	58.5	112.33458	1.08%	76
<b>0.800</b>	1.60	113.5624	55.414637	37	55.5	113.73403	0.15%	69
<b>0.825</b>	1.65	113.5624	52.01006	35	52.5	114.61001	0.92%	63
<b>0.850</b>	1.70	113.5624	48.898548	33	49.5	114.92758	1.20%	58
<b>0.875</b>	1.75	113.5624	46.047093	31	46.5	114.65177	0.96%	53
<b>0.900</b>	1.80	113.5624	43.427203	29	43.5	113.74765	0.16%	48
<b>0.925</b>	1.85	113.5624	41.014187	27	40.5	112.18025	1.22%	44
<b>0.950</b>	1.90	113.5624	38.786557	26	39	114.16757	0.53%	41

<b>0.975</b>	1.95	113.5624	36.725546	24	36	111.39557	1.91%	38
<b>1.000</b>	2.00	113.5624	34.814701	23	34.5	112.57374	0.87%	35
<b>1.025</b>	2.05	113.5624	33.039553	22	33	113.43185	0.11%	32
<b>1.050</b>	2.10	113.5624	31.387333	21	31.5	113.95263	0.34%	30
<b>1.075</b>	2.15	113.5624	29.84674	20	30	114.11881	0.49%	28
<b>1.100</b>	2.20	113.5624	28.407742	19	28.5	113.9131	0.31%	26
<b>1.125</b>	2.25	113.5624	27.06141	18	27	113.31823	0.22%	24
<b>1.150</b>	2.30	113.5624	25.799774	17	25.5	112.31691	1.10%	22
<b>1.175</b>	2.35	113.5624	24.615703	16	24	110.89187	2.35%	21
<b>1.200</b>	2.40	113.5624	23.502802	16	24	115.81167	1.98%	20
<b>1.225</b>	2.45	113.5624	22.455319	15	22.5	113.77304	0.19%	18
<b>1.250</b>	2.50	113.5624	21.468075	14	21	111.26474	2.02%	17
<b>1.275</b>	2.55	113.5624	20.536392	14	21	115.93007	2.08%	16
<b>1.300</b>	2.60	113.5624	19.656036	13	19.5	112.73396	0.73%	15
<b>1.325</b>	2.65	113.5624	18.823171	13	19.5	117.29542	3.29%	14
<b>1.350</b>	2.70	113.5624	18.034313	12	18	113.36594	0.17%	13
<b>1.375</b>	2.75	113.5624	17.286288	12	18	117.80154	3.73%	13
<b>1.400</b>	2.80	113.5624	16.576208	11	16.5	113.09315	0.41%	12
<b>1.425</b>	2.85	113.5624	15.901433	11	16.5	117.3809	3.36%	11
<b>1.450</b>	2.90	113.5624	15.259549	10	15	111.84803	1.51%	11
<b>1.475</b>	2.95	113.5624	14.648345	10	15	115.96594	2.12%	10
<b>1.500</b>	3.00	113.5624	14.065793	9	13.5	109.56304	3.52%	9
<b>1.525</b>	3.05	113.5624	13.51003	9	13.5	113.48912	0.06%	9
<b>1.550</b>	3.10	113.5624	12.979341	9	13.5	117.49216	3.46%	8
<b>1.575</b>	3.15	113.5624	12.472148	8	12	109.8829	3.24%	8
<b>1.600</b>	3.20	113.5624	11.986993	8	12	113.66701	0.09%	7

Tabla No.13

Según la tabla A.1 (ver anexo) podemos determinar que el volumen máximo de llenado de 87% sin considerar el factor de corrección por temperatura para densidades que oscilan entre 525 y 545 Kg/m<sup>3</sup>. Para delimitar y tener un tiempo de respuesta adecuado seleccionamos como volumen máximo de llenado en condiciones operativas, variación de temperatura y presión, en 80 %.

### 5.1.1.2 Espesor de paredes

Como ya contamos con las dimensiones y los parámetros de diseño procedemos a seleccionar los espesores del tanque mediante las siguientes fórmulas especificadas en ASME VIII, División 1.

Para recipientes sometidos a presión interna utilizaremos ASME Sección VIII, División 1, UG27: “THICKNESS OF SHELLS UNDER INTERNAL PRESSURE”.

Los espesores requeridos de paredes sometidas a presión interna no podrán ser menores que las obtenidas por las siguientes fórmulas donde:

t: Mínimo espesor requerido de pared

P: Presión de diseño (Ver UG-21)

R: Radio interno de pared

S: Valor del máximo esfuerzo permisible (Ver UG-23 y UG-24)

E: Eficiencia de la junta. Para recipientes soldados usar la eficiencia especificada en UG-12 y para uniones entre aperturas usar la eficiencia calculada por las reglas dadas en UG-53.

Para paredes cilíndricas el mínimo espesor o la máxima presión permisible de trabajo de paredes cilíndricas podrían ser el mejor espesor o la menor presión obtenida de las relaciones (a) y (b).

(a) Junta longitudinal (Esfuerzo circunferencial). Cuando el espesor no excede la mitad del radio interior o la presión no excede  $0,385.S.E$  se pueden aplicar las siguientes fórmulas:

$$t = P.R/(S.E-0,6P) \quad (5)$$

$$P = S.E.t / (R+0,6t) \quad (6)$$

(b) Junta circunferencial (Esfuerzo longitudinal). Cuando el espesor no excede la mitad del radio interior o la presión no excede  $1,25SE$ , se pueden aplicar las siguientes fórmulas:

$$t = P.R/(2.S.E+0,4P) \quad (7)$$

$$P = 2.S.E.t / (R-0,4t) \quad (8)$$

(c) Cálculo del espesor del cuerpo esférico. Cuando el espesor de la pared de un recipiente totalmente esférico no excede  $0,356R$  o la presión no excede  $0,665SE$ , se pueden aplicar las siguientes fórmulas:

$$t = P.R/(2.S.E-0,2P) \quad (9)$$

$$P = 2.S.E.t / (R+0,2t) \quad (10)$$

La especificación de los materiales usados para la fabricación de recipientes a presión está especificada en ASME Sección II, parte A, Especificación de materiales ferrosos.

Una de las modificaciones que ha tenido el código ASME VIII ha sido el denominado factor de seguridad (la relación entre la resistencia límite del material y la tensión de diseño utilizada. Con anterioridad a 1946, se utilizaba el factor de seguridad 5:1, el tipo de fabricación cambió del remachado (ampliamente usado cuando el código se escribió por primera vez) a la soldadura por fusión. Este método fue incorporado a medida que las técnicas de soldadura se fueron perfeccionando y ahora es el predominante. ASME y API justifican la utilización del factor de seguridad 4:1 sobre la base de ciertos controles de calidad especificadas en ASME Sección IX, “Qualification Estándar for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators”. En 1998 ASME redujo el factor de seguridad de 4:1 a 3,5:1, notando mejoras en la fabricación de los metales, técnicas de soldadura, calidad de rayos X y sistemas de calidad en la fabricación de recipientes a presión. Según lo expuesto podemos seleccionar materiales de acuerdo a la siguiente tabla:

<b>MATERIAL</b>	<b><i>S t</i></b>	<b><i>S t</i></b>
	(psi)	(Mpa)
<b>ASTM A299</b>	18800	129.62
<b>SA 299</b>	18800	129.62
<b>SA-455</b>	21400	147.55
<b>SA-612</b>	23100	159.27
<b>SA 516 Gr. 60</b>	15000	103.42
<b>ASME SA 517 E</b>	32900	226.84
<b>SA-612</b>	23700	163.41
<b>SA-517-F</b>	28800	198.57
<b>ASTM A 285 Gr. C</b>	13800	95.15
<b>ASTM A36</b>	10800	74.46

**Tabla No.14. Fuente ASME Sección II, Parte A.**

Con los materiales comercialmente utilizados para la fabricación de recipientes a presión podemos elaborar las siguientes tablas de manera que se puedan seleccionar los espesores óptimos utilizando las relaciones (5), (6), (7), (8), (9) y (10):

S	Máximo esfuerzo admisible (Mpa)	226.84 MPa	SA-517 E
R	Radio interior (m)	1.425 m	
P	Presión de diseño (Mpa)	1.72 MPa	
E	Eficiencia de la junta	1	
$\sigma_c$	Esfuerzo circunferencial		
	Espesor mínimo $t_t$	0.011 m	
	Selección de plancha Std de mayor espesor	0.012 m	PL = "1/2"
	Máxima presión $P_L$	1.9006284 Mpa	
	Validación	1.9006284 Mpa	< 87.33 Mpa Cumple
$\sigma_L$	Esfuerzo longitudinal		
	Espesor $t_c$	0.00539431 m	
	Selección de plancha Std de mayor espesor	0.006 m	PL = "1/4"
	Máxima presión $P_L$	1.91345424 Mpa	
	Validación	1.91345424 Mpa	< 28.36 Mpa Cumple
$\sigma_e$	Esfuerzo esférico		
	Espesor $t_c$	0.00540659 m	
	Selección de plancha Std de mayor espesor	0.006 m	PL = "1/4"
	Presión $P$	1.90862432 Mpa	
	Validación	1.90862432 Mpa	< 150.8 Mpa Cumple



S	Máximo esfuerzo admisible (Mpa)	103.42 MPa	SA-516 Gr.60
R	Radio interior (m)	1.425 m	
P	Presión de diseño (Mpa)	1.72 MPa	
E	Eficiencia de la junta	1	
$\sigma_c$	Esfuerzo circunferencial		
	Espesor mínimo $t_t$	0.024 m	
	Selección de plancha Std de mayor espesor	0.025 m	PL = "1"
	Máxima presión $P_L$	1.79548611 Mpa	
	Validación	1.79548611 Mpa	< 39.82 Mpa Cumple
$\sigma_L$	Esfuerzo longitudinal		
	Espesor $t_c$	0.01181045 m	
	Selección de plancha Std de mayor espesor	0.012 m	PL = "1/2"
	Máxima presión $P_L$	1.74769751 Mpa	
	Validación	1.74769751 Mpa	< 12.93 Mpa Cumple
$\sigma_e$	Esfuerzo esférico		
	Espesor $t_c$	0.01186948 m	
	Selección de plancha Std de mayor espesor	0.012 m	PL = "1/2"
	Presión $P$	1.73888188 Mpa	
	Validación	1.73888188 Mpa	< 68.77 Mpa Cumple

S	Máximo esfuerzo admisible (Mpa)	159.27 MPa	SA-612
R	Radio interior (m)	1.425 m	
P	Presión de diseño (Mpa)	1.72 MPa	
E	Eficiencia de la junta	1	
$\sigma_c$	Esfuerzo circunferencial		
	Espesor mínimo $t_t$	0.015 m	
	Selección de plancha Std de mayor espesor	0.019 m	PL = "3/4"
	Máxima presión $P_L$	2.10674603 Mpa	
	Validación	2.10674603 Mpa	< 61.32 Mpa Cumple
$\sigma_L$	Esfuerzo longitudinal		
	Espesor $t_c$	0.0076779 m	
	Selección de plancha Std de mayor espesor	0.01 m	PL = "3/8"
	Máxima presión $P_L$	2.2416608 Mpa	
	Validación	2.2416608 Mpa	< 19.91 Mpa Cumple
$\sigma_e$	Esfuerzo esférico		
	Espesor $t_c$	0.0077028 m	
	Selección de plancha Std de mayor espesor	0.01 m	PL = "3/8"
	Presión $P$	2.23223546 Mpa	
	Validación	2.23223546 Mpa	< 105.9 Mpa Cumple

S	Máximo esfuerzo admisible (Mpa)	147.55 MPa	SA-455
R	Radio interior (m)	1.425 m	
P	Presión de diseño (Mpa)	1.72 MPa	
E	Eficiencia de la junta	1	
$\sigma_c$	Esfuerzo circunferencial		
	Espesor mínimo $t_t$	0.017 m	
	Selección de plancha Std de mayor espesor	0.019 m	PL = "3/4"
	Máxima presión $P_L$	1.95171958 Mpa	
	Validación	1.95171958 Mpa	< 56.81 Mpa Cumple
$\sigma_L$	Esfuerzo longitudinal		
	Espesor $t_c$	0.00828634 m	
	Selección de plancha Std de mayor espesor	0.01 m	PL = "3/8"
	Máxima presión $P_L$	2.07670654 Mpa	
	Validación	2.07670654 Mpa	< 18.44 Mpa Cumple
$\sigma_e$	Esfuerzo esférico		
	Espesor $t_c$	0.00831535 m	
	Selección de plancha Std de mayor espesor	0.01 m	PL = "3/8"
	Presión $P$	2.06797477 Mpa	
	Validación	2.06797477 Mpa	< 98.12 Mpa Cumple

S	Máximo esfuerzo admisible (Mpa)	129.62 MPa	ASTM A299
R	Radio interior (m)	1.425 m	
P	Presión de diseño (Mpa)	1.72 MPa	
E	Eficiencia de la junta	1	
$\sigma_c$	Esfuerzo circunferencial		
	Espesor mínimo $t_t$	0.019 m	
	Selección de plancha Std de mayor espesor	0.019 m	PL = "3/4"
	Máxima presión $P_L$	1.71455026 Mpa	
	Validación	1.71455026 Mpa	< 49.9 Mpa Cumple
$\sigma_L$	Esfuerzo longitudinal		
	Espesor $t_c$	0.00942953 m	
	Selección de plancha Std de mayor espesor	0.01 m	PL = "3/8"
	Máxima presión $P_L$	1.82434905 Mpa	
	Validación	1.82434905 Mpa	< 16.2 Mpa Cumple
$\sigma_e$	Esfuerzo esférico		
	Espesor $t_c$	0.00946712 m	
	Selección de plancha Std de mayor espesor	0.01 m	PL = "3/8"
	Presión $P$	1.81667835 Mpa	
	Validación	1.81667835 Mpa	< 86.2 Mpa Cumple

S	Máximo esfuerzo admisible (Mpa)	74.46 MPa	ASTM A36
R	Radio interior (m)	1.425 m	
P	Presión de diseño (Mpa)	1.72 MPa	
E	Eficiencia de la junta	1	
$\sigma_c$	Esfuerzo circunferencial		
	Espesor mínimo $t_t$	0.033 m	
	Selección de plancha Std de mayor espesor	0.035 m	PL = " 1-3/8"
	Máxima presión $P_L$	1.80228216 Mpa	
	Validación	1.80228216 Mpa	< 28.67 Mpa Cumple
$\sigma_L$	Esfuerzo longitudinal		
	Espesor $t_c$	0.01638281 m	
	Selección de plancha Std de mayor espesor	0.019 m	PL = "3/4"
	Máxima presión $P_L$	1.99624665 Mpa	
	Validación	1.99624665 Mpa	< 9.308 Mpa Cumple
$\sigma_e$	Esfuerzo esférico		
	Espesor $t_c$	0.01649661 m	
	Selección de plancha Std de mayor espesor	0.019 m	PL = "3/4"
	Presión $P$	1.98031915 Mpa	
	Validación	1.98031915 Mpa	< 49.52 Mpa Cumple

S	Máximo esfuerzo admisible (Mpa)	198.57 MPa	SA-517 F
R	Radio interior (m)	1.425 m	
P	Presión de diseño (Mpa)	1.72 MPa	
E	Eficiencia de la junta	1	
$\sigma_c$	Esfuerzo circunferencial		
	Espesor mínimo $t_t$	0.012 m	
	Selección de plancha Std de mayor espesor	0.015 m	PL = "5/8"
	Máxima presión $P_L$	2.07709205 Mpa	
	Validación	2.07709205 Mpa	< 76.45 Mpa Cumple
$\sigma_L$	Esfuerzo longitudinal		
	Espesor $t_c$	0.00616095 m	
	Selección de plancha Std de mayor espesor	0.008 m	PL = "5/16"
	Máxima presión $P_L$	2.23457589 Mpa	
	Validación	2.23457589 Mpa	< 24.82 Mpa Cumple
$\sigma_e$	Esfuerzo esférico		
	Espesor $t_c$	0.00617698 m	
	Selección de plancha Std de mayor espesor	0.008 m	PL = "5/16"
	Presión $P$	2.22705734 Mpa	
	Validación	2.22705734 Mpa	< 132 Mpa Cumple

Podemos resumir los datos obtenidos según la siguiente tabla:

<i>Material</i>	<i>St</i>	<i>Espesor del cuerpo</i>	<i>Espesor del cabezal</i>
SA-517 F	198.57 MPa	"5/8"	"5/16"
SA-517 E	226.84 MPa	"1/2"	"1/4"
SA-516 Gr. 60	103.42 MPa	"1"	"1/2"
SA-612	159.27 MPa	"3/4"	"3/8"
SA-455	147.55 MPa	"3/4"	"3/8"
ASTM A299	129.62 MPa	"3/4"	"3/8"
ASTM A36	74.46 MPa	"1-3/8"	"3/4"

Tabla No.15

Podemos optimizar los espesores del recipiente a presión variando la calidad del material, pero se ha optado por seleccionar el material más comercial que cumple con el requerimiento de medidas estándar: SA-612, por lo tanto los espesores del recipiente son:

Espesor del cuerpo: 19 mm.

Espesor de los cabezales: 10 mm.

## 5.1.2 Diseño mecánico de detalle

### 5.1.2.1 Salida para conexiones de tuberías y accesorios

Según recomienda la norma NFPA los recipientes a presión deben contar con conexiones de salida e ingreso que permitirán operar el tanque de manera más confiable y segura. Estas conexiones corresponden a:

<b>USO DE SALIDAS</b>	<b>DENOMINACIÓN DE SALIDA</b>	<b>TIPO DE TUBERÍA</b>	<b>DIÁMETRO NOMINAL</b>
<b>INGRESO DE LIQUIDO</b>	A	Schedule 80	3"
<b>SALIDA DE LÍQUIDO</b>	B, B'	Schedule 80	3"
<b>RETORNO DE LÍQUIDO</b>	C	Schedule 80	2 ½"
<b>VAPORES DEL SISTEMA PARA TRASIEGO</b>	D	Schedule 40	2 ½"
<b>VAPORES DE LA LÍNEA DE VÁLVULAS DE ALIVIO</b>	E	Schedule 40	2"
<b>RECIRCULACIÓN DE BOMBAS</b>	F	Schedule 80	2"
<b>LÍNEA DE PURGA</b>	E	Schedule 80	¾"

Tabla No.16

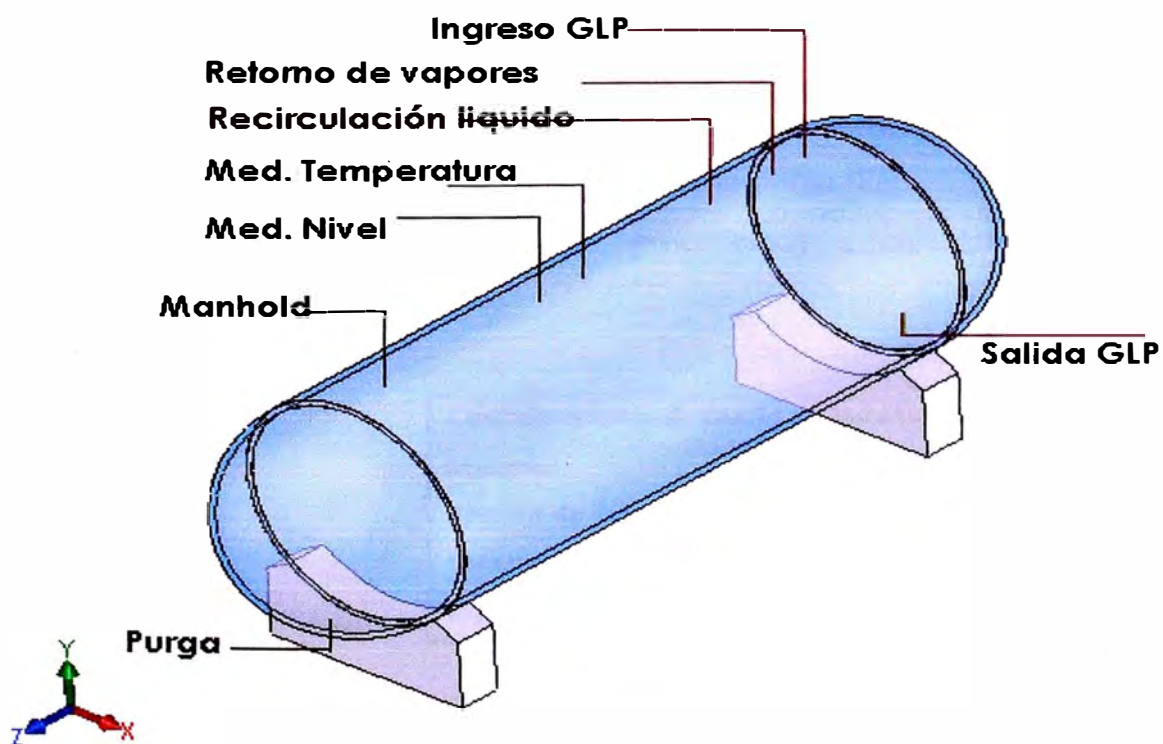


Gráfico No.9



### 5.1.2.2 Agujero para inspección.

El agujero de inspección tiene como objetivo fundamental permitir el acceso del personal que realizará la inspección en las condiciones dadas para espacios confinados, cumpliendo con las normas de seguridad vigentes, incluyendo la identificación de peligros, evaluación de riesgos para así determinar los mecanismos de control a aplicar. Por tanto el agujero debe estar instalado siempre en la parte superior y permitir el ingreso y salida de una persona por vez, debe resistir la presión de manera eficaz tanto como el recipiente mismo. Se debe instalar una escalera de acceso en posición vertical.

El manhole está sometido a las mismas condiciones de presión del tanque (250 Psig), como debe permitir el acceso de una persona podemos considerar como diámetro entre 0,500 y 1,0 metros. Por lo tanto procedemos a calcular las siguientes dimensiones:

<i>Consideraciones de diseño del manhole</i>	
<b>Material</b>	ASTM A36
<b>Presión de diseño</b>	1,72 Mpa
<b>Diámetro interior</b>	1016 mm (40 pulgadas)
<b>Inspección de soldadura al 100%</b>	E = 1

Aplicando las fórmulas de la sección 5.1 para esfuerzo longitudinal y circunferencial obtenemos lo siguiente:

(a) Junta longitudinal:

$$t = 250 \cdot 508 / (10800 - 0,6 \cdot 250) = 11,92 \text{ mm}$$

Para  $t = 19,05 \text{ mm}$  ( $3/4''$ )

$$P = 10800 \cdot 19,05 / (508 + 0,6 \cdot 12,7) = 399 > 250 \text{ PSI}$$

(b) Junta circunferencial:

$$t = 250 \cdot 508 / (2 \cdot 10800 + 0,4 \cdot 250) = 5,85 \text{ mm.}$$

Para  $t = 6,35 \text{ mm}$  ( $1/4''$ )

$$P = 2 \cdot 10800 \cdot 6,35 / (508 - 0,4 \cdot 6,35) = 271,35 > 250 \text{ PSI}$$

Por lo tanto la sección de tubería correspondiente al manhole debe tener un espesor de  $3/4''$ , ya que con este espesor se aseguraría la presión de prueba a 375 PSI.

Para la selección de la brida seleccionamos una brida SLIP ON para la sección unida a la tubería y la brida ciega como tapa. Las bridas seleccionadas deben ser de clase 400 para poder soportar las presiones de prueba del recipiente. Las características de la brida seleccionada son las siguientes:

Diámetro de paso : 1155 mm.

Número de agujeros : 32 unidades

Diámetro del agujero : 44,4 mm

(Ver Piping Equipment, TROUWAY & CAUVIN, página 369)

Por lo tanto procederemos a verificar la selección de la brida indicada:

## (a) Cálculo del diámetro de los pernos

$$A = 0,25 * \pi * ((1016 + 1155) / 2)^2$$

$$A = 925442,7 \text{ mm}^2 < > 1434,43 \text{ pulg}^2$$

$$P = 250 \text{ PSI}$$

$$F_{ext} = P * A = 358607,5 \text{ libras.}$$

$$F_o = 1,5 * F_{ext} = 537911,25 \text{ libras.}$$

Asumimos pernos grado 8.8 entre 1/4" - 1 1/4", por lo tanto  $S_o = 120228,3 \text{ PSI}$

Calculo del área total de los pernos:

$$A_{st} = 537911,25 / 120228,3 = 4,47 \text{ pulg}^2$$

La brida tiene 32 agujeros, por lo tanto el área de cada perno sería:

$$A_p = 4,47 \text{ pulg}^2 / 32 = 0,14 \text{ pulg}^2$$

Podemos usar pernos 1 3/4" ya que cumple con las dimensiones del agujero de la brida y además cumple holgadamente con la necesidad de cubrir un área por perno de  $1,89 > 0,14 \text{ pulg}^2$ .

## (b) Cálculo de la empaquetadura:

Ajuste manual

$$F_i = 5880 \text{ libras}$$

$$F_o = 537911,25 / 32 = 16809,7 \text{ libras}$$

$$K = 1 - (F_i / F_o) = 0,65$$

Se usará como empaquetadura una empaquetadura blanda como el teflón de 1/8".

### 5.1.2.3 Válvulas de alivio.

Según la norma NFPA 58 la válvula de alivio de calcula de la siguiente manera:

$$\text{Longitud del tanque} = 16,5 \text{ m} = 54,13 \text{ ft}$$

$$\text{Diámetro} = 2,85 \text{ m} = 9,35 \text{ ft}$$

$$\text{Area lateral} = \pi * D * L = 1590 \text{ ft}^2$$

$$\text{Area de esfera} = \pi * D^2 = 274,65 \text{ ft}^2$$

$$A_c = 1864,65 \text{ ft}^2$$

$$Q_a = 53,632 * A_c^{0,82}$$

$$Q_a = 25782 \text{ scfm}$$

Revisando los datos del catálogo REGO podemos seleccionar en la página 45 la válvula de alivio tipo multiport para una brida de 3"-400# que puede aliviar 27750 scfm con 3 válvulas, el código de la válvula es A8574G.

## 5.2 Ensayos no destructivos

Según la norma ASME Sección VIII, División I en el apartado A, Requerimientos Generales para todos los métodos de Construcción y Materiales, en el capítulo Inspección y Pruebas, se define que la inspección y pruebas de un recipiente a presión para ser marcado con la estampa U y UM serán conformes a los requerimientos para inspección y pruebas descritos desde UG-90 hasta UG-103.

## 5.2.1 Pruebas hidrostáticas y de hermeticidad

5.2.1.1 Prueba hidrostática. Una vez finalizadas las actividades de fabricación de un recipiente a presión debe ser sometido a una prueba hidrostática de acuerdo con los requisitos de UG-99. Los recipientes diseñados para presión interna deberán ser sujetos a una prueba de presión hidrostática, que en todos los puntos en el recipiente sea como mínimo igual a 1,3 veces la máxima presión admisible de trabajo multiplicada por la menor relación entre los esfuerzos de los materiales a la temperatura de prueba y los esfuerzos a la temperatura de diseño. Todas las cargas que puedan existir durante la prueba deberán ser tomadas en consideración.

$$P_{PRUEBA} = 1,3 \cdot P_{DISEÑO} \cdot \frac{S_{TEMPERATURA\_PRUEBA}}{S_{TEMPERATURA\_DISEÑO}}$$

5.2.1.2 Prueba de hermeticidad. Según UG-100. Puede ser usada en vez de la prueba hidrostática cuando su diseño y/o soporte no puede soportar con seguridad al ser llenada con agua; cuando no esté realmente seco, no pueda ser drenado completamente, se podrán usar cuando las trazas de líquido de prueba no puedan ser toleradas. La temperatura del metal durante la prueba deberá ser mantenida por lo menos a 30 °F por encima de la temperatura mínima de diseño (MDT) para minimizar el riesgo de fractura por fragilización. Para realizar la prueba se deben seguir los siguientes pasos:

- La presión deberá ser incrementada gradualmente hasta la mitad de la presión de prueba.

- La presión de prueba debe ser incrementada en pasos de aproximadamente 1/10 de la presión de prueba hasta que se alcance la presión de prueba..
- Reducir la presión a un valor igual a la presión de prueba dividido entre 1,1.
- Sostenerla por el tiempo necesario para realizar la inspección

$$P_{PRUEBA} = 1,1 \cdot P_{DISEÑO} \cdot \frac{S_{TEMPERATURA\_PRUEBA}}{S_{TEPERATURA\_DISEÑO}}$$

### 5.2.2 Equipos y accesorios

Todos los arreglos de tuberías deben ser probados a una presión no menor de 400 Psig durante 1 hora.

## 6. Diseño de tuberías y selección de la bomba

La ampliación de la planta de envasado atiende el aumento de capacidad de almacenamiento, para la segunda etapa de la ampliación se debe evaluar el incremento la capacidad de envasado y así determinar cuáles son diámetros más adecuados para el sistema. El sistema debe tener varias alternativas de dosificación de Gas LP si es que no queremos que las operaciones se interrumpan por mantenimiento o falla de los equipos e instalaciones, se debe asegurar la mayor disponibilidad operativa de la instalación. Para tal fin podemos optar por tener más de dos alternativas de operación de bombas, usando una bomba de back up, y dando el soporte para alimentar los sistemas de llenado a medida que la planta crezca.

### 6.1 Selección de tuberías

Se ha tomado como referencia la norma ASME B31.8 “Sistemas de tubería para transporte y distribución de gas” debido a que las presiones de envío desde la planta dosificadora hacia la planta de envasado es en promedio 120 psi a la temperatura ambiente. El bombeo de Gas LP hacia los carruseles no excede los 270 psi, así que podemos considerar que el sistema es de mediana presión.

En el punto 841.11 de ASME B31.8 podemos identificar la fórmula de diseño de tuberías a través de la siguiente relación:

$$P=2.S.t.F.E.T / D \quad (9)$$

Donde:

- D = Diámetro nominal exterior de la tubería, pulgadas
- F = Factor de junta longitudinal (Tabla: Anexo A.6)
- E = Factor de junta longitudinal (Tabla: Anexo A.7)
- Presión de diseño, psig
- S = Tensión mínima de fluencia especificada, psi.
- T = Factor de disminución de temperatura.
- t = Espesor de pared, pulgadas.

Con la relación (9) podemos evaluar los diámetros que podemos utilizar en la ampliación. Evaluaremos las tuberías a 350 psig, para un material ASTM A 53, grado A. Siendo 350 psi la presión de diseño, ésta debe ser la mínima presión que debe soportar la tubería en el caso de sobrepresiones, por tanto obtendremos la máxima relación entre en diámetro y el espesor relacionado con las posibles tuberías.

<b>ASTM A53, Grado A, Sin costura</b>			<b>St = 48000 psi</b>		
				<b>Sy = 30000 psi</b>	
				<b>S = 0.20 * Sy</b>	
<b>S</b>	<b>F</b>	<b>E</b>	<b>T</b>	<b>P min</b>	<b>D/t max</b>
<b>6000</b>	<b>0.8</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>350</b>	<b>27.43</b>

Tabla No.17

Del cuadro anterior podemos observar que la relación máxima entre diámetro y espesor es 27.43, ahora presentaremos las posibles dimensiones de tubería a utilizar según los antecedentes de la planta.



<b>DN (pulgadas)</b>	<b>Diámetro exterior "D" (pulgadas) *</b>	<b>Espesor "t" (pulgadas) *</b>	<b>Schedule *</b>	<b>D/t real</b>	<b>P diseño</b>	<b>Condición</b>
8"	8.625	0.5	80	17.25	556.52	Cumple, mayor a 350 PSI
6"	6.625	0.432	80	15.34	625.81	Cumple, mayor a 350 PSI
4"	4.5	0.337	80	13.35	719.1	Cumple, mayor a 350 PSI
3"	3.5	0.3	80	11.67	822.62	Cumple, mayor a 350 PSI
2 ½"	2.875	0.276	80	10.42	921.31	Cumple, mayor a 350 PSI
2"	2.375	0.25	80	9.5	1010.53	Cumple, mayor a 350 PSI
1 ½"	1.9	0.145	40	13.1	732.82	Cumple, mayor a 350 PSI
1 ½"	1.9	0.2	80	9.5	1010.53	Cumple, mayor a 350 PSI
1"	1.315	0.133	40	9.89	970.68	Cumple, mayor a 350 PSI
1"	1.315	0.179	80	7.35	1306.12	Cumple, mayor a 350 PSI
¾"	1.05	0.154	80	6.82	1407.62	Cumple, mayor a 350 PSI
½"	0.84	0.147	80	5.71	1681.26	Cumple, mayor a 350 PSI

**Tabla No.18 (\*) Fuente de dimensiones de tuberías: TROUVAY&CAUVIN - PIPING EQUIPMENT 2001 - ASME B36.10M-1996**

Las dimensiones propuestas cumplen con la resistencia de la presión mínima de diseño, por lo que podemos implementarlas según los objetivos específicos del proyecto:

#### 6.1.1 Interconectar 2 nuevos tanques al sistema de almacenamiento.

Consiste en interconectar la línea de abastecimiento común para todos los tanques con los dos tanques a través de los tramos E1, F1 y G1 (ver plano UNI\_4522\_001).

- 6.1.2 Instalar una nueva bomba y reubicar las bombas existentes en una nueva plataforma. Reubicar las bombas existentes e instalar una nueva bomba que se conectará a una línea de descarga de  $\varnothing 3''$  (ver plano UNI\_4522\_001).
- 6.1.3 Interconectar los tanques existentes a un manifold de succión de las bombas de llenado existentes a través de una línea de dos líneas de  $\varnothing 6''$  que se interconectarán con un manifold colector de  $\varnothing 8''$  (ver plano UNI\_4522\_001).
- 6.1.4 Interconectar el manifold de descarga de las 4 bombas con los sistemas de llenado de GLP a las tres líneas de llenado, tramos L2 y L4 de  $\varnothing 4''$ , ver plano UNI\_4522\_001 (ver plano UNI\_4522\_001).
- 6.1.5 Conectar un manifold recolector de vapores de las líneas de llenado de los nuevos tanques con los tramos V3-F1, V4-F1, V2-G1, V1-G1 con una línea de  $\varnothing 2''$  (ver plano UNI\_4522\_001).
- 6.1.6 Interconectar el retorno de vapores de la red de alimentación principal de GLP a la planta encargada del suministro de GLP con los tramos TA1 y TA2 con una tubería de  $\varnothing 2''$  (ver plano UNI\_4522\_001).

## 6.2 Selección de la bomba

Una vez que hemos definido las dimensiones que podemos utilizar, las conexiones que necesitamos para abastecer las líneas de envasado y uniformizar las instalaciones de los tanques de almacenamiento procedemos a calcular y

validar el dimensionamiento de las bombas instaladas en planta y que bomba sería necesario instalar.

Por conocimiento de la capacidad instalada de envasado determinamos el caudal necesario que las operaciones se mantengan en condiciones normales.

<b>Circuito</b>	<b>Capacidad Nominal (Cilindros / hora)</b>	<b>Producto (Kg. / Cilindro)</b>	<b>Consumo (Kg. / hora)</b>	<b>Densidad GLP (Kg. / m3)</b>	<b>Consumo (m3 / hora)</b>
<b>C-1</b>	1200	10	12000	540	22.2
<b>C-2</b>	1200	10	12000	540	22.2
<b>C-3</b>	100	45	4500	540	8.3
<b>C-3</b>	62	15	930	540	1.7
<b>C-4</b>	1600	10	16000	540	29.6
			45430		84.1

**Tabla No. 19**

La planta necesita un caudal total de 84.1 metros cúbicos por hora, como este caudal es considerablemente alto para instalaciones de Gas LP, lo más razonable será instalar bombas en paralelo para llegar a cubrir el caudal solicitado.

Los diámetros seleccionados los podemos comprobar con la siguiente relación:

$$D = (0.1362 \times \text{GPM})^{1/2} \quad (10)$$

Donde:

D = Diámetro exterior, en pulgadas.

GPM = Razón del flujo, en galones por minuto

Por ejemplo, a través de un diámetro de 4 pulgadas pueden pasar 117,5 GPM que son 26,6 metros cúbicos por hora, si comparamos este valor con los caudales requeridos estamos dentro de los rangos.

A continuación debemos calcular la carga necesaria para impulsar el Gas LP hacia las líneas de envasado, para lo cual calcularemos las pérdidas primarias y secundarias de manera que:

$$H \text{ total} = H \text{ geodésica} + H \text{ dinámica} \quad (11)$$

$$H \text{ dinámica} = H \text{ primaria} + H \text{ secundaria} \quad (12)$$

Donde:

$$H \text{ geodésica} = \text{Diferencia de alturas geodésicas (m)}$$

$$\begin{aligned} H \text{ primaria} &= \text{Pérdidas primarias (m)} \\ &= f \times (L/D) (V^2 \times 2g) \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} H \text{ secundaria} &= \text{Pérdidas secundarias (m)} \\ &= K (V^2 \times 2g) \end{aligned} \quad (14)$$

f: Factor de fricción.

K: factor de pérdidas por accesorios.

L: Longitud, metros

D: Diámetro nominal, metros

V: Velocidad del fluido, metros por segundo

g: Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s<sup>2</sup>.

Para el factor de fricción podemos utilizar la fórmula de COLEBROOK, ya que es una de las más precisas y no hay restricciones con el régimen del flujo.

$$(f)^{-1/2} = -2 \cdot \text{Lg}[(e/D)/(3,7 \cdot D) + 2,51/(Re \cdot (f)^{1/2})] \quad (15)$$

Donde:

e = Rugosidad del material

Re = Número de Reynolds

$$= V \cdot D / \gamma$$

V: Velocidad del fluido, m/s.

D: Diámetro de la tubería, m.

$\gamma$ : Viscosidad cinemática, m<sup>2</sup>/s (Tabla A.9)

Por lo que podemos elaborar el siguiente cuadro:

Según el cuadro de cálculo, existen varias opciones de abastecer las líneas de envasado, pero debemos suponer que en la condición más crítica deberíamos trabajar con la línea C3 y C4, que en total consumen un caudal de 39,6 m<sup>3</sup>/h, si aplicamos el factor de vaporización al caudal que puede estar entre 1,2 y 1,5 del caudal total, entonces podemos optar por abastecer un caudal de 47,52 m<sup>3</sup>/h. La altura que definimos es la de mayor pérdida, según la tabla de cálculo de pérdidas esta altura es 127,73 m de agua o 12,94 Bar.

Procedemos a cruzar los datos de la bomba en la curva correspondiente, y observamos que la bomba que más se acerca a los requerimientos de caudal y presión es la bomba SIHI UEAA 5007.

Calculo de la potencia:

$$P = H \cdot \gamma \cdot Q$$

Donde:

P: Potencia hidráulica (W)

H: Altura neta (m de GLP)

$$H = 127,73 / 0,540 = 236,53 \text{ m GLP.}$$

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/s)

$\gamma$ : Gravedad específica del GLP

$\eta$ : Eficiencia

Por lo tanto:

$$\begin{aligned} P &= [(50 \cdot 236,53 \cdot 560 \cdot 9,81) / (3600)] / 746 \\ &= 24,19 \end{aligned}$$

$$P \text{ bomba} = 25 \text{ HP}$$

Por lo tanto la potencia del motor debe ser

$$P = P \text{ bomba} / \eta$$

$$P = 25 / 0,85 \text{ HP} = 29,41$$



TRAMO	LONGITUD	DIAMETRO	P(1)-P(2)	CAUDAL NOMINAL	Velocidad	V2/2g	Re (Reynolds)	e/D (Rugosidad Absoluta)	f (Coeficiente de Fricción - Colebrook)	A	B	% Err	Valvula interna	Exceso de flujo	Filtro Y	Valv. Bola	Codo	Check	Unión TEE	Kv Total	L/D	Hp	Hs	H	H total	Máximos	Crítico
													1.5	5	1.5	8	0.8	1.2	1.3								
													K														
C1-L1	55	2	170	6.66	0.912755424	0.042462919	1601288.752	0.0125	0.04096	4.94059	4.94059462	9.35081E-07	0	0	2	4	6	2	1	43.5	1082.677165	1.883079984	1.847136962	119.6	123.3715992	123.3715992	
C2-L2	70	4	170	26.64	0.912755424	0.042462919	3202577.504	0.00625	0.03255	5.542413	5.542412662	6.09665E-08	0	0	2	4	6	2	1	43.5	688.976378	0.952281104	1.847136962	119.6	122.4408003		
C3-L3	80	4	170	26.64	0.912755424	0.042462919	3202577.504	0.00625	0.03255	5.542413	5.542412662	6.09665E-08	0	0	2	4	6	2	1	43.5	787.4015748	1.088321262	1.847136962	119.6	122.5768405		
C4-L4	112	4	170	26.64	0.912755424	0.042462919	3202577.504	0.00625	0.03255	5.542413	5.542412662	6.09665E-08	0	0	2	4	6	2	1	43.5	1102.362205	1.523649767	1.847136962	119.6	123.012169		
P3-C1	2	3		14.98	0.912450868	0.042434586	2401131.682	0.008333333	0.03569	5.29263	5.29263489	9.23929E-07	0	0	0	2	3	1	1	20.9	26.24671916	0.039750404	0.886882857	2	2.926633261		
P3-C2	2	3		14.98	0.912450868	0.042434586	2401131.682	0.008333333	0.03569	5.29263	5.29263489	9.23929E-07	0	0	0	2	3	1	1	20.9	26.24671916	0.039750404	0.886882857	2	2.926633261	2.926633261	127.730979
P3-C3	2	3		14.98	0.912450868	0.042434586	2401131.682	0.008333333	0.03569	5.29263	5.29263489	9.23929E-07	0	0	0	2	3	1	1	20.9	26.24671916	0.039750404	0.886882857	2	2.926633261		
P3-C2	2	3		14.98	0.912450868	0.042434586	2401131.682	0.008333333	0.03569	5.29263	5.29263489	9.23929E-07	0	0	0	2	3	1	1	20.9	26.24671916	0.039750404	0.886882857	2	2.926633261		
Tk1-P3	10	6		59.94	0.912755424	0.042462919	4803866.256	0.004166667	0.02878	5.894455	5.894453681	2.23759E-07	1	1	1	1	2	0	1	18.9	65.6167979	0.08018916	0.802549163	0.5	1.382738323		
Tk2-P3	12	6		59.94	0.912755424	0.042462919	4803866.256	0.004166667	0.02878	5.894455	5.894453681	2.23759E-07	1	1	1	1	3	0	1	19.7	78.74015748	0.096226992	0.836519498	0.5	1.43274649	1.43274649	
Tk3-P3	6	6		59.94	0.912755424	0.042462919	4803866.256	0.004166667	0.02878	5.894455	5.894453681	2.23759E-07	1	1	1	1	3	0	1	19.7	39.37007874	0.048113496	0.836519498	0.5	1.384632994		
Tk4-P3	8	6		59.94	0.912755424	0.042462919	4803866.256	0.004166667	0.02878	5.894455	5.894453681	2.23759E-07	1	1	1	1	3	0	1	19.7	52.49343832	0.064151328	0.836519498	0.5	1.400670826		

TRAMO	LONGITUD	DIAMETRO	P(1)-P(2)	CAUDAL NOMINAL	Velocidad	V2/2g	Re (Reynolds)	e/D (Rugosidad Absoluta)	f (Coeficiente de Fricción - Colebrook)	A	B	% Err	Valvula interna	Exceso de flujo	Filtro Y	Valv. Bola	Codo	Check	Unión TEE	Kv Total	L/D	Hp	Hs	H	H total	Máximos	Crítico
													1.5	5	1.5	8	0.8	1.2	1.3								
													K														
D1-L1	50	2	170	6.66	0.912755424	0.042462919	1601288.752	0.0125	0.04096	4.94059	4.94059462	9.35081E-07	0	0	2	4	6	2	1	43.5	984.2519685	1.711890894	1.847136962	119.6	123.2004101	123.2004101	
D2-L2	64	4	170	26.64	0.912755424	0.042462919	3202577.504	0.00625	0.03255	5.542413	5.542412662	6.09665E-08	0	0	2	4	6	2	1	43.5	629.9212598	0.87065701	1.847136962	119.6	122.3591762		
D3-L3	78	4	170	26.64	0.912755424	0.042462919	3202577.504	0.00625	0.03255	5.542413	5.542412662	6.09665E-08	0	0	2	4	6	2	1	43.5	767.7165354	1.06111323	1.847136962	119.6	122.5496324		
D4-L4	109	4	170	26.64	0.912755424	0.042462919	3202577.504	0.00625	0.03255	5.542413	5.542412662	6.09665E-08	0	0	2	4	6	2	1	43.5	1072.834646	1.482837719	1.847136962	119.6	122.9713569		
P4-D1	2	3		14.98	0.912450868	0.042434586	2401131.682	0.008333333	0.03569	5.29263	5.29263489	9.23929E-07	0	0	0	2	3	1	1	20.9	26.24671916	0.039750404	0.886882857	2	2.926633261		
P4-D2	2	3		14.98	0.912450868	0.042434586	2401131.682	0.008333333	0.03569	5.29263	5.29263489	9.23929E-07	0	0	0	2	3	1	1	20.9	26.24671916	0.039750404	0.886882857	2	2.926633261	2.926633261	127.543752
P4-D3	2	3		14.98	0.912450868	0.042434586	2401131.682	0.008333333	0.03569	5.29263	5.29263489	9.23929E-07	0	0	0	2	3	1	1	20.9	26.24671916	0.039750404	0.886882857	2	2.926633261		
P4-D2	2	3		14.98	0.912450868	0.042434586	2401131.682	0.008333333	0.03569	5.29263	5.29263489	9.23929E-07	0	0	0	2	3	1	1	20.9	26.24671916	0.039750404	0.886882857	2	2.926633261		
Tk1-P4	12	6		59.94	0.912755424	0.042462919	4803866.256	0.004166667	0.02878	5.894455	5.894453681	2.23759E-07	1	1	1	1	2	0	1	18.9	78.74015748	0.096226992	0.802549163	0.5	1.398776155		
Tk2-P4	10	6		59.94	0.912755424	0.042462919	4803866.256	0.004166667	0.02878	5.894455	5.894453681	2.23759E-07	1	1	1	1	3	0	1	19.7	65.6167979	0.08018916	0.836519498	0.5	1.416708658	1.416708658	
Tk3-P4	8	6		59.94	0.912755424	0.042462919	4803866.256	0.004166667	0.02878	5.894455	5.894453681	2.23759E-07	1	1	1	1	3	0	1	19.7	52.49343832	0.064151328	0.836519498	0.5	1.400670826		
Tk4-P4	6	6		59.94	0.912755424	0.042462919	4803866.256	0.004166667	0.02878	5.894455	5.894453681	2.23759E-07	1	1	1	1	3	0	1	19.7	39.37007874	0.048113496	0.836519498	0.5	1.384632994		



TRAMO	LONGITUD	DIAMETRO	P(1)-P(2)	CAUDAL NOMINAL	Velocidad	V2/2g	Re (Reynolds)	e/D (Rugosidad Absoluta)	f (Coeficiente de Fricción - Colebrook)	A	B	% Err	Valvula interna	Exceso de flujo	Filtro Y	Valv. Bola	Codo	Check	Unión TEE	Kv Total	L/D	Hp	Hs	H	H total	Máximos	Crítico
													1.5	5	1.5	8	0.8	1.2	1.3								
			Pulg	m3/h	m/s																	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
A1-L1	55	2	170	6.66	0.912755424	0.042462919	1601288.752	0.0125	0.04096	4.94059	4.94059462	9.35081E-07	0	0	2	4	6	2	1	43.5	1082.677165	1.883079984	1.847136962	119.6	123.3715992	123.3715992	
A2-L2	70	4	170	26.64	0.912755424	0.042462919	3202577.504	0.00625	0.03255	5.542413	5.542412662	6.09665E-08	0	0	2	4	6	2	1	43.5	688.976378	0.952281104	1.847136962	119.6	122.4408003		
A3-L3	80	4	170	26.64	0.912755424	0.042462919	3202577.504	0.00625	0.03255	5.542413	5.542412662	6.09665E-08	0	0	2	4	6	2	1	43.5	787.4015748	1.088321262	1.847136962	119.6	122.5768405		
A4-L4	112	4	170	26.64	0.912755424	0.042462919	3202577.504	0.00625	0.03255	5.542413	5.542412662	6.09665E-08	0	0	2	4	6	2	1	43.5	1102.362205	1.523649767	1.847136962	119.6	123.012169		
P1-A1	2	3		14.98	0.912450868	0.042434586	2401131.682	0.008333333	0.03569	5.29263	5.29263489	9.23929E-07	0	0	0	2	3	1	1	20.9	26.24671916	0.039750404	0.886882857	2	2.926633261	2.926633261	127.730979
P1-A2	2	3		14.98	0.912450868	0.042434586	2401131.682	0.008333333	0.03569	5.29263	5.29263489	9.23929E-07	0	0	0	2	3	1	1	20.9	26.24671916	0.039750404	0.886882857	2	2.926633261		
P1-A3	2	3		14.98	0.912450868	0.042434586	2401131.682	0.008333333	0.03569	5.29263	5.29263489	9.23929E-07	0	0	0	2	3	1	1	20.9	26.24671916	0.039750404	0.886882857	2	2.926633261		
P1-A2	2	3		14.98	0.912450868	0.042434586	2401131.682	0.008333333	0.03569	5.29263	5.29263489	9.23929E-07	0	0	0	2	3	1	1	20.9	26.24671916	0.039750404	0.886882857	2	2.926633261		
Tk1-P1	6	6		59.94	0.912755424	0.042462919	4803866.256	0.004166667	0.02878	5.894455	5.894453681	2.23759E-07	1	1	1	1	2	0	1	18.9	39.37007874	0.048113496	0.802549163	0.5	1.350662659		
Tk2-P1	8	6		59.94	0.912755424	0.042462919	4803866.256	0.004166667	0.02878	5.894455	5.894453681	2.23759E-07	1	1	1	1	3	0	1	19.7	52.49343832	0.064151328	0.836519498	0.5	1.400670826		
Tk3-P1	10	6		59.94	0.912755424	0.042462919	4803866.256	0.004166667	0.02878	5.894455	5.894453681	2.23759E-07	1	1	1	1	3	0	1	19.7	65.6167979	0.08018916	0.836519498	0.5	1.416708658		
Tk4-P1	12	6		59.94	0.912755424	0.042462919	4803866.256	0.004166667	0.02878	5.894455	5.894453681	2.23759E-07	1	1	1	1	3	0	1	19.7	78.74015748	0.096226992	0.836519498	0.5	1.43274649	1.43274649	

TRAMO	LONGITUD	DIAMETRO	P(1)-P(2)	CAUDAL NOMINAL	Velocidad	V2/2g	Re (Reynolds)	e/D (Rugosidad Absoluta)	f (Coeficiente de Fricción - Colebrook)	A	B	% Err	Valvula interna	Exceso de flujo	Filtro Y	Valv. Bola	Codo	Check	Unión TEE	Kv Total	L/D	Hp	Hs	H	H total	Máximos	Crítico
													1.5	5	1.5	8	0.8	1.2	1.3								
			Pulg	m3/h	m/s																	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
B1-L1	55	2	170	6.66	0.912755424	0.042462919	1601288.752	0.0125	0.04096	4.94059	4.94059462	9.35081E-07	0	0	2	4	6	2	1	43.5	1082.677165	1.883079984	1.847136962	119.6	123.3715992	123.3715992	
B2-L2	70	4	170	26.64	0.912755424	0.042462919	3202577.504	0.00625	0.03255	5.542413	5.542412662	6.09665E-08	0	0	2	4	6	2	1	43.5	688.976378	0.952281104	1.847136962	119.6	122.4408003		
B3-L3	80	4	170	26.64	0.912755424	0.042462919	3202577.504	0.00625	0.03255	5.542413	5.542412662	6.09665E-08	0	0	2	4	6	2	1	43.5	787.4015748	1.088321262	1.847136962	119.6	122.5768405		
B4-L4	112	4	170	26.64	0.912755424	0.042462919	3202577.504	0.00625	0.03255	5.542413	5.542412662	6.09665E-08	0	0	2	4	6	2	1	43.5	1102.362205	1.523649767	1.847136962	119.6	123.012169		
P2-B1	2	3		14.98	0.912450868	0.042434586	2401131.682	0.008333333	0.03569	5.29263	5.29263489	9.23929E-07	0	0	0	2	3	1	1	20.9	26.24671916	0.039750404	0.886882857	2	2.926633261	2.926633261	127.730979
P2-B2	2	3		14.98	0.912450868	0.042434586	2401131.682	0.008333333	0.03569	5.29263	5.29263489	9.23929E-07	0	0	0	2	3	1	1	20.9	26.24671916	0.039750404	0.886882857	2	2.926633261		
P2-B3	2	3		14.98	0.912450868	0.042434586	2401131.682	0.008333333	0.03569	5.29263	5.29263489	9.23929E-07	0	0	0	2	3	1	1	20.9	26.24671916	0.039750404	0.886882857	2	2.926633261		
P2-B2	2	3		14.98	0.912450868	0.042434586	2401131.682	0.008333333	0.03569	5.29263	5.29263489	9.23929E-07	0	0	0	2	3	1	1	20.9	26.24671916	0.039750404	0.886882857	2	2.926633261		
Tk1-P2	8	6		59.94	0.912755424	0.042462919	4803866.256	0.004166667	0.02878	5.894455	5.894453681	2.23759E-07	1	1	1	1	2	0	1	18.9	39.37007874	0.048113496	0.802549163	0.5	1.366700491		
Tk2-P2	10	6		59.94	0.912755424	0.042462919	4803866.256	0.004166667	0.02878	5.894455	5.894453681	2.23759E-07	1	1	1	1	3	0	1	19.7	65.6167979	0.08018916	0.836519498	0.5	1.416708658	1.43274649	
Tk3-P2	12	6		59.94	0.912755424	0.042462919	4803866.256	0.004166667	0.02878	5.894455	5.894453681	2.23759E-07	1	1	1	1	3	0	1	19.7	78.74015748	0.096226992	0.836519498	0.5	1.43274649		
Tk4-P2	6	6		59.94	0.912755424	0.042462919	4803866.256	0.004166667	0.02878	5.894455	5.894453681	2.23759E-07	1	1	1	1	3	0	1	19.7	39.37007874	0.048113496	0.836519498	0.5	1.384632994		



Por lo tanto seleccionamos un motor con 30 HP.

BOMBA SIHI, MODELO 500X.

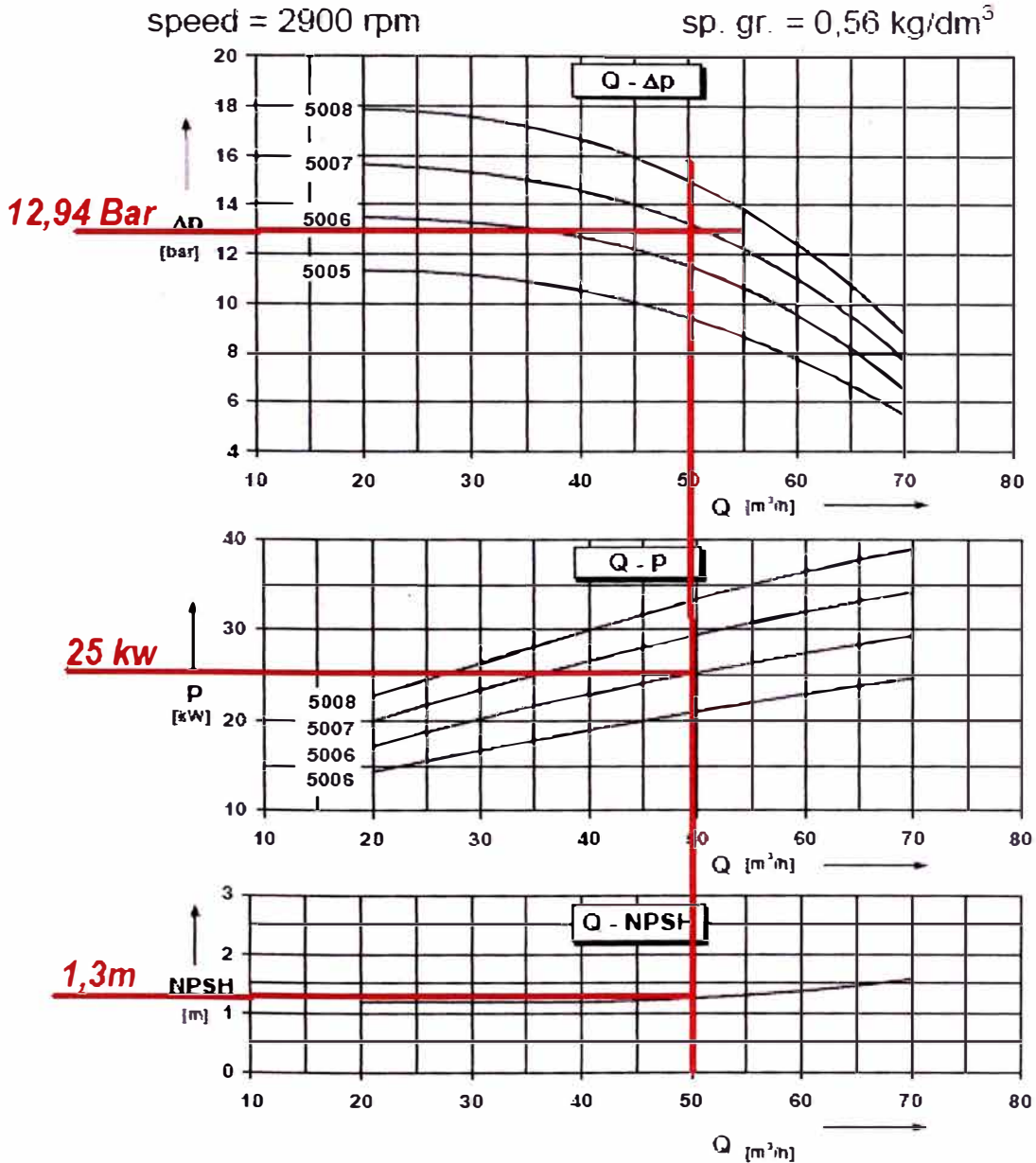


Gráfico No.10 (Extraído de LPG – Pump Catalogue, [www.sterlingfluidsystems.com](http://www.sterlingfluidsystems.com), página 13)

## **7. Instalaciones eléctricas y de seguridad**

### **7.1 Objetivo**

El proyecto de Ampliación de la Planta de Envasado consistirá en la instalación de una bomba (P-4) y tanques (Tk-3, Tk-4) adicionales y toda la instrumentación de control que esto implica. Esta ampliación significa la alimentación eléctrica a los nuevos equipos e instrumentos y la implementación de sistemas de control para los nuevos tanques, los cuales se integrarán al esquema de control actual para conformar así, un sistema confiable y funcional que satisfaga los requerimientos del cliente.

### **7.2 Instalaciones eléctricas**

#### **7.2.1 Dispositivos eléctricos**

A continuación se describen las actividades que se deben encontrar dentro del alcance del proyecto:

Sala de Centro de Control de Motores y PLC.

- Suministro e instalación de alimentación en 440 voltios a la nueva Bomba P-4 desde un cubículo equipado ubicado en el CCM-S.
- Suministro e Instalación del cableado y control que llega de campo al CCM-S y el enlace entre el PLC existente y el arrancador nuevo de P-4.
- Se implementará una extensión al PLC actual para alojar los nuevos módulos de entrada y salida.

- Ruta de Cables de Fuerza y Control
- Suministro e instalación de cable desde los nuevos instrumentos hasta caja Genius correspondiente.
- Instalación de cable de fuerza para Bomba P-4 que proviene del CCM-S.
- Suministro e instalación de cables de energización a Válvulas e instrumentos asociados a los nuevos Tanques.

#### Área de Tanques y Bombas

- Reubicación de las actuales bombas de GLP P-1/2/3 hacia su nueva ubicación junto a la nueva bomba P-4. La estación de botoneras actual (TBC), también se reubicará cerca de las bombas y se denominará TBC-1. Se tendrá que instalar una nueva estación de botoneras para los compresores la cual se denominará TBC-2.
- Instalación del cable de control para arranque de bombas desde caja Genius hasta Tablero TBC-1 de pulsadores de arranque de Bombas.
- Instalación de las Cajas Genius CGI-7, CGI-8 en Rack N° 2, cuya cobertura será ampliado mecánicamente.
- Instalación de los cables de instrumentación de llegada de campo del área de Tanques, área de Bombas, Caseta de Supervisión y detectores de Gas.

### 7.3 Instalaciones y equipos de seguridad

#### 7.3.1 Detector de fugas de GLP

No esta escrito para cada tipo de instalacion los valores de nivel minimo y maximo del %LEL. Cada entorno en base al riesgo define la sensibilidad de una fuga seleccionando niveles mas bajos de seteo de alarmas, la experiencia, el conocimieto de las operaciones, el mantenimineto de la instalacion son factores que ayudan a determinar el valos deseado o necesario. Un mapeo con un explosimetro seria de gran ayuda para definir dicho nivel de ajuste, tal vez sea diferente para cada area.

En la planta de envasado se ha definido instalar un detector de gas infrarrojo PIR9400, marca DET-TRONICS, cuyas características son las siguientes:

Entrada de voltaje	: 24 Vdc.
Salida de corriente	: 4 a 20 mA.
Rango de detección	: 0 a 100% LFL
Gases	: Metano, Etano, Propano, Butano, Etileno, Propileno.
Precisión	: +/- 3% de 0 a 50 %LFL, +/- 5% de 51 a 100% LFL
Repetibilidad	: Cero, +/- 1% LFL Span, +/- 2% LFL

### 7.3.2 Sistema de control de llenado automático

La integración de los tanques al sistema de control automático debe ser de manera análoga a los ya existentes pero se deben tener algunas consideraciones al momento de integrar la lógica de control.

- Se deben instalar válvulas ON-OFF para la línea de llenado de cada tanque, de manera que nos facilite ante una emergencia o caída de señal forzar la válvula electroneumática.
- Se debe asegurar el suministro adecuado de aire comprimido para mantener la confiabilidad en los tiempos de respuesta en las válvulas.
- Debe existir un sistema que apague o bloquee el tanque que tenga un nivel demasiado bajo y pueda ocasionar ingreso de vapor en la succión de las bombas.
- De debe seguir con el el control de cierre automático independiente en cada tanque de modo que si éste llega a un nivel que supera el porcentaje máximo exigido por la norma éste se cierre.
- Implementar lógicas PID en conas donde existan variaciones de consumo de manera que no se sobrepresionen las líneas bloqueadas.
- Realizar de acuerdo a un plan de inspecciones y mantenimiento el adecuado funcionamiento de las señales, para evitar errores de lectura en el sistema, que pueden desencadenar accidentes. Para tal caso siempre se recomienda tener un equipo analógico al lado de un digital,

para que puedan ser contrastados continuamente en la operación.

- Lo más recomendable sería instalar variadores proporcionales en los motores para que cuando se sense demasiada recirculación del fluido el motor de apague inmediatamente.
- Las señales de nivel, temperatura y presión deben estar redundantes en cada tanque, de manera que si uno de ellos sale fuera de servicio por mantenimiento o falla se pueda mantener el control de tanque de manera remota.
- Mantener correctamente sellados los sistemas sensores para protegerlo del medio ambiente (en este caso la planta se encuentra a 3 Km de la playa).
- Siempre se debe evaluar la ampliación de los UPS, que mantiene la señal estabilizada a los sensores de campo, así como las baterías de 24 Vdc.

## **8. Evaluación económica**

### **8.1 Generalidades**

Como se menciona en el primer capítulo, la creciente demanda del mercado nacional ha impulsado la evaluación de proyectos tanto de implementación de nuevas instalaciones como las de ampliación de las ya existentes de manera que respondan a la demanda. El consumidor en la actualidad desea que se le atienda en corto plazo, de manera eficiente, eficaz, que respete el medio ambiente, que sea seguro; características que deben ser basadas en la buena operación de las plantas que las abastecen. La oportunidad de invertir es hoy un tema que debe ser sometida al análisis ya que normalmente nos basamos en el costo de oportunidad. Los escenarios sobre el cual se maneja una empresa están sometidos a actividades internas y externas por lo cual debemos reflexionar y evaluar el por qué de la inversión, y una vez que estemos convencidos de los que queremos podremos enfocar mejor los objetivos del negocio.

A continuación realizaremos un análisis FODA del proyecto:

- **Fortalezas**
  - El gas licuado petróleo cubre las necesidades de energía de la población de menores recursos.
  - Conocimiento y experiencia del negocio.
  - Precio competitivo en el mercado.
  - El contrato de abastecimiento de materia prima es estable y ha sufrido leves variaciones en el precio, caso contrario al petróleo.

- El estado impulsa la masificación de este producto en zonas donde el gas natural no tiene facilidades de acceso.
  - Su fuente es el gas natural y el país puede abastecerla con los yacimientos existentes.
- Debilidades
    - Depende de una planta que la abastezca constantemente.
    - Falta de capacidad de almacenar grandes cantidades de GLP en función de la demanda. Alto número de rotaciones al día.
    - La falta de capacidad de almacenamiento limita las condiciones de envasado del producto.
    - Las operaciones se ven mermadas cuando uno de los tanques en operación entra en mantenimiento.
- Oportunidades
    - Acceso a nuevos mercados
    - Dar la facilidad del aumentar la capacidad operativa de las instalaciones cuando se compre una nueva línea de envasado.
- Amenazas
    - Entrada de nuevos competidores al mercado



- Sustitución del producto por el gas natural en la industria.
- Producción de economías de escala, que representan menores precios.
- Cambio de políticas energéticas.

Por lo tanto, el proyecto de ampliación de la capacidad de almacenamiento se sustenta en atacar las debilidades expuestas, ya que éstas dependen estrictamente de la organización y de cuanto quiera permanecer en el negocio, responder a las demanda del mercado, dejar las bases para ampliar la capacidad operativa y reducir la dependencia de las plantas de abastecimiento aumentando su capacidad, permitiendo la reposición del stock y la flexibilidad para realizar los mantenimientos según las normas vigentes.

## 8.2 Evaluación económica y financiera.

Para el caso en análisis podemos considerar lo siguiente:

- Financiamiento con recursos propios.
- Sólo nos basamos en el incremento de toneladas métricas vendidas, ya que el negocio se evalúa de forma global en éstas unidades.
- Se considera que los tanques ya han sido comprados con anticipación y no son parte de este proyecto.

## 8.2.1 Estructura de la inversión

### 8.2.1.1 Presupuesto

La ejecución del proyecto consta de las siguientes actividades:

- Instalar dos (2) tanques de 30,000 galones cada uno en las cimentaciones existentes en la Planta.
- Interconectar los nuevos tanques con el sistema de recepción de GLP de cisternas y con el sistema de transferencia de GLP desde planta de abastecimiento.
- Instalar una nueva bomba de envasado de GLP en la cimentación a ser construida en el nuevo patio de bombas.
- Reubicar las bombas P-1, P-2 y P-3 existentes en las respectivas cimentaciones a ser construidas en el nuevo patio de bombas.
- Interconectar los tanques existentes (2) y los nuevos tanques (3) con los manifold de succión de las bombas de llenado existentes P-1, P-2, P-3 y de la nueva bomba P-4.
- Interconectar los manifold de descarga de las bombas existentes P-1, P-2, P-3 y la nueva bomba P-4 con los sistemas de llenado de GLP de la Plataforma de Envasado S45, del Carrusel K-1 y Carrusel K-2.
- Interconectar la nueva línea Ø4" que viene de zona de bombas reubicadas con cada uno de los Sistemas de Medidores Másicos de la Plataforma de Envasado.
- Interconectar el Manifold de Recuperación de Vapores del Carrusel K-1 y Carrusel K-2 con los nuevos tanques.

- Interconectar el Sistema de Recuperación de Vapores de la nueva bomba P-4 con los nuevos tanques y con el manifold de retorno de vapores a esferas de GLP del Terminal de Almacenamiento.
- Interconectar el manifold de la Red Principal del Sistema Contraincendio con el sistema contraincendio de los nuevos tanques.
- Instalar instrumentos de medición de presión, temperatura y nivel en los nuevos tanques.
- Instalar válvulas de control tipo ON-OFF, válvulas de alivio en sistema de tuberías y en los nuevos tanques.
- Ampliar Racks existentes para alojamiento de nuevos tableros Genius.
- Cableado para conducir las señales de instrumentos de medición de los nuevos tanques y medidores másicos hasta las cajas Genius de campo para luego conducirlos a la Sala de Control.
- Cableado hasta nuevo patio de bombas para suministro de energía eléctrica a las bombas P-1, P-2, P-3 y nueva bomba P-4.
- Cableado hasta zona de nuevos tanques T-3, T-4 y T-5, Racks existentes ampliados y medidores másicos para suministro de energía eléctrica para iluminación.
- Prefabricar e instalar plataformas de acceso a nuevos tanques T-3, T-4 y T-5 y, a válvulas del manifold de succión de bombas P-1, P-2, P-3 y P-4.
- Relleno, compactación y limpieza de la zona de trabajo.

Las actividades entriormente descritas se pueden resumir en el siguiente cuadro:

<b>ESPECIFICACIONES DE PROYECTO</b>						
Proyecto/Project						
Cliente/Customer						
Trabajo N°/Job N°						
<b>RESUMEN DE LA INVERSION</b> <b>Moneda: Dolares Americanos</b>			Por/By	Fecha/ Date	Rev/Rev	Pág./Page
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID</b>	<b>CANT</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO PARCIAL</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>INSTALACIONES</b>						<b>185,689.22</b>
01	OBRAS PRELIMINARES	GLO	1.00	2,500.00	2,500.00	
02	OBRA CIVIL: MOV. DE TIERRAS Y CONCRETO. INC. MATERIALES	GLO	1.00	18,397.90	18,397.90	
03	OBRA METAL MECANICA.	GLO	1.00	110,523.77	110,523.77	
04	OBRAS ELECTRICAS	GLO	1.00	9,136.02	9,136.02	
05	PRUEBAS	GLO	1.00	14,600.00	14,600.00	
06	GASTOS GENERALES Y UTILIDAD	GLO	1.00	30,531.54	30,531.54	
<b>MATERIALES A SUMINISTRAR</b>						<b>124,918.09</b>
07	TUBERIAS Y ACCESORIOS MECANICOS	GLO	1.00	110,454.29	110,454.29	
08	MATERIALES ELECTRICOS	GLO	1.00	14,463.80	14,463.80	
<b>EQUIPOS E INSTRUMENTOS</b>						<b>100,099.93</b>
09	EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y GABINETES	GLO	1.00	100,099.93	100,099.93	
<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL DE OBRA</b>						<b>410,707.25</b>

### 8.2.1.2 Proyección de ventas

La ampliación de la planta representa la iniciativa de incrementar las ventas como objetivo integral de la empresa. En el siguiente cuadro podemos apreciar la variación de las ventas desde el año 2008, demostrando así que las ventas permanecen sin mayores fluctuaciones con la expectativa de incrementar las ventas en un 15% respecto al año 2009, una de las medidas a aplicar para este objetivo es la ejecución del proyecto de ampliación. Este incremento en las ventas se considera parte del retorno de inversión estimado, como la ampliación no es la única actividad planeada para incrementar las ventas se ha estimado la participación del proyecto en un 15% del incremento total de las ventas (el área de marketing y los representantes comerciales tendrán un mayor porcentaje participativo). En proyecto pondrá las bases para que el objetivo global sea más viable.

El costo de la tonelada métrica (TM) es considerado dentro de los precios commodities, ya que generalmente son éstos los costos con los que se cotiza en los mercados bursátiles y es una buena referencia para la evaluación económica de empresas que desean uniformizar la decisión de invertir según el costo de oportunidad.

VENTAS - TONELADAS METRICAS ESTIMADAS						
Mes	2008 (TM)	2009 (TM)	2010 (TM)	Margen de ventas por la ampliación TM	Costo de TM (US\$)	Incremento de Ventas (US\$)
Ene	9,096	9,206	10,612	1,406	510	716,951
Feb	8,814	8,549	9,922	1,373		700,173
Mar	9,257	9,561	11,137	1,576		803,652
Abr	9,540	9,312	10,635	1,323		674,717
May	10,308	10,032	11,253	1,221		622,744
Jun	10,261	9,812	11,164	1,352		689,665
Jul	10,075	10,602	11,800	1,197		610,572
Ago	10,238	10,648	11,923	1,275		650,065
Sep	9,915	9,921	11,714	1,793		914,421
Oct	10,143	10,130	11,800	1,670		851,629
Nov	9,384	9,383	11,483	2,100		1,071,096
Dic	9,744	9,956	12,301	2,345		1,196,120
TOTAL	116,775	117,112	135,743	18,631		9,501,805

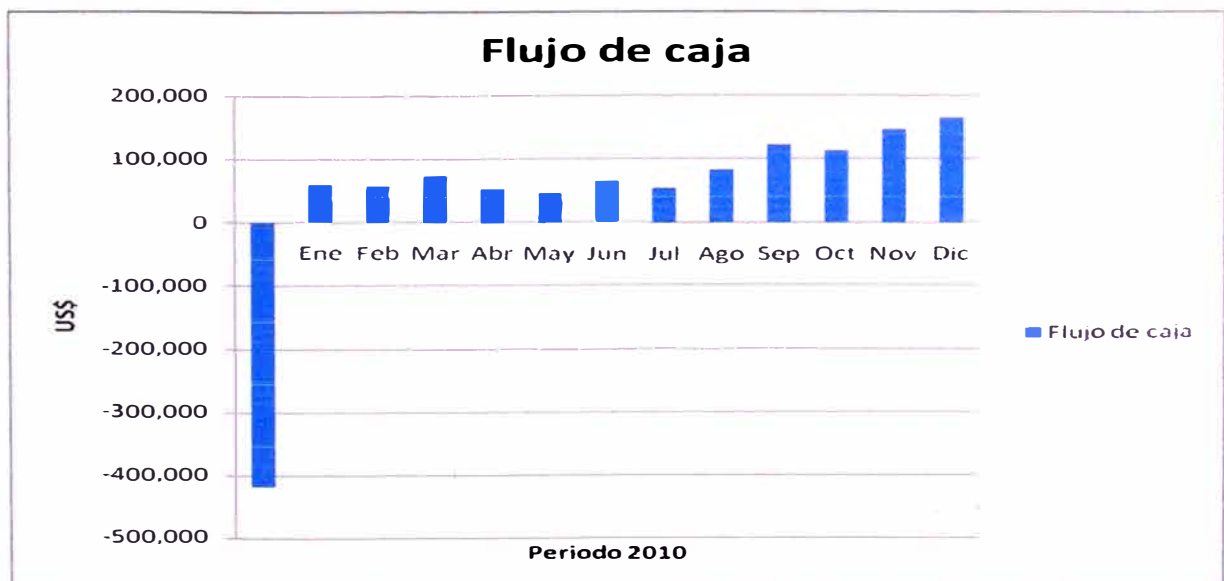
### 8.2.2 Flujo de caja económico financiero

A través del área de finanzas se ha planeado financiar la ampliación del proyecto con recursos propios de tal manera que parte del incremento de ventas sea considerado como retorno de caja. Según lo expuesto en el ítem anterior consideramos como ingresos la participación del proyecto en el incremento de las ventas que representa el 15% del incremento de ventas total.

En la parte de egresos se considera en costo de implementación del proyecto, la capacitación del personal que ingresará a realizar las labores a planta y debe cumplir con adiestramientos en seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, el acondicionamiento en planta. El gasto de supervisión de un personal dedicado a que se cumplan los objetivos

del proyecto, los gastos administrativos que representa implementar el proyecto, el costo de mantenimiento del proyecto, otros gastos que serán el aprovisionamiento de los materiales en el caso se tengan demoras en el suministro o los efectos de inflación así como la depreciación de la instalación. Todo ello lo podemos resumir a través del siguiente flujo de caja:

Año 2010		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Ingresos</b>													
Incremento Ventas		107,543	105,026	120,548	101,208	93,412	103,450	93,412	97,510	137,163	127,744	160,664	179,418
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>107,543</b>	<b>105,026</b>	<b>120,548</b>	<b>101,208</b>	<b>93,412</b>	<b>103,450</b>	<b>93,412</b>	<b>97,510</b>	<b>137,163</b>	<b>127,744</b>	<b>160,664</b>	<b>179,418</b>
<b>Egresos</b>													
Implementación del proyecto	410,707												
Capacitación en Seguridad, Salud y Medio Ambiente	8,000												
Supervisión		2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Gastos administrativos		8,000	8,000	8,000	8,000	8,000							
Costo de mantenimiento		3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Otros gastos		25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000					
Depreciación		9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
<b>TOTAL</b>	<b>418,707</b>	<b>47,000</b>	<b>47,000</b>	<b>47,000</b>	<b>47,000</b>	<b>47,000</b>	<b>39,000</b>	<b>39,000</b>	<b>14,000</b>	<b>14,000</b>	<b>14,000</b>	<b>14,000</b>	<b>14,000</b>
<b>SALDO</b>	<b>-418,707</b>	<b>60,543</b>	<b>58,026</b>	<b>73,548</b>	<b>54,208</b>	<b>46,412</b>	<b>64,450</b>	<b>54,412</b>	<b>83,510</b>	<b>123,163</b>	<b>113,744</b>	<b>146,664</b>	<b>165,418</b>



### 8.2.3 Valor presente neto y relación beneficio – costo

- Valor actual neto se una inversión se entiende como la suma de valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados en el proyecto. Como en nuestro caso si el proyecto tiene un valor de VAN positivo el proyecto es rentable, y si existe la posibilidad de comparar varios valores de VAN, el mayor de éstos tiene la preferencia.

<b>TASA DE DESCUENTO</b>	<b>0.12</b>	<b>%</b>
<b>VAN</b>	<b>45,886</b>	<b>US\$</b>

- Tasa interna de retorno, se denomina a la tasa de descuento que hace que el VAN de una inversión sea igual a cero, y se considera que una inversión es aconsejable si la resultante el igual o mayor a la tasa exigida por el inversor, para nuestro caso ésta tasa está definida como la tasa del costo de oportunidad que puede dar un banco local, tomamos como referencia 12% definida por la empresa. Como la TIR resulta mayor al 12%, la propuesta del proyecto es viable.

<b>TIR</b>	<b>14%</b>
------------	------------



## **Conclusiones y Recomendaciones**

### **Recomendaciones**

Las válvulas de cierre deberán ser de fácil acceso para su operación mantenimiento bajo condiciones normales y de emergencia. La posición de las manijas deben tener un acceso ergonómico. De preferencia utilizar válvulas de bola por que nos permiten regimen de flujo más variable.

La prueba hidrostática no se hace para detectar fugas, sino para probar los materiales y el recipiente, para observar alguna deformación. El código no señala el tiempo de prueba, lo usual es de media a una hora. Se recomienda que la prueba de la temperatura de prueba sea mantenida a menos de 30 °F por encima de la temperatura mínima de diseño del metal para minimizar el riesgo de fractura frágil, pero no se necesita que sea mayor a 120 °F. Para situaciones donde la resistencia del suelo no permita realizar la prueba cpon agua se puede realizar la prueba con nitrógeno u otro gas inerte de manera que podamos inertizar el recipiente y hacer la pruen a la vez.

Cuando se proyecte la línea de retorno de vapores debe independizarse la línea de retorno de vapores del sistema, vapores del tanque y la línea de alivio térmico, con el objetivo de que el compresor de trasiego trabaje con vapor netamente y evitar que el líquido se introduzca en la línea de vapores ya que no se puede cuantificar simplemente, y representa un tipo de pérdidas en el proceso.

Para la prueba neumática UG-100: Se puede hacer una prueba neumática en lugar de una prueba hidrostática en los siguientes casos: A. Si el tanque esta diseñado o tiene soportes que no permiten llenarlo de agua se una forma

segura para una prueba hidrostática. B. Que el tanque no pueda ser totalmente drenado.

Los procesos involucrados en el envasado de cilindros debe buscar una tendencia hacia la automatización ya que este es un producto que llega a todas partes del país, y todo error que no se pueda detectar puede ocasionar accidentes. El mantenimiento puede aumentar la confiabilidad de los equipos utilizados en el envasado, especialmente los equipos de control.

Cada vez que realizan modificaciones en la instalación se debe evaluar los impactos en la operación. La selección adecuada permite que se tenga un correcto flujo del GLP, que en zonas donde se excede la velocidad permisible según el diámetro se produce ruido y vibración, esto puede ocasionar desajustes en las uniones bridadas.

Cada vez que se instale una bomba los fabricantes recomiendan espaciar el lado de la succión por lo menos diez veces el diámetro para asegurar un flujo uniforme y se evite la formación de vapor de GLP en la succión.

Todos los instrumentos instalados en el sistema de recepción y bombeo de GLP deben estar correctamente calibrados y certificados acompañados de el certificado de calibración de los patrones utilizados. Así mismo se debe establecer una frecuencia para su calibración periódica de manera que se puedan asegurar las mediciones del sistema.

## **Conclusiones.**

De acuerdo al desarrollo del presente estudio podemos concluir que:

El crecimiento del mercado peruano en la actualidad permite la viabilidad de los procesos de ampliación de plantas cuya capacidad productiva se ve reducida. Como podemos ver, este proyecto puede ser financiado por la propia empresa, quien asume los riesgos del negocio. Mantener ratios económicamente factibles como el obtenido es decisivo para que la gerencia decida incrementar su capacidad.

El análisis FODA nos permite visualizar de manera objetiva las ventajas de invertir en una ampliación atacando la debilidad, para el presente estudio, depender del abastecimiento constante de un proveedor necesita de una estrategia de precios y la flexibilidad radica en la capacidad de almacenar cada vez más y reducir las frecuencias de entrega.

Existe una gran base legal para la operación de plantas de envasado de GLP, pero el mercado informal aun no permite la uniformidad en el modo de operar las plantas de envasado.

Las normas NFPA, ASME, API se caracterizan por el alto grado de especialización, cuyas características superan a las exigencias normadas por el ente regulador, por lo que estamos en una etapa de aprendizaje y con un campo amplio de especialización en la concepción de plantas de GLP y Gas Natural.

La bomba seleccionada cumple con los requisitos de bombeo para GLP y cualquier variación en las densidades del producto debe ser analizada antes

de aceptarlas ya que pueden variar los parámetros de operación del sistema de envasado.

Debido a los requisitos técnicos de las bombas para GLP, estas deben ser certificadas y listadas, ya que con ello se garantiza el cumplimiento de los requisitos de fabricación y pruebas operacionales del fabricante.

Todo sistema de seguridad que implique precisión de medición debe contar con certificados de calibración correctamente trazables.

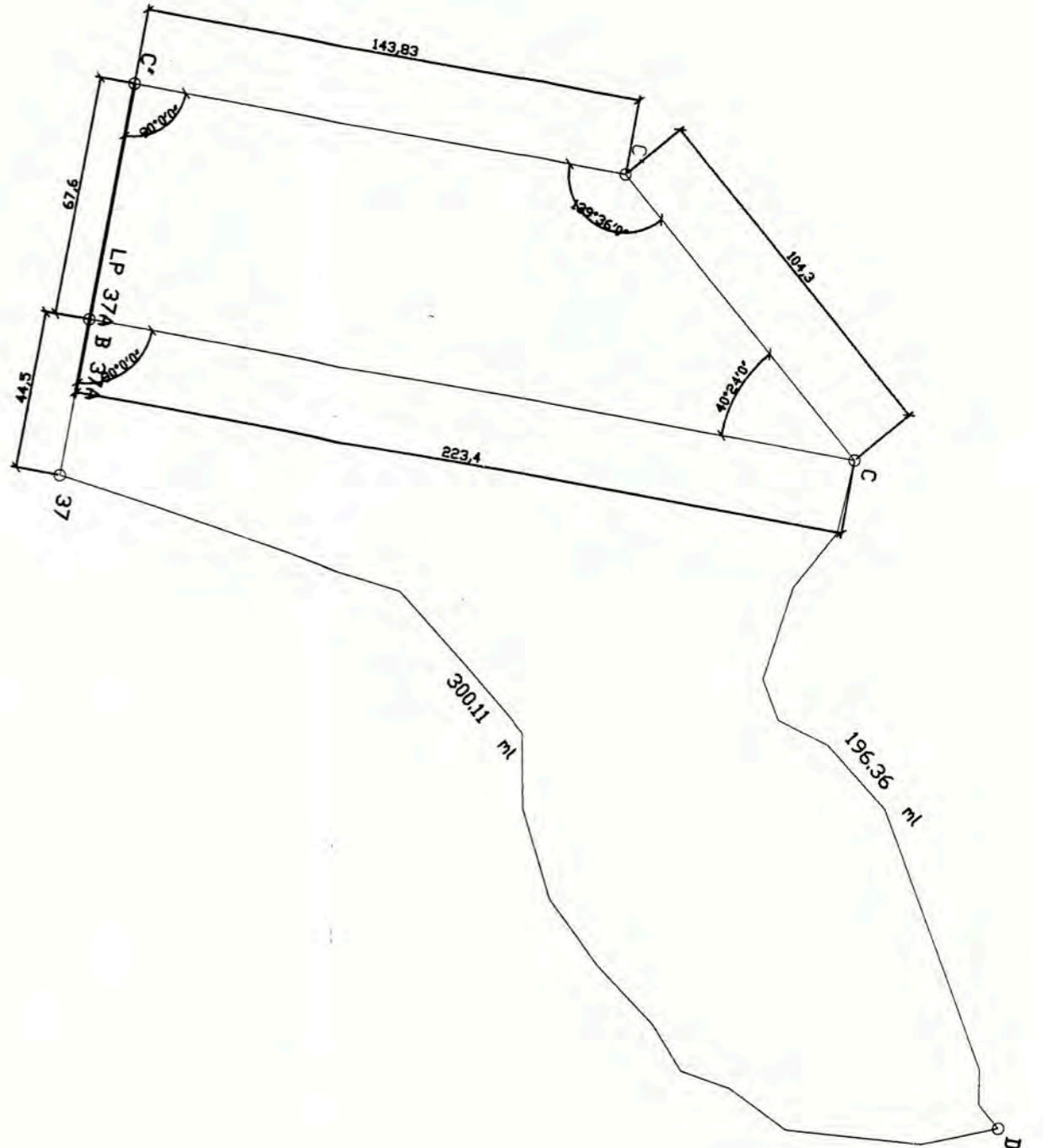
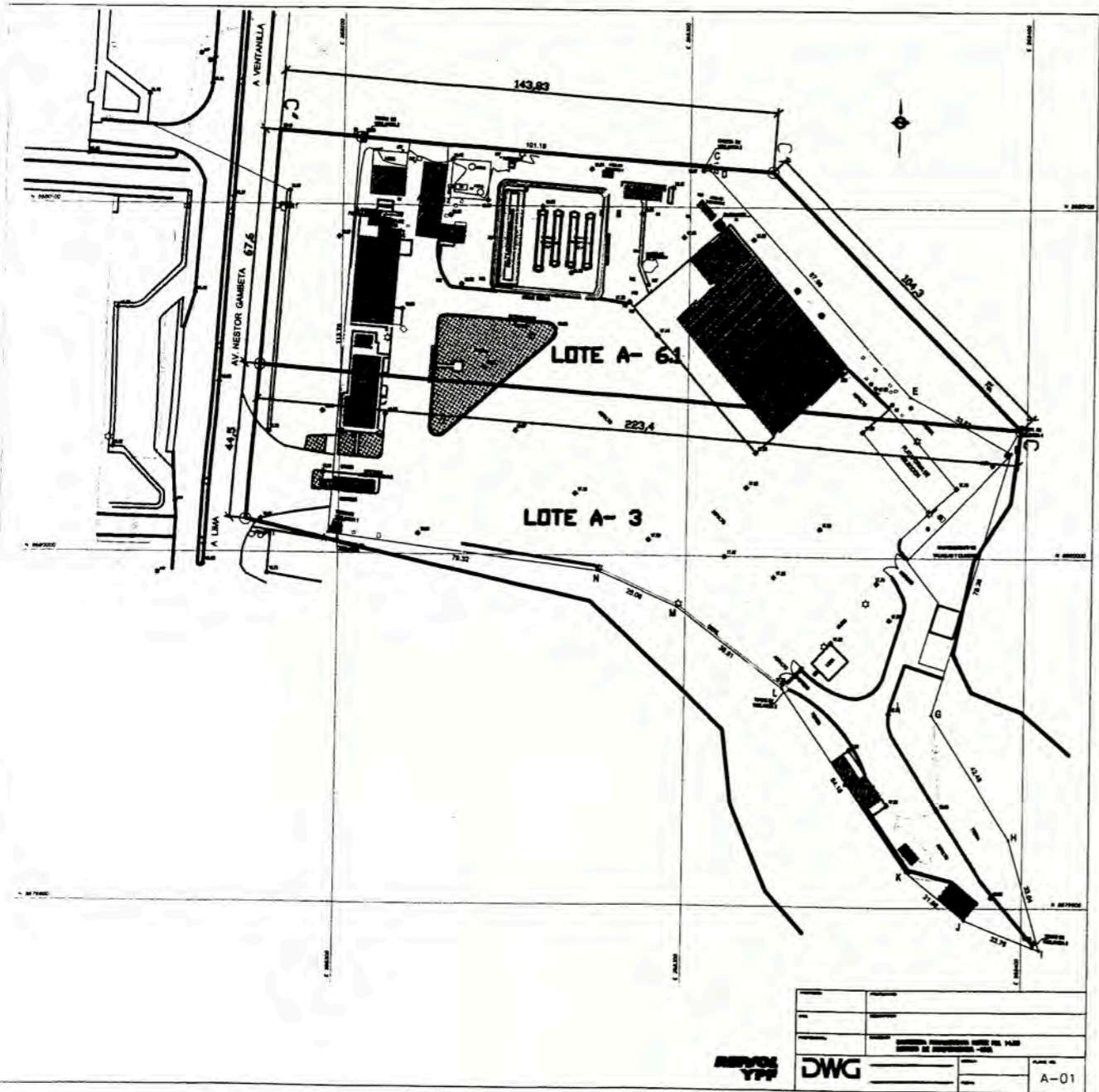
El control automático de los tanques permitirá controlar los niveles mínimos y máximos de operación, mitigando la posibilidad de sobrellenos que expongan a la instalación y a los operativos que en ella laboran.

## Bibliografía

1. Liquefied Gases and Chemicals Measurement and Control. Redwood Belgium, 1993
2. National Fire Protection Association 58: Código del gas licuado de petróleo.
3. Manual de recipientes a presión. Diseño y cálculo. Eugene F. Megyesy. Editorial Limusa 1989.
4. Estudio de ampliación de un servicentro con un gasocentro de GLP de uso automotriz de 5000 galones de capacidad. AUTOR: MACINES ROMERO, Carlos Nolberto. Código 2959 – 2009
5. Proyecto de una planta envasadora de gas licuado de petróleo para 10,000GLS. AUTOR: VALLE RAMIREZ, Willyman Tito. 2291 - 2002
6. Diseño de un sistema de protección catódica para un tanque clarificador de salmuera de 2064 m<sup>3</sup>. AUTOR: TRIGO VILLACA, Feliciano. 2206 – 2002
7. Hoja de ruta del sector del GLP, Asociación Europea de GLP 2009  
[http://www.aoglp.com/publicaciones/Hoja\\_de\\_ruta.pdf](http://www.aoglp.com/publicaciones/Hoja_de_ruta.pdf)
8. SGS Redwood Services, Training System / América Latina
9. GPSA Engineering Data Book 11<sup>th</sup> Edition, Volumen I & II
10. Balance Nacional de Energía 2008, Ministerio de Energía y Minas
11. Ministerio de Energía y Minas. Página web:  
<http://www.minem.gob.pe>>Hidrocarburos>>Procedimientos> y  
[Registros>>Listado de registros hábiles.](http://www.minem.gob.pe>>Hidrocarburos>>Procedimientos)
12. Guía de equipos CORKEN para el trasiego de gas licuado. 1993
13. OSINERMING: [www.osinerg.gob.pe](http://www.osinerg.gob.pe)
14. Banco Central de Reserva. <http://www.bcrp.gob.pe/> Consulta de tasas de riesgo aplicables a negocios por rubro.
15. Bombas para sistemas de GLP: <http://www.sterlingsihi.com/>
16. TROUVAY&CAUVIN - PIPING EQUIPMENT 2001 - ASME B36.10M-1996
17. Diseño de elementos de máquinas I, Ing. Fortunato Alva Dávila 2002.

**Planos**

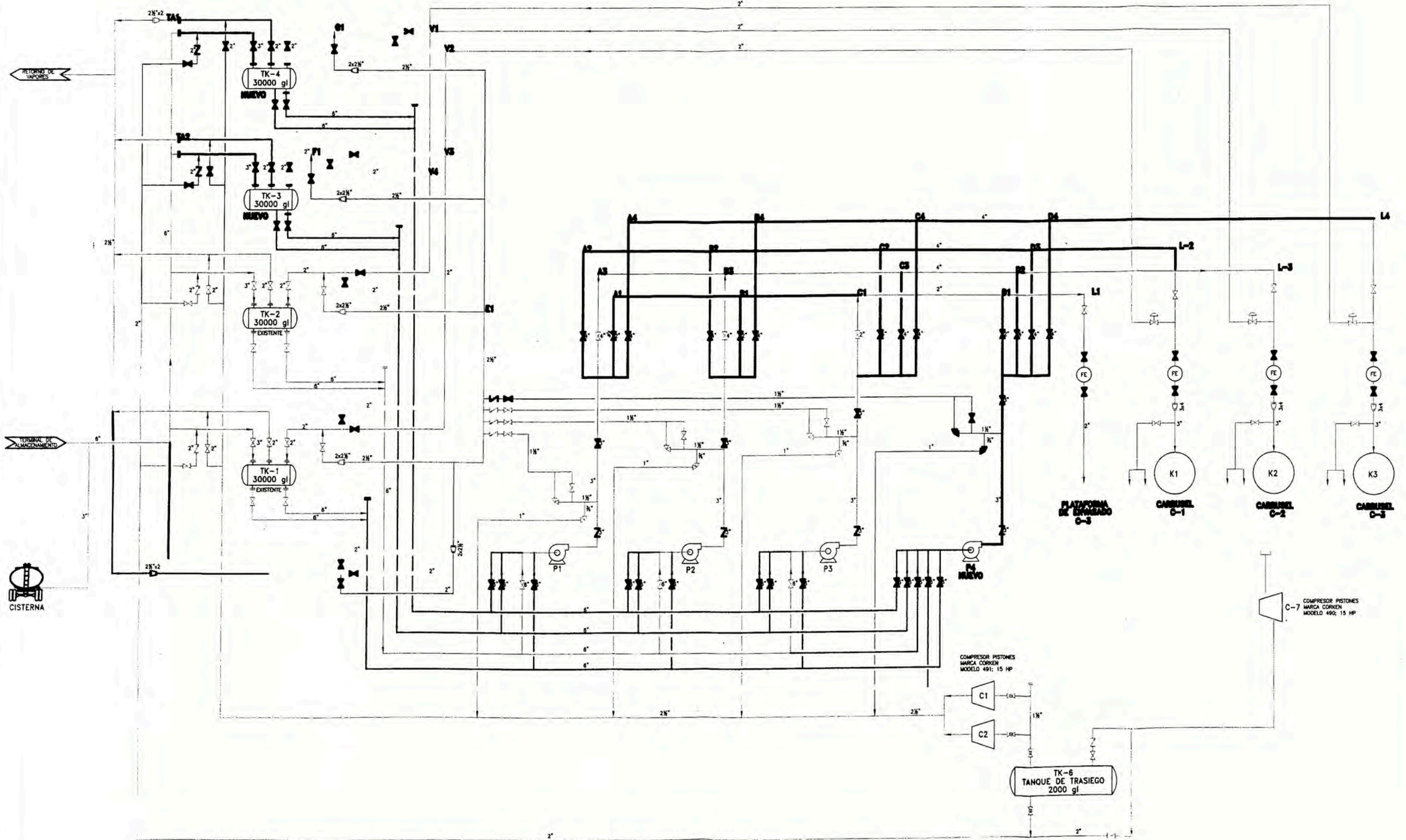
1. Plano de ubicación de la planta.
2. Distribución de la planta.
3. Plano de distribución de tuberías.
4. Tuberías e Instrumentos de Tk3.
5. Tuberías e Instrumentos de Tk4.
6. Instrumentación de bombas.
7. Diagrama de bloques.











NOTAS GENERALES:  
 1. DIMENSIONES MILIMETROS  
 2. MATERIAL: ASTM-A36  
 3. REDONDEOS R10  
 4. CHAFLANES 10x10 (S.I.C.)  
 5. SOLDADURA FILETE 6mm (S.I.C.)  
 ELECTRODO AWS E70XX

REV.	DESCRIPCION	POR	APROB.	FECHA

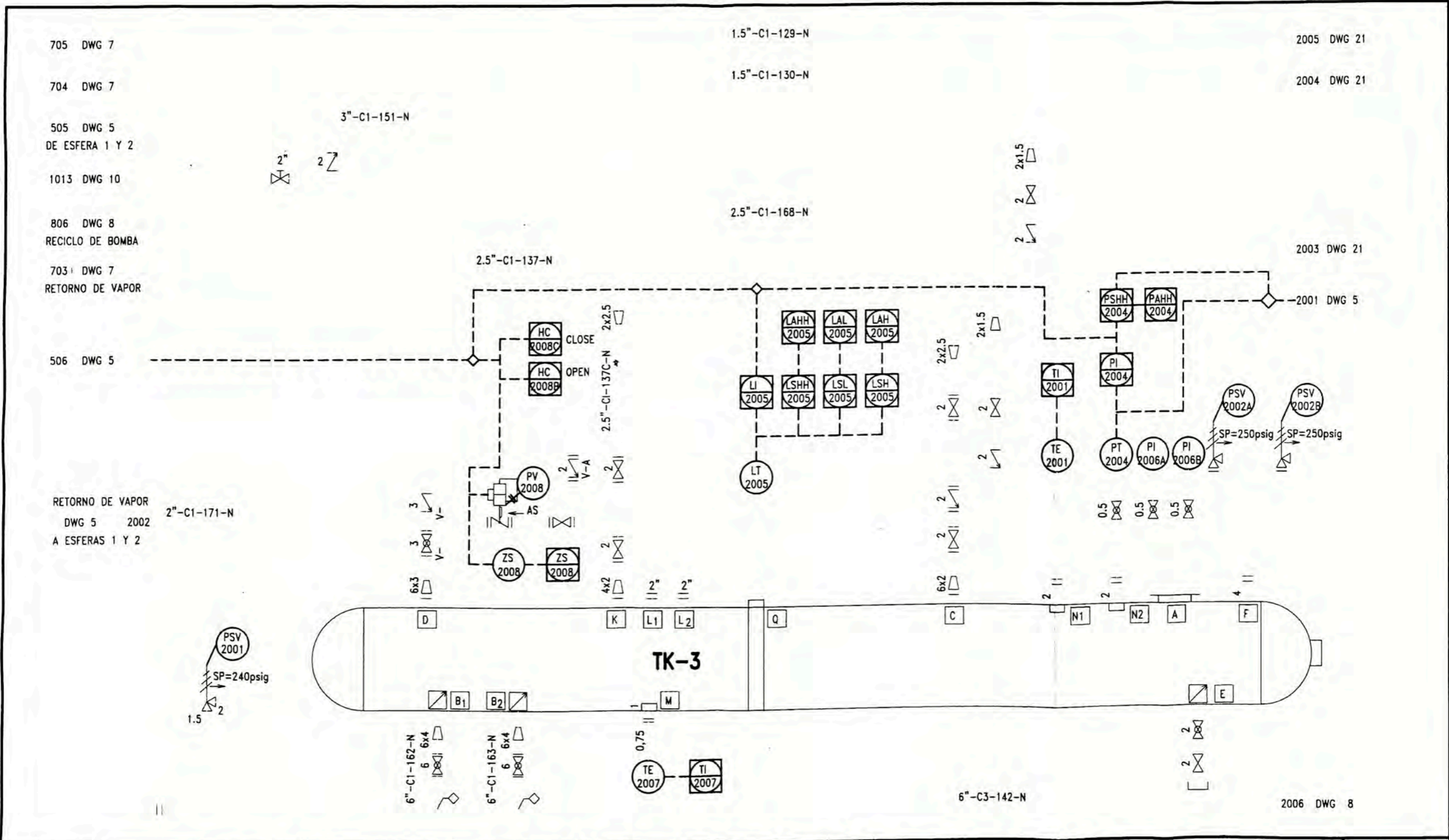
N° DE PLANO	REFERENCIAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA




DETALLE: DISTRIBUCIÓN DE TUBERÍAS - FLOW SHEET  
 TÍTULO: ESTUDIO DE AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE UNA PLANTA EMISADORA DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO DE 60,000 GALONES A 120,000 GALONES

ESTE PLANO Y LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL SON PROPIEDAD DE CORRIEN S.A.C. SU USO O REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN ESTÁ PROHIBIDA.	A1
DISEÑADO	N° D.T.
DIBUJADO C.R.Z.	
REVISADO	ESC.
APROBADO	IND.
N° DE PLANO	N° REV.
UNI_4522_001	





REV.	FECHA	DESCRIPCION	DIB.	REV.1	REV.2	REV.3	APR.

		<b>REPSOL YPF COMERCIAL DEL PERU S.A</b>		
		PROYECTO: <b>AMPLIACIÓN PLANTA DE ENVASADO VENTANILLA</b>		
PLANO: <b>DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACION TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GLP-TK3</b>		ESCALA: <b>S/E</b> ESCALA PLOTEO: <b>1/1</b> N° DE PROYECTO: <b>INSP-081-05</b> N° DE PLANO: <b>REPGAS-081-05-1-009-A3</b>		TODAS LAS MEDIDAS EN mm. EXCEPTO LAS ESPECIFICADAS
REV. <b>B</b>				

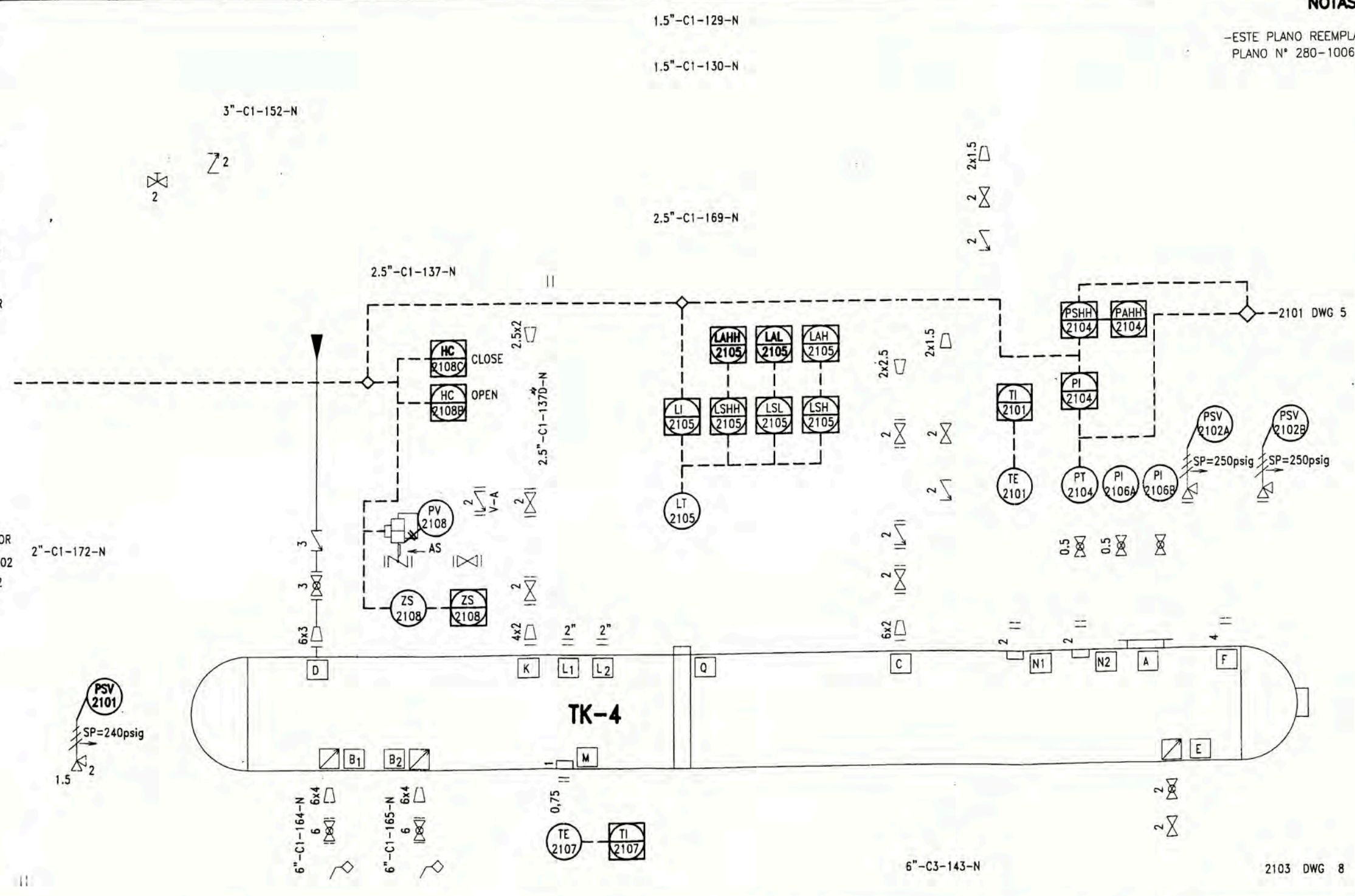


**NOTAS**

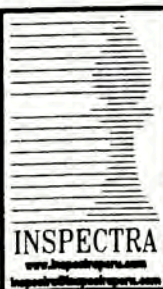
-ESTE PLANO REEMPLAZA AL  
PLANO N° 280-1006 hj 1 Rev 7

- 2005 DWG 20
- 2004 DWG 20
- 507 DWG 5  
DE ESFERA 1 Y 2
- 1014 DWG 10
- 807 DWG 8  
RECICLO DE BOMBA
- 2003 DWG 20  
RETORNO DE VAPOR

- 508 DWG 5
- RETORNO DE VAPOR  
DWG 5 2102  
A ESFERAS 1 Y 2



REV.	FECHA	DESCRIPCION	DIB.	REV.1	REV.2	REV.3	APR.



**REPSOL YPF COMERCIAL DEL PERU S.A**

PROYECTO:  
**AMPLIACIÓN PLANTA DE ENVASADO VENTANILLA**

PLANO:  
**DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACION  
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GLP-TK4**

ESCALA: S/E      ESCALA PLOTEO: 1/1      N° DE PROYECTO: **INSP-081-05**      N° DE PLANO: **REPGAS-081-05-I-010-A3**

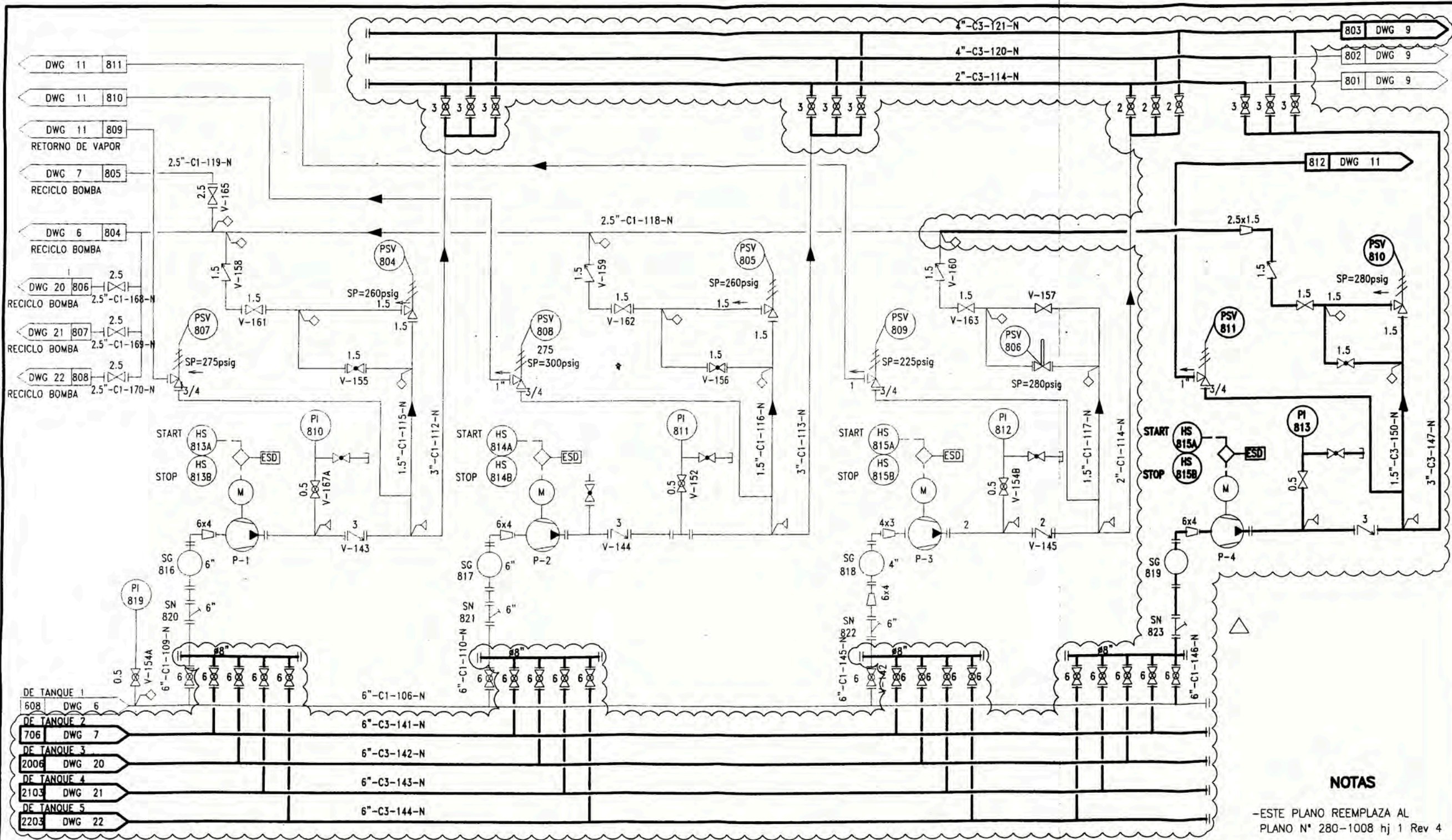
**REPSOL YPF**

NOMBRE ARCHIVO:  
**REPGAS08105I010A3**

TODAS LAS MEDIDAS EN mm.  
EXCEPTO LAS ESPECIFICADAS

REV. **B**





**NOTAS**

-ESTE PLANO REEMPLAZA AL PLANO N° 280-1008 hj 1 Rev 4

REV.	FECHA	DESCRIPCION	DIB.	REV.1	REV.2	REV.3	APR.

<b>REPSOL YPF COMERCIAL DEL PERU S.A</b>					
PROYECTO: <b>AMPLIACIÓN PLANTA DE ENVASADO VENTANILLA</b>					
PLANO: <b>DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACION BOMBAS DE DESPACHO DE GLP</b>					
ESCALA: <b>S/E</b>	ESCALA PLOTEO: <b>1/1</b>	N° DE PROYECTO: <b>INSP-081-05</b>	N° DE PLANO: <b>REPGAS-081-05-1-005-A3</b>	REV. <b>B</b>	

**INSPECTRA**  
www.inspectra.com



## Anexos

A.1 Tabla de nivel máximo de líquido permitido para recipientes ASME de más de 1200 galones, porcentaje del volumen total del recipiente.

<b>Temperatura del líquido</b>		<b>Peso específico</b>												
<b>oF</b>	<b>oC</b>	0,496 @ 0,503	0,504 @ 0,510	0,511 @ 0,519	0,520 @ 0,527	0,528 @ 0,536	0,537 @ 0,544	0,545 @ 0,552	0,553 @ 0,560	0,561 @ 0,568	0,569 @ 0,576	0,577 @ 0,584	0,585 @ 0,592	0,593 @ 0,600
-50	-45,6	75	76	77	78	79	80	80	81	82	83	83	84	85
-45	-42,8	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85
-40	-40	76	77	78	79	80	80	81	82	83	83	84	85	85
-35	-37,2	77	78	78	79	80	81	82	82	83	84	84	85	86
-30	-34,4	77	78	79	80	80	81	82	83	83	84	85	85	86
-25	-31,5	78	79	79	80	81	82	82	83	84	84	85	86	86
-20	-28,9	78	79	80	81	81	82	83	83	84	85	85	86	87
-15	-26,1	79	79	80	81	82	82	83	84	85	85	86	87	87
-10	-23,3	79	80	81	82	82	83	84	84	85	86	86	87	87
-5	-20,6	80	81	81	82	83	83	84	85	85	86	87	87	88
0	-17,8	80	81	82	82	83	84	84	85	86	86	87	88	88
5	-15	81	82	82	83	84	84	85	86	86	87	87	88	89
10	-12,2	81	82	83	83	84	85	85	86	87	87	88	88	89
15	-9,4	82	83	83	84	85	85	86	87	87	88	88	89	90
20	-6,7	82	83	84	85	85	86	86	87	88	88	89	89	90
25	-3,9	83	84	84	85	86	86	87	88	88	89	89	90	90
30	-1,1	83	84	85	86	86	87	87	88	89	89	90	90	91
35	1,7	84	85	86	86	87	87	88	89	89	90	90	91	91
40*	4,4	85	86	86	87	87	88	88	89	90	90	91	91	92
45	7,8	85	86	87	87	88	88	89	89	90	91	91	92	92
50	10	86	87	87	88	88	89	90	90	91	91	92	92	92
55	12,8	87	88	88	89	89	90	90	91	91	92	92	92	93
60	15,6	88	88	89	89	90	90	91	91	92	92	93	93	93
65	18,3	88	89	90	90	91	91	91	92	92	93	93	93	94
70	21,1	89	90	90	91	91	91	92	92	93	93	94	94	94
75	23,9	90	91	91	91	92	92	92	93	93	94	94	94	95
80	26,7	91	91	92	92	92	93	93	93	94	94	95	95	95
85	29,4	92	92	93	93	93	93	94	94	95	95	95	96	96
90	32,2	93	93	93	94	94	94	95	95	95	95	96	96	96
95	35	94	94	94	95	95	95	95	96	96	96	96	97	97
100	37,8	94	95	95	95	95	96	96	96	96	97	97	97	98
105	40,4	96	96	96	96	96	97	97	97	97	97	98	98	98
110	43	97	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98	99
115	46	98	98	98	98	98	98	98	98	98	99	99	99	99

Tabla XXX. Extraído de NFPA 58 Tabla 7.4.2.2

\*Si se utiliza un medidor fijo del nivel máximo de líquido o un medidor variable del nivel del líquido sin corrección por temperatura, el nivel de líquido indicado en estos medidores deberá calcularse basándose en el límite máximo de llenado permitido cuando el líquido está a 40 oF para recipientes sobre superficie y 50 oF para recipientes enterrados.

## A.2 Cuadro de peso molecular y gravedad específica a temperatura estándar.

CUADRO DE GRAVEDAD ESPECIFICA Y PESO MOLECULAR DEL GAS @ 60°F DEL BUTANO, PROPANO Y DIVERSAS MEZCLAS							
Gravedad Especifica	Peso Molecular	Gravedad Especifica	Peso Molecular	Gravedad Especifica	Peso Molecular	Gravedad Especifica	Peso Molecular
0.5075	44.0970	0.5270	47.6218	0.5465	51.1843	0.5660	54.7612
0.5080	44.1524	0.5275	47.7145	0.5470	51.2766	0.5665	54.8511
0.5085	44.2447	0.5280	47.8068	0.5475	51.3689	0.5670	54.9410
0.5090	44.3370	0.5285	47.8991	0.5480	51.4612	0.5675	55.0309
0.5095	44.4299	0.5290	47.9914	0.5485	51.5535	0.5680	55.1208
0.5100	44.5215	0.5295	48.0836	0.5490	51.6458	0.5685	55.2107
0.5105	44.6133	0.5300	48.1759	0.5495	51.7381	0.5690	55.3001
0.5110	44.7061	0.5305	48.2682	0.5500	51.8304	0.5695	55.3924
0.5115	44.7334	0.5310	48.3611	0.5505	51.9225	0.5700	55.4847
0.5120	44.8883	0.5315	48.4527	0.5510	52.0149	0.5705	55.5770
0.5125	44.9782	0.5320	48.5450	0.5515	52.1072	0.5710	55.6693
0.5130	45.0681	0.5325	48.6373	0.5520	52.1995	0.5715	55.7616
0.5135	45.1580	0.5330	48.7296	0.5525	52.2917	0.5720	55.8539
0.5140	45.2480	0.5335	48.8219	0.5530	52.3840	0.5725	55.9462
0.5145	45.3379	0.5340	48.9142	0.5535	52.4763	0.5730	56.0385
0.5150	45.4278	0.5345	49.0065	0.5540	52.5672	0.5735	56.1307
0.5155	45.5177	0.5350	49.0964	0.5545	52.6571	0.5740	56.2230
0.5160	45.6104	0.5355	49.1863	0.5550	52.7470	0.5745	56.3153
0.5165	45.7027	0.5360	49.2762	0.5555	52.8369	0.5750	56.4076
0.5170	45.7950	0.5365	49.3661	0.5560	52.9268	0.5755	56.4998
0.5175	45.8873	0.5370	49.4561	0.5565	53.0168	0.5760	56.5921
0.5180	45.9796	0.5375	49.5460	0.5570	53.1067	0.5765	56.6853
0.5185	46.0719	0.5380	49.6359	0.5575	53.1961	0.5770	56.7753
0.5190	46.1642	0.5385	49.7263	0.5580	53.2884	0.5775	56.8652
0.5195	46.2565	0.5390	49.8185	0.5585	53.3807	0.5780	56.9551
0.5200	46.3487	0.5395	49.9108	0.5590	53.4730	0.5785	57.0450
0.5205	46.4410	0.5400	50.0031	0.5595	53.5653	0.5790	57.1349
0.5210	46.5333	0.5405	50.0954	0.5600	53.6575	0.5795	57.2249
0.5215	46.6256	0.5410	50.1877	0.5605	53.7498	0.5800	57.3148
0.5220	46.7178	0.5415	50.2800	0.5610	53.8421	0.5844	58.1240
0.5225	46.8101	0.5420	50.3723	0.5615	53.9249		
0.5230	46.9024	0.5425	50.4631	0.5620	53.9699		
0.5235	46.9923	0.5430	50.5531	0.5625	54.0148	Butano	100%
0.5240	47.0822	0.5435	50.6430	0.5630	54.0598	0.5844	58.1240
0.5245	47.1722	0.5440	50.7329	0.5635	54.1047		
0.5250	47.2621	0.5445	50.8228	0.5640	54.1497	Propano	100%
0.5255	47.3520	0.5450	50.9127	0.5645	54.1947	0.5077	44.0970
0.5260	47.4419	0.5455	51.0026	0.5650	54.2396		
0.5265	47.5319	0.5460	51.0925	0.5655	54.6712		
0.5270	47.6218	0.5465	51.1843	0.5660	54.7612		

## A.3 REGISTRO DE COMERCIALIZACIÓN DE HIDROCARBUROS

NÚMERO DE REGISTROS TOTAL PAÍS RUBRO	Al 31 ago aa	Al 30 sep aa
PLANTAS DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS	41	41
TRANSPORTISTAS DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS	5541	5592
CONSUMIDORES DIRECTOS DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS	1607	1600
DISTRIBUIDORES MAYORISTAS DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS	14	15
DISTRIBUIDORES MAYORISTAS DE OTROS PRODUCTOS DERIVADOS DE HIDROCARBUROS	20	20
COMERCIALIZADORES DE COMBUSTIBLES PARA EMBARCACIONES	8	8
COMERCIALIZADORES DE COMBUSTIBLES DE AVIACIÓN	4	4
DISTRIBUIDORES MINORISTAS DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS	415	415
GRIFOS Y ESTACIONES DE SERVICIO	3711	3709
PLANTAS ENVASADORAS DE GLP	95	91
IMPORTADOR DE GLP	10	10
GASOCENTROS	52	52
CONSUMIDOR DIRECTO DE GLP	678	695
TRANSP. DE GLP A GRANEL	399	404
TRANSPORTE DE GLP EN CILINDROS	1950	1955
DISTRIBUIDOR DE GLP A GRANEL	99	100
DISTRIBUIDOR DE GLP EN CILINDROS	847	865
REDES DE GLP	1	1
LOCALES DE VENTA DE GLP	2443	2440
PLANTAS DE ABASTECIMIENTO DE GLP	6	7
PLANTAS DE LUBRICANTES	6	6
NÚMERO DE REGISTROS TOTAL PAÍS	17947	18033

A.4 REGISTRO DE PLANTAS ENVASADORAS DE GLP. Ministerio de Energía y Minas 2010.

<b>REGISTRO</b>	<b>RAZON SOCIAL</b>	<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>CAP. TOTAL (GALONES)</b>	<b>RESOLUCIÓN DIRECTORAL</b>
0001-PEGL-02-2000	COSTA GAS S.A.	ANCASH	10000	008-94-EM/DGH
0001-PEGL-02-2009	COSTA GAS S.A.	ANCASH	30000	
1202028	CELAJES GAS E.I.R.L.	APURIMAC	12000	1068-98-EM/DGH
0001-PEGL-04-2000	REPSOL YPF COMERCIAL DEL PERU S.A.	AREQUIPA	120000	198-2002-EM/DGH, 008-94-EM/DGH
0001-PEGL-04-2006	GAS CORP PERU S.A.C.	AREQUIPA	10000	0006-2006-EM/DGH
0002-PEGL-04-2001	LLAMA GAS S.A.	AREQUIPA	30000	008-94-EM/DGH
1114593	ZETA GAS ANDINO S.A.	AREQUIPA	10000	078-2001-EM/DGH, 079-2008-EM/DGH
0001-PEGL-06-2001	CAXAMARCA GAS S.A.	CAJAMARCA	10000	020-94-EM/DGH
0002-PEGL-06-2001	JAEN GAS S.A.C.	CAJAMARCA	10000	R..D. N° 122-95-EM-DGH/DFH
0001-PEGL-07-2000	PLANTA ENVASADORA DE G.L.P. EXTRA GAS S.A.	CALLAO	10000	008-94-EM/DGH
0001-PEGL-07-2001	PRIMAX S.A.	CALLAO	10000	093-96-EM-DGH/DFH
0001-PEGL-07-2002	ZETA GAS ANDINO S.A.	CALLAO	10000	079-2008-EM/DGH, 078-2001-EM/DGH
0001-PEGL-07-2009	REPSOL YPF COMERCIAL DEL PERU S.A.	CALLAO	120000	198-2002-EM/DGH, 008-94-EM/DGH
0001-PEGL-07-2010	LIMA GAS S.A.	CALLAO	80000	008-94-EM/DGH, 689-99-EM/DGH, 084-2009-EM/DGH
0002-PEGL-07-2002	DELTA GAS S.A.	CALLAO	10000	068-2006-EM/DGH
0002-PEGL-07-2004	CR SERVICE E.I.R.L.	CALLAO	5000	095-2009-EM/DGH
0001-PEGL-08-2002	REPSOL YPF COMERCIAL DEL PERU S.A.	CUSCO	10000	008-94-EM/DGH, 198-2002-EM/DGH
0001-PEGL-08-2003	LLAMA GAS S.A.	CUSCO	20000	008-94-EM/DGH
0001-PEGL-08-2009	VICTORIA JUAN GAS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	CUSCO	12000	
0001-PEGL-10-2001	COLPA GAS S.R.L.	HUANUCO	10000	044-94-EM/DGH
0001-PEGL-10-2002	FULGAS PLANTA ENVASADORA DE GLP S.A.	HUANUCO	13300	1105-99-EM/DGH, 178-2001-EM/DGH
1164061	YOZ GAS E.I.R.L.	HUANUCO	5000	054-98-EM/DGH



<b>0001-PEGL-11-2001</b>	LLAMA GAS S.A.	ICA	30000	008-94-EM/DGH
<b>0001-PEGL-11-2002</b>	INTI GAS S.A.C.	ICA	10000	008-94-EM/DGH
<b>0001-PEGL-11-2003</b>	GAS DEL SUR S.R.L.	ICA	10000	012-94-EM/DGH
<b>0001-PEGL-11-2010</b>	LIMA GAS S.A.	ICA	20000	
<b>0001-PEGL-12-2001</b>	COMPAÑIA ENVASADORA EXACTO GAS E.I.R.L.	JUNIN	11000	831-99-EM/DGH
<b>0001-PEGL-12-2002</b>	REPSOL YPF COMERCIAL DEL PERU S.A.	JUNIN	30000	198-2002-EM/DGH, 008-94-EM/DGH
<b>0001-PEGL-12-2005</b>	STAR GAS S.R.L.	JUNIN	10000	282-2005-EM/DGH
<b>0001-PEGL-12-2006</b>	PEDRO CONTRERAS RUEDA	JUNIN	11300	067-2006-EM/DGH
<b>0001-PEGL-12-2008</b>	ZETA GAS ANDINO S.A.	JUNIN	10000	079-2008-EM/DGH, 078-2001-EM/DGH
<b>0002-PEGL-12-2001</b>	FULGAS PLANTA ENVASADORA DE GLP S.A.	JUNIN	10000	1105-99-EM/DGH, 178-2001-EM/DGH
<b>1214009</b>	INTI GAS S.A.C.	JUNIN	10000	008-94-EM/DGH
<b>0000032-LIB</b>	ZETA GAS ANDINO S.A.	LA LIBERTAD	21591	079-2008-EM/DGH, R.D. N° 078-2001- EM/DGH
<b>0001-PEGL-13-2001</b>	LLAMA GAS S.A.	LA LIBERTAD	20000	008-94-EM/DGH
<b>0001-PEGL-13-2002</b>	INTI GAS S.A.C.	LA LIBERTAD	10000	008-94-EM/DGH
<b>955208</b>	LIMA GAS S.A.	LA LIBERTAD	20000	008-94-EM/DGH, 689- 99-EM/DGH, 084- 2009-EM/DGH
<b>955651</b>	NOR GAS S.R.L.	LA LIBERTAD	19000	012-94-EM/DGH
<b>958575-LIB</b>	REPSOL YPF COMERCIAL DEL PERU S.A.	LA LIBERTAD	60000	198-2002-EM/DGH, 008-94-EM/DGH
<b>0001-PEGL-14-2002</b>	REPSOL YPF COMERCIAL DEL PERU S.A.	LAMBAYEQUE	90000	198-2002-EM/DGH, 008-94-EM/DGH
<b>0001-PEGL-14-2004</b>	MEGA GAS S.A.C	LAMBAYEQUE	21000	008-94-EM/DGH
<b>0002-PEGL-14-2002</b>	LIMA GAS S.A.	LAMBAYEQUE	26000	008-94-EM/DGH, 689- 99-EM/DGH, 084- 2009-EM/DGH
<b>1125439</b>	SIPAN GAS E.I.R.L.	LAMBAYEQUE	12000	047-97-EM/DGH
<b>0001-PEGL-15-2001</b>	PURO GAS S.A.	LIMA	3000	034-96-EM-DGH/DFH
<b>0001-PEGL-15-2002</b>	FLAMA GAS CORPORATION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	LIMA	20000	012-94-EM/DGH
<b>0001-PEGL-15-2004</b>	MEGA GAS S.A.C	LIMA	30000	008-94-EM/DGH

0001-PEGL-15-2006	COMPAÑIA DIESEL GAS S.C.R.L.	LIMA	10000	076-2006-EM/DGH
0001-PEGL-15-2009	PUNTO DE DISTRIBUCION S.A.C.	LIMA	2000	207-96-EM-DGH/DFH, 046-2003-EM/DGH
0002-PEGL-15-2001	METRO GAS S.A.C.	LIMA	5000	042-94-EM/DGH
0002-PEGL-15-2002	TU GAS S.A.	LIMA	10000	036-94-EM/DGH
0002-PEGL-15-2004	SURSA GAS E.I.R.L.	LIMA	12860	098-2001-EM/DGH
0003-PEGL-15-2004	MEGA GAS S.A.C	LIMA	9300	008-94-EM/DGH
0004-PEGL-15-2001	REAL GAS INTERNATIONAL S.A.C.	LIMA	10000	044-94-EM/DGH
0005-PEGL-15-2001	PETROLEOS DE AMERICA S.A.	LIMA	10000	037-2005-EM/DGH
0005-PEGL-15-2002	PRONTO GAS S.A	LIMA	20000	012-94-EM/DGH
0006-PEGL-15-2001	ANTA GAS DE LIMA S.R.L.	LIMA	13000	095-2001-EM/DGH
0006-PEGL-15-2002	EDAL GAS S.A.C.	LIMA	5000	103-2006-EM/DGH
0007-PEGL-15-2002	ENVASADORA ALFA GAS S.A.	LIMA	37038	263-2004-EM/DGH
0008-PEGL-15-2001	VITA GAS S.A.	LIMA	20000	008-94-EM/DGH
0008-PEGL-15-2002	HOGAS S.A.C.	LIMA	5000	012-94-EM/DGH, 195- 95-EM/DGH
0009-PEGL-15-2001	INVERSIONES KIO S.A.C.	LIMA	2000	053-2003-EM/DGH
0009-PEGL-15-2002	POLLY'S PACKING SERVICE S.A.	LIMA	10000	R.D. N° 076-95-EM- DGH/DFH
0010-PEGL-15-2001	COLPA GAS S.A.C.	LIMA	10000	044-94-EM/DGH
0010-PEGL-15-2002	PERUANA DE COMBUSTIBLES S.A. - PECSA	LIMA	60500	123-2002-EM/DGH
0011-PEGL-15-2001	LLAMA GAS S.A.	LIMA	60000	008-94-EM/DGH
0011-PEGL-15-2002	INVERSIONES CANTA GAS S.A.C.	LIMA	11300	124-2002-EM/DGH
0012-PEGL-15-2001	GAS & GAS S.A.C.	LIMA	10000	056-2004-EM/DGH
0013-PEGL-15-2001	IMPORTADORA DE BELLEZA Y SALUD S.A.	LIMA	5500	012-94-EM/DGH
0014-PEGL-15-2001	VILLA GAS S.R.L.	LIMA	18000	008-94-EM/DGH
0015-PEGL-15-2001	LLAMA GAS S.A.	LIMA	30000	008-94-EM/DGH

<b>0017-PEGL-15-2001</b>	LIDER GAS E.I.R.L.	LIMA	5000	357-99-EM/DGH
<b>0019-PEGL-15-2001</b>	GAS SUPERIOR S.A.C.	LIMA	5000	127-2007-EM/DGH, R.D. N° 008-94-EM/DGH
<b>0020-PEGL-15-2001</b>	ENVASADORA MISTI GAS S.A.C.	LIMA	5000	012-94-EM/DGHI
<b>0021-PEGL-15-2001</b>	FLAMA GAS S.A.	LIMA	11300	012-94-EM/DGH
<b>0022-PEGL-15-2001</b>	INTI GAS S.A.C.	LIMA	40000	008-94-EM/DGH
<b>1069001</b>	GC. MULTIGAS EIRL.	LIMA	10000	094-96-EM-DGHI/DFH
<b>955193</b>	ENVASADORA ANDINA DE GAS COMPANY S.A.	LIMA	20000	054-2003-EM/DGH
<b>955261</b>	EDRAM GAS S.A.	LIMA	4500	012-94-EM/DGHI
<b>956143</b>	ECONOGAS S.R.L.	LIMA	10000	012-94-EM/DGH
<b>0001-PEGL-16-2003</b>	G.L.P AMAZONICO S.A.C.	LORETO	80000	1107-99-EM/DGHI
<b>0000031-PIU</b>	PIURA GAS S.A.C.	PIURA	12000	008-94-EM/DGH
<b>0001-PEGL-20-2001</b>	REPSOL YPF COMERCIAL DEL PERU S.A.	PIURA	160000	008-94-EM/DGH, 198-2002-EM/DGH
<b>0001-PEGL-20-2003</b>	REPSOL YPF COMERCIAL DEL PERU S.A.	PIURA	85000	198-2002-EM/DGH, 008-94-EM/DGHI
<b>0001-PEGL-20-2004</b>	LIMA GAS S.A.	PIURA	20000	689-99-EM/DGHI, 008-94-EM/DGHI, 084-2009-EM/DGHI
<b>0002-PEGL-20-2003</b>	ECONOGAS S.R.L.	PIURA	5000	012-94-EM/DGHI
<b>0001-PEGL-21-2004</b>	LIMA GAS S.A.	PUNO	40275	008-94-EM/DGHI, 689-99-EM/DGHI, 084-2009-EM/DGHI
<b>954846</b>	HOGAS S.A.C.	PUNO	4000	R.D. N° 012-94-EM/DGHI, 195-95-EM-DGHI/DFH
<b>0001-PEGL-22-2001</b>	UNIVERSAL GAS S.R.L.	SAN MARTIN	8000	146-2006-EM/DGHI15/08/2006
<b>0001-PEGL-22-2002</b>	REPSOL YPF COMERCIAL DEL PERU S.A.	SAN MARTIN	10000	198-2002-EM/DGHI, 008-94-EM/DGHI
<b>0001-PEGL-25-2001</b>	LLAMAGAS PUCALLPA S.A.	UCAYALI	20000	180-2001-EM/DGHI
<b>0001-PEGL-25-2003</b>	REPSOL YPF COMERCIAL DE LA AMAZONIA S.A.C.	UCAYALI	11096	198-2002-EM/DGHI, 008-94-EM/DGHI

## A.5 Dimensiones de planchas comerciales

<b>PLANCHAS COMERCIALES</b>					
[ft]	[ft]	[ft <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[m <sup>2</sup> ]
4	8	32	1200	2400	2.88
5	10	50	1500	3000	4.5
5	20	100	1500	6000	9
Densidad del acero		7850	[Kg/m <sup>3</sup> ]		

## A.6 Factor Básico de Diseño (ASME B31.8 – Tabla 841.114 A)

<b>FACTOR BÁSICO DE DISEÑO, F</b>	
Clase de localidad	Factor de Diseño, F
<b>Clase 1, División 1</b>	0.8
<b>Clase 1, División 2</b>	0.72
<b>Localidad Clase 2</b>	0.6
<b>Localidad Clase 3</b>	0.5
<b>Localidad Clase 4</b>	0.4

## A.7 Factor de Junta Longitudinal, E (ASME B31.8 – Tabla 841.115 A)

<b>FACTOR DE JUNTA LONGITUDINAL, E</b>		
Especificación No.	Clase de tubería	Factor E
<b>ASTM A 53</b>	Sin costura	1
	Soldado por resistencia eléctrica	1
	Soldado a tope en horno: Soldadura continua	0.6
<b>ASTM A 106</b>	Sin costura	1
<b>ASTM A 134</b>	Soldadura por electrofusión con arco	0.8
<b>ASTM A 135</b>	Soldadura por resistencia eléctrica	1
<b>ASTM A 139</b>	Soldado por electro fusión	0.8
<b>ASTM A 211</b>	Tubería de acero soldado por espiral	0.8
<b>ASTM A 333</b>	Sin costura	1
	Soldado por resistencia eléctrica	1
<b>ASTM A 381</b>	Soldadura por arco doble sumergido	1
<b>ASTM A 671</b>	Soldado por electro fusión	

<b>ASTM A 672</b>	Clases 13, 23, 33, 43, 53	0.8
	Clases 12, 22, 32, 42, 52	1
<b>API 5 L</b>	Soldado por electro fusión	
	Clases 13, 23, 33, 43, 53	0.8
	Clases 12, 22, 32, 42, 52	1
	Sin costura	1
	Soldado por resistencia eléctrica	1
	Soldado por eletro fulguración	1
	Soldado por arco sumergido	1
	Soldado a tope en horno	0.6

A.8 Factor de disminución de temperatura, T, para tubería de acero (ASME B31.8 – Tabla 841.116 A)

<b>FACTOR DE DISMINUCIÓN DE TEMPERAURA</b>	
<b>Temperatura (oF)</b>	<b>Factor de disminución</b>
<b>Menos de 250</b>	1.000
<b>300</b>	0.967
<b>350</b>	0.933
<b>400</b>	0.900
<b>450</b>	0.867

A.9 Tabla de viscosidades - Agua

	<b>° C</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>cP</b>	<b>cSt</b>
<b>1</b>	1	999.8	1.734	1.7343
<b>2</b>	5	999.9	1.52	1.5201
<b>3</b>	10	999.7	1.307	1.3074
<b>4</b>	15	999.1	1.139	1.14
<b>5</b>	20	998.2	1.002	1.0038
<b>6</b>	25	997	0.8909	0.8935
<b>7</b>	30	995.6	0.7977	0.8012
<b>8</b>	35	994	0.7198	0.7241
<b>9</b>	40	992.2	0.6532	0.6583
<b>10</b>	45	990.2	0.5964	0.6023