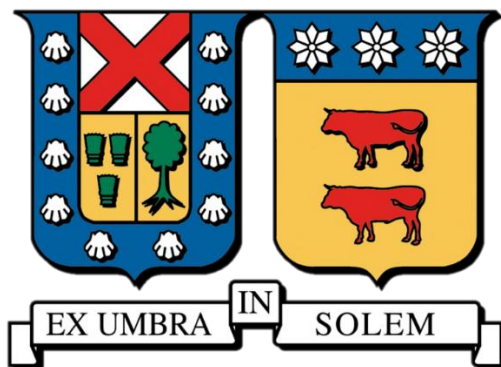


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

VALPARAISO, CHILE



**“DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UNA CENTRAL DE
ALMACENAMIENTO DE GLP PARA LA CONVERSIÓN
ENERGÉTICA DE CALDERAS DIESEL”**

AUTOR: JOHAN ELIAZER FUENZALIDA ROJAS

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL MECÁNICO

PROFESOR GUÍA : Ing. Rafael Mena Yanssen
PROFESOR CO-REFERENTE : Dr. Ing. Mario Toledo Torres

OCTUBRE, 2025

UTFSM CASA CENTRAL



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Diseño y evaluación de una central de almacenamiento de GLP para la conversión energética de calderas Diésel

Nombre del candidato(a): Johan Eliazer Fuenzalida Rojas

Carrera / Grado: Ingeniería Civil Mecánica

Campus: UTFSM Casa Central Departamento: Ingeniería Mecánica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Rafael Mena Yanssen, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 30/10/2025

Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 30/10/2025

Firma: 

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi más sincero y profundo agradecimiento a todas las personas que fueron parte de este significativo proceso, cuyo apoyo y compañía hicieron posible la realización de este trabajo.

En primer lugar, agradezco a mis padres, Soledad Rojas Torres y Cristian Fuenzalida Videla, por su amor incondicional, sus enseñanzas y su ejemplo de resiliencia ante las adversidades. Gracias por mostrarme que cada obstáculo es una oportunidad para crecer y seguir adelante con determinación y frente en alto.

Extiendo mi gratitud a mis compañeros y amigos, cuya compañía, apoyo y palabras de aliento fueron una fuente constante de motivación. Las conversaciones, los debates y los momentos compartidos dejaron huellas imborrables que llevaré conmigo para siempre.

A mis abuelos, quienes lamentablemente ya no están, les debo los valores y principios que me guían. Su legado vive en cada paso que doy. También quiero recordar con especial cariño a mi fiel compañero Gitano, cuya compañía alegró incontables tardes de estudio. Aunque partió en 2024, su recuerdo permanece como símbolo de lealtad y amor incondicional.

A mi pareja, gracias por creer en mí incluso en los momentos más difíciles, por motivarme a continuar cuando sentía que todo se volvía cuesta arriba y por ayudarme a encontrar fuerza donde creía que no existía.

Expreso mi más profundo agradecimiento al Colegio Internacional de Valparaíso, donde recibí mi formación básica y media. Allí descubrí mi pasión por la ciencia y desarrollé habilidades que me han acompañado a lo largo de mi vida académica.

Finalmente, agradezco al fútbol y a mis compañeros de Triestamentales FC, por regalarme momentos de esparcimiento y compañerismo que ayudaron a equilibrar la presión académica.

A todos, de una u otra forma, les agradezco por ser parte de este desafiante, enriquecedor y hermoso proceso.

JOHAN ELIAZER FUENZALIDA ROJAS

ÍNDICE

1	RESUMEN.....	7
2	INTRODUCCIÓN	8
2.1	CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	8
2.1.1	SITUACIÓN ENERGÉTICA EN CHILE	8
2.1.2	PROBLEMÁTICA DE EMISIONES EN LA REGION METROPOLITANA. 9	
2.1.3	ROL DEL GAS LICUADO PETRÓLEO (GLP) EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA CHILENA	9
2.2	PROBLEMÁTICA DETECTADA	10
3	OBJETIVOS.....	11
3.1	OBJETIVO GENERAL	11
3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
4	ALCANCE DE LA PROPUESTA	12
5	METODOLOGIA	13
6	MARCO TEORICO.....	14
6.1	REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	14
6.1.1	PROPIEDADES FISICAS	14
6.2	GAS IDEAL	20
6.2.1	LEYES DE LOS GASES	21
6.2.2	FAMILIA DE GASES	22
6.3	GAS LICUADO DE PETROLEO (GLP)	23
6.3.1	DEFINICIÓN Y COMPÓSICIÓN.....	23
6.3.2	CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL GLP	23
6.3.3	PRESION DE VAPOR.....	25
6.3.4	CAPACIDAD DE VAPORIZACIÓN	26
6.3.5	PODER CALORÍFICO	26
6.3.6	CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS GLP	26
6.3.7	USOS Y APLICACIONES	29
6.3.8	PREVENCION DE RIESGOS.....	30
6.4	SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO	31

6.4.1	TIPOS DE ALMACENAMIENTO PARA GAS LICUADO DE PETROLEO	33
6.4.2	CLASIFICACIÓN DE ESTANQUES SEGÚN INSTALACIÓN.....	35
6.4.3	CONSIDERACIONES PARA INSTALACIONES.....	36
6.4.4	PARTES PRINCIPALES DE UN ESTANQUE.....	37
6.4.5	ACCESORIOS DE UN ESTANQUE	38
6.5	VAPORIZACIÓN	41
6.5.1	VAPORIZACIÓN NATURAL	42
6.5.2	VAPORIZADORES.....	42
6.5.3	ESTACIÓN VAPORIZACIÓN/DECANTACIÓN	43
6.6	INSTALACIONES DE GAS LICUADO PETROLEO.....	43
6.6.1	TIPOS DE INSTALACIONES PARA TANQUES.....	44
6.6.2	DISTANCIAS DE SEGURIDAD MINIMAS PARA ESTANQUES	44
6.6.3	DISTANCIAS MINIMAS PARA VAPORIZADORES.....	48
6.6.4	REQUISITOS PRACTICOS.....	48
6.6.5	CORROSION Y PROTECCIÓN	48
6.7	REDES DE DISTRIBUCIÓN	49
6.7.1	TUBERIAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE).....	49
6.7.2	TUBERIAS DE NYLON	51
6.7.3	TUBERIAS DE ACERO.....	53
6.8	CLASIFICACION DE REDES.....	54
6.8.1	REGULADORES DE PRESIÓN.....	55
6.8.2	MEDIDORES.....	55
6.8.3	SEÑALETICAS	55
6.9	PROCEDIMIENTO DE INSTALACION	57
6.9.1	MONTAJE DE TUBERIAS DE POLIETILENO.....	57
6.9.2	MONTAJE DE TUBERIAS DE NYLON	58
6.9.3	MONTAJE DE TUBERIAS DE COBRE.....	58
6.9.4	MONTAJE DE TUBERIAS DE ACERO.....	59
6.9.5	PRUEBAS DE HERMETICIDAD (REDES GAS LICUADO).....	59
6.10	SIMBOLOGIA	61
6.11	DIMENSIONAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE GLP	65

6.12	SELECCIÓN DE DIAMETRO DE TUBERIAS	70
6.13	VOLUMEN	76
6.14	VENTILACIÓN	77
6.15	ACCESORIOS Y ELEMENTOS DE SEGURIDAD	81
6.15.1	CONTADORES	81
6.15.2	REGULADORES DE PRESIÓN.....	81
6.15.3	ACCESORIOS	82
6.16	DISPOSITIVOS PARA MANIOBRA Y CONTROL	82
6.17	VALVULAS.....	84
7	NORMATIVAS Y DECRETOS PARA EL USO DE GLP EN CHILE	86
7.1	DECRETO SUPREMO N°66 DE 2007 DE LA SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES (SEC).....	86
7.2	DECRETO SUPREMO N°108 DE LA SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES (SEC).....	86
7.3	RESOLUCIÓN EXENTA N°1930 DE 2009 DE LA SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES (SEC).....	86
7.4	NFPA 58, CÓDIGO DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO DE LA NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA)	86
7.5	DECRETO 222 DE 2007 DE LA SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES (SEC)	86
8	DISEÑO DE PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP.....	87
8.1	ANTECEDENTES	87
8.2	INFORME TECNICO DE LA CALDERA	87
8.3	SISTEMA DE PROTECCIÓN DE FACTORES CLIMATICOS	88
8.4	SISTEMA DE EVACUACIÓN DE GASES PRODUCTO DE LA COMBUSTIÓN INDIVIDUAL	88
8.5	DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD	88
8.6	CALCULO PARA DIMENSIONAMIENTO DE ESTANQUES	88
8.7	CALCULO DE AUTONOMIA DE ESTANQUES.....	93
8.8	DIMENSIONAMIENTO DE PULMON DECANTADOR.....	94
8.9	DISPOSICION Y DISTANCIAS DE SEGURIDAD	95
8.10	ISOMETRICOS DE LAS REDES DE GAS.....	98
8.11	CALCULO DE RED DE MEDIANA PRESIÓN	100
8.12	CALCULO DE RED DE BAJA PRESIÓN TC5.....	103

8.13	CALCULO DE RED DE BAJA PRESIÓN TC6 – REGULADOR 1	106
8.14	CALCULO DE RED DE BAJA PRESIÓN TC5 – REGULADOR 2	108
8.15	CALCULO DE RED DE BAJA PRESIÓN TC7 – QUEMADOR.....	110
8.16	CALCULO DE VOLUMEN DE LA INSTALACIÓN	112
8.17	CALCULO DE VENTILACION DE LA INSTALACIÓN	112
9	RESULTADOS INSTALACIÓN.....	114
9.1	CENTRAL DE ALMACENAMIENTO	114
9.2	REDES DE DISTRIBUCIÓN	115
9.2.1	RED MEDIANA PRESIÓN.....	115
9.2.2	RED BAJA PRESIÓN TC5	115
9.2.3	RED BAJA PRESIÓN TC6 REG 1 y REG 2	116
9.2.4	RED BAJA PRESIÓN TC7	116
10	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	117
10.1	CENTRAL DE ALMACENAMIENTO	117
10.2	RED DE MEDIANA PRESIÓN	118
10.3	REDES DE BAJA PRESIÓN	118
11	IMÁGENES DE INSTALACIÓN	119
12	CERTIFICACIONES SEC	124
13	DETALLE VALORIZACIÓN DEL PROYECTO.....	127
13.1	CUBICACIÓN RED MEDIANA PRESIÓN.....	127
13.2	CUBICACIÓN RED BAJA PRESIÓN.....	127
13.3	CUBICACIÓN CONEXIONES MEDIA.....	128
13.4	OTROS COSTOS BAJA PRESIÓN	128
13.5	OBRAS CIVILES	129
13.6	COSTOS OTRAS INSTALACIONES (MANO DE OBRA).....	129
13.7	ACTIVOS.....	130
13.8	DECLARACIONES, CERTIFICACIONES Y PROYECTO.....	130
14	RESUMEN VALORIZACIÓN.....	131
15	CONCLUSIONES	133
16	REFERENCIAS	134
17	ANEXO.....	135

1 RESUMEN

El presente estudio aborda el diseño y evaluación de una central de almacenamiento de gas licuado petróleo (GLP) con el propósito de abastecer la conversión energética de una caldera que previamente utilizaba diésel como fuente de combustible. Esta iniciativa responde a la creciente necesidad de optar por combustibles alternativos acordes a las tendencias actuales. Para ello, se analizó el marco normativo nacional e internacional relativo a instalaciones de GLP. Se adoptó una metodología basada en visitas a instalaciones existentes, el uso de software especializado para el diseño de redes y el cálculo computacional de las instalaciones requeridas. Como resultado, se planteó un diseño conceptual para una central de almacenamiento y distribución de GLP, considerando originalmente 23 estanques de 4 [m³], con capacidad de abastecer el consumo diario de 7,200 [Mcal/día] para The Protein Company SPA, ubicada en Paine. Sin embargo, dadas las condiciones del terreno, la implementación de 23 estanques no fue viable, por lo que se optó por la instalación de 8 estanques de 4 [m³], capaces de abastecer la planta durante un periodo de 17 días de operación. Para solventar la diferencia de estanques, se propuso el uso de vaporizadores que emplean vaporización forzada para asegurar el suministro adecuado de combustible. Al utilizar vaporizadores, se requiere una estación de decantación que permita la separación de productos no deseados en el flujo aguas abajo. El pulmón decantador fue diseñado asegurando un correcto funcionamiento durante aproximadamente un año. El diseño incluye el desarrollo del Layout de la planta, respetando las distancias mínimas de seguridad establecidas por la normativa, el cálculo de las redes de distribución de mediana y baja presión, y la valorización económica de los materiales, certificaciones y costos asociados a la instalación. Los resultados se presentan en formato gráfico, reflejando un diseño optimizado y contemplando ajustes en terreno. Finalmente, con este trabajo se busca contribuir en los procesos industriales considerando las tendencias actuales. Su propósito es participar en la resolución de problemas concretos, rigiéndose siempre por las normativas nacionales e internacionales para el desarrollo de una correcta ingeniería conceptual, planteando soluciones viables dentro del contexto estudiado y promoviendo el uso de combustibles que representen una alternativa sostenible ante los desafíos actuales.

Palabras clave: **Conversión energética, Gas licuado petróleo (GLP), Normativa.**

2 INTRODUCCIÓN

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) es un combustible que ha sido utilizado desde principios del siglo XX, cuando se descubrió que algunos hidrocarburos ligeros, como el propano y el butano, podían almacenarse y transportarse fácilmente en estado líquido. Con el tiempo, el GLP se ha consolidado como una alternativa energética eficiente y segura, especialmente en la industria y el comercio.

En el contexto de la conversión de calderas diésel a GLP, su capacidad de almacenamiento a presiones moderadas y su eficiente combustión lo convierten en una opción viable para optimizar procesos industriales. Además, su bajo impacto ambiental en comparación con otros combustibles fósiles contribuye a la reducción de emisiones contaminantes y al avance hacia una economía más sostenible.

Este estudio analiza el diseño y la evaluación de un sistema de almacenamiento de GLP, considerando aspectos normativos, técnicos y ambientales para su correcta implementación en la industria.

2.1 CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

2.1.1 SITUACIÓN ENERGÉTICA EN CHILE

Chile ha cambiado significativamente su matriz energética en la última década, alineándose con los compromisos actuales para reducir su huella de carbono. En 2022, el país alcanzó un 44,5% de capacidad instalada en energías renovables no convencionales (ERNC), con un crecimiento destacado en energía solar y eólica.

A pesar de estos avances, el sector industrial sigue dependiendo en gran medida de combustibles fósiles, especialmente el diésel, que representa una parte importante del consumo energético. Ante el aumento sostenido de la demanda, es fundamental adoptar fuentes más limpias y eficientes.

En este contexto, el Gas Licuado de Petróleo (GLP) se presenta como una alternativa viable para reducir el impacto ambiental y mejorar la eficiencia energética en la industria.

2.1.2 PROBLEMÁTICA DE EMISIONES EN LA REGION METROPOLITANA

La Región Metropolitana de Chile, especialmente Santiago, enfrenta graves problemas de calidad del aire debido a su ubicación en una cuenca rodeada por la Cordillera de los Andes. Durante el invierno, se produce un fenómeno llamado inversión térmica, que atrapa los contaminantes en la atmósfera y empeora la contaminación.

Las principales fuentes de material particulado fino ($PM_{2.5}$) en la región provienen del transporte (34%), la industria (29%) y la calefacción residencial con leña húmeda (25%). Otros sectores, como la construcción y la agricultura, también contribuyen en menor medida.

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) representa una alternativa más limpia, ya que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en un 44% y las de óxidos de nitrógeno (NO_x) en un 75%, además de eliminar casi por completo el dióxido de azufre (SO_2), uno de los principales responsables de la contaminación del aire. Esto muestra el potencial del GLP para mejorar la calidad del aire y reducir los efectos negativos de los combustibles tradicionales como el diésel.

2.1.3 ROL DEL GAS LICUADO PETRÓLEO (GLP) EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA CHILENA

En este escenario, el Gas Licuado de Petróleo (GLP) se posiciona como un combustible de transición estratégico para descarbonizar procesos industriales. Según diversos estudios, el GLP ofrece ventajas clave en comparación al Diesel.

- **Reducción del 19.5% en emisiones de CO_2 equivalente.**
- **Emisiones de material particulado (PM_{10}) despreciables.**
- **Disminución del 65% en NO_x ,crucial para cumplir con la normativas ambientales de emisiones industriales.**

A continuación se presenta una tabla de comparación de emisiones en las calderas industriales con distintos tipos de combustible.

COMBUSTIBLE	CO ₂ (kg CO ₂ -eq/MWh)	PM ₁₀ (g/MWh)	NO _x (g/MWh)	SO ₂ (mg/Nm ³)
Diésel	267 ±15	25 ±5	720 ±80	350
GLP	215 ±10	<1	250 ±30	<10
Gas Natural	202 ±8	<1	250 ±30	<5

Tabla 1: Emisiones en calderas industriales con diferentes combustibles

2.2 PROBLEMÁTICA DETECTADA

En el marco normativo técnico/ambiental vigente, se requiere desarrollar una propuesta técnica para diseñar una central de almacenamiento y distribución de Gas Licuado Petróleo, con la finalidad de presentar una propuesta hacia la transición energética de diésel a GLP en la empresa The Protein Company SPA (Paine, Chile).

La caldera en estudio será la caldera mod OPX 3000 G. (Ver Figura 1).



Figura 1: Caldera OPX 3000 G OLIO DIAT 3000000 KCAL/H

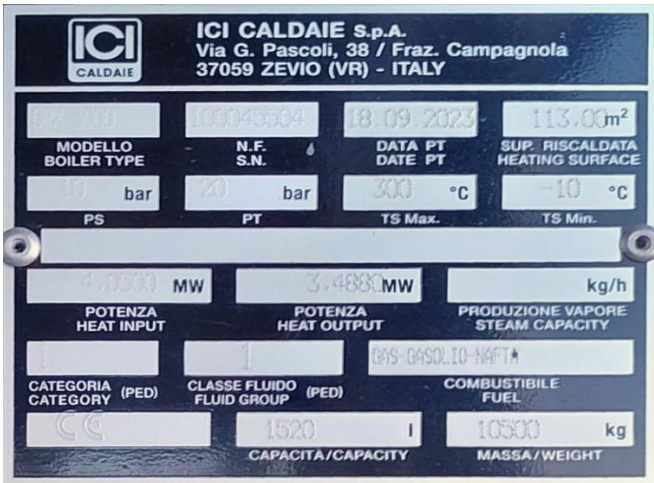


Figura 2: Placa de información Caldera OPX 3000

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

El presente informe tiene como finalidad diseñar y evaluar técnicamente una central de almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo (GLP) destinada a abastecer la conversión energética de una caldera industrial que actualmente funciona con combustible Diesel. El propósito es optimizar la eficiencia energética y fomentar la sostenibilidad mediante la adopción del GLP como alternativa de combustible. Asimismo, se busca realizar una valorización del proyecto.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Investigar y comprender las tendencias actuales en el uso de GLP y Diesel en el sector industrial objetivo.
- Estudiar las regulaciones y normativas específicas relacionadas con el almacenamiento y uso de GLP en Chile.
- Realizar ingeniería conceptual avanzada del proyecto con alcance de la implementación, características generales, función y capacidad de los distintos componentes.
- Valorizar la implementación del proyecto

4 ALCANCE DE LA PROPUESTA

Esta propuesta se enfoca específicamente en el sector industrial de la Región Metropolitana de Chile (no excluyente a la aplicación en otras regiones del país), con particular énfasis en las empresas que actualmente utilizan calderas para sus procesos productivos y que buscan la utilización de combustibles que les brinden una mejora económica y normativa. El alcance del proyecto incluye:

Diseño conceptual de una planta de almacenamiento de GLP

- Dimensionamiento preliminar de tanques y equipos.
- Sistemas de seguridad y control propuestos.
- Layout general de la central.

Análisis técnico de la conversión de calderas de diésel a GLP:

- Calcular y dimensionar las redes de distribución del combustible.
- Comprobar que las pérdidas respecto a las presiones se encuentren dentro de los rangos óptimos según la normativa.
- Recomendaciones para la selección de equipos.

Evaluación económica preliminar:

- Realizar una valorización del proyecto donde se muestre en detalle los costos de materiales y manos de obra asociados.

El resultado final de este proyecto será un estudio de factibilidad para la empresa contratista y un diseño conceptual que servirá como base/apoyo para la implementación en el proyecto.

5 METODOLOGIA

Para alcanzar los objetivos propuestos y desarrollar el alcance del proyecto, se empleará la siguiente metodología:

Revisión exhaustiva de literatura y datos:

- Análisis de informes técnicos, manuales y estudios académicos sobre el uso de GLP en la industria.
- Análisis de informes técnicos, manuales y estudios académicos sobre el diseño de instalaciones de GLP
- Recopilación de datos estadísticos sobre consumo energético en Chile.
- Estudio y visitas a casos de éxito de conversión a GLP.

Modelado:

- Uso de software para realizar el diseño de la planta de almacenamiento.
- Uso de Excel para la realización de las memorias de cálculo, con la finalidad de utilizar un software que pueda ser fácil de interpretar y utilizar

Análisis económico:

- Utilización de métodos de evaluación financiera como cubicaciones, resúmenes comerciales donde se expresa con claridad los costos relacionados al desarrollo del proyecto.

6 MARCO TEORICO

El marco teórico de este estudio proporciona la base conceptual necesaria para comprender los aspectos técnicos, ambientales y económicos relacionados con la conversión de calderas industriales de diésel a Gas Licuado de Petróleo (GLP) y las centrales de almacenamiento.

Esta sección abordará en detalle las características del GLP, los fundamentos de las calderas industriales, y los principios de la conversión energética.

6.1 REVISIÓN DE LA LITERATURA

6.1.1 PROPIEDADES FISICAS

6.1.1.1 MASA

La masa es una propiedad intrínseca de la materia que cuantifica su inercia y contenido de sustancia. Se mide mediante balanzas de comparación con masas patrón. Su unidad en el SI es el kilogramo (kg).

6.1.1.2 DENSIDAD

La densidad de un cuerpo en estado líquido es la relación por el cociente entre su masa en volumen (ρ) y la del agua (la familia de los GLP en fase líquida es más ligero que el agua).

$$\rho_{\text{rel}} = \frac{\rho_L}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}$$

Donde:

- ρ_L : Densidad del líquido [kg/m^3]
- $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000$ [kg/m^3]

La densidad en estado gaseoso se calcula respecto a la masa en volumen del aire (ρ) (los GLP en fase gaseosa son más pesados que el aire).

$$\rho_{\text{rel}} = \frac{\rho_G}{\rho_{\text{aire}}}$$

Donde:

- ρ_G : Densidad del gas [kg/m^3]
- $\rho_{\text{aire}} = 1,293$ [kg/m^3]

6.1.1.3 PRESION

La presión es la fuerza aplicada sobre una superficie específica. En sistemas de gas, esta fuerza se aprovecha para impulsar el fluido desde el almacenamiento hasta los puntos de consumo mediante tuberías. Su magnitud se controla con:

- **Reductores de presión:** Para disminuirla (ej. reguladores).
- **Bombas o compresores:** Para aumentarla.

La medición se realiza con manómetros, y aunque la unidad oficial es el Pascal ([Pa]), en Europa se usa comúnmente el bar (1 bar = 100.000 [Pa]) por su practicidad. En países anglosajones, se emplea el psi (libras por pulgada cuadrada).

Presión relativa (manométrica): Es la diferencia entre la presión del gas y la atmosférica local. Es la que miden los manómetros estándar.

- Un manómetro que marca 5 [bar] indica que el gas está 5 [bar] por encima de la presión atmosférica.

Presión absoluta: Incluye la presión atmosférica + la relativa. Se usa en cálculos técnicos (ej. ecuaciones de gases ideales, tensión de vapor).

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{man}} + P_{\text{atm}}$$

Donde:

- P_{man} : Presión manométrica [bar]
- $P_{\text{atm}} \approx 1.013$ [bar]

6.1.1.4 PESO ESPECIFICO

El peso específico, representa la fuerza ejercida por la gravedad sobre la unidad de volumen del fluido.

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

Donde:

- γ : Peso específico [N/m³]
- $g = 9.81$ [m/s²]

6.1.1.5 VOLUMEN ESPECIFICO

Volumen específico (V), es el volumen ocupado por la unidad de peso del fluido. Se aplica especialmente este concepto en el caso de los gases y su unidad es el $[m^3/kg]$.

$$v = \frac{1}{\rho} [m^3/kg]$$

6.1.1.6 DENSIDAD RELATIVA

Densidad relativa, es la relación entre las masas de dos volúmenes iguales de dos cuerpos para sólidos y líquidos, se toma el agua como elemento de comparación y para los gases, el aire tomado a 0 °C y presión atmosférica.

$$\delta = \frac{\gamma_{gases}}{\gamma_{agua}} = \frac{\rho_{gases}}{\rho_{agua}}$$

6.1.1.7 VISCOSIDAD

La viscosidad expresa la facilidad que tiene un fluido para recorrer cuando se le aplica una fuerza externa. El coeficiente de viscosidad absoluta, o simplemente la viscosidad absoluta de un fluido, es una medida de resistencia al deslizamiento o a sufrir deformaciones internas.

6.1.1.8 VISCOSIDAD ABSOLUTA O DINAMICA

La unidad de viscosidad dinámica en el SI es el pascal segundo (Pas) o también Newton segundo por metro cuadrado (Ns/m^2), o sea kilogramo por metro segundo (kg/ms). Esta unidad se conoce también con el nombre de poiseuille (Pl).

6.1.1.9 VISCOSIDAD CINEMATICA

Es el cociente entre la viscosidad dinámica y la densidad. En el SI la unidad de viscosidad cinemática es el metro cuadrado por segundo (m^2/s).

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} [m^2/s]$$

6.1.1.10 MASA EN VOLUMEN

La masa en volumen de un cuerpo es la masa de la unidad de volumen de dicho cuerpo. Se expresa siempre en $[kg/m^3]$, en las condiciones de referencia ($[lb/ft^3]$ o $[lb/in^3]$ en el sistema anglosajón). La masa en volumen varía con la temperatura. Antiguamente se llamaba

densidad absoluta. "La masa en volumen del propano es de 2,095 Kg/m³, para cálculos se puede tomar 2 [kg/m³].

6.1.1.11 VELOCIDAD DE FLUJO

Es la longitud de conducción que el gas recorre en un segundo. La unidad utilizada en el sistema de unidades SI es el m/s (ft/s en el sistema americano). "En las instalaciones comunes en edificios e instalación GLP individual no deben sobrepasar los 10 [m/s]"

$$v = \frac{354 \cdot Q \cdot T}{P \cdot D^2} [\text{m/s}]$$

Donde:

- Q : Caudal [m³/h]
- T : Temperatura absoluta [K]
- P : Presión absoluta [bar]
- D : Diámetro interno [mm]

6.1.1.12 CAUDAL

Cuando un fluido o gas fluye por una tubería de sección recta con una velocidad (v) se define al caudal como el volumen de líquido transportado por unidad de tiempo.

Con GLP se trabaja normalmente con caudales expresados en [Kg/h]. Tan solo, cuando se han de calcular las conducciones, se han de expresar los caudales en [m³/h]. La transformación de la expresión másica a volumétrica se realiza dividiendo por la masa en volumen del gas en fase gaseosa.

$$Q_v = \frac{Q_m}{\rho} [\text{m}^3/\text{h}]$$

Donde:

- Q_m : Caudal másico [kg/h]

6.1.1.13 DIAMETRO TUBERIA

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} \text{ [m]}$$

6.1.1.14 LONGITUD

$$L_T = L_{real} + L_{eq} \text{ [m]}$$

Donde:

- L_T : Longitud total para el cálculo [m]
- L_{real} : Longitud Medida de todo el sistema [m]
- L_{eq} : Longitud equivalente en accesorios [m]

6.1.1.15 ENERGIA

La energía es una magnitud física que cuantifica la capacidad de realizar trabajo o generar calor (ambos son formas de energía). Su relación se define así:

- **Trabajo:** Fuerza aplicada $\times$ distancia recorrida ($W = F \cdot d$)
- **Calor:** Energía transferida por diferencia de temperatura, que medimos en sistemas térmicos.

La energía suministrada por un gas a un equipo se calcula multiplicando:

$$\text{Caudal } ([m^3/h] \text{ o } [kg/h]) \cdot \text{Poder Calorífico } ([kWh/m^3] \text{ o } [kWh/kg])$$

El kilovatio-hora (kWh) es la unidad preferida en ingeniería y facturación por su práctica relación con la potencia:

- Para obtener potencia en kW, basta dividir la energía en (kWh) por el tiempo en horas (h):

$$\text{Potencia (kW)} = \frac{\text{Energía (kWh)}}{\text{Tiempo (h)}}$$

6.1.1.16 POTENCIA

La potencia mide cuánta energía se transfiere o utiliza por unidad de tiempo. En sistemas térmicos, se refiere específicamente a la cantidad de calor transferido cada segundo, minuto u hora.

$$Potencia (kW) = \frac{Energía (kWh)}{Tiempo (h)}$$

Esto quiere decir que si un quemador de $10 [kW]$ calienta un recipiente dos veces más rápido que uno de $5 [kW]$, asumiendo igual eficiencia entre ambos equipos.

Algunas unidades de potencia:

UNIDAD	EQUIVALENCIA	CONTEXTO DE USO
[kW]	1 [kW] = 1000 [W]	Sistema Internacional (SI)
[Kcal/h]	1 [kW] = 859845 [Kcal/h]	Sistemas antiguos, aun usados en especificaciones técnicas
[BTU/h]	1 [kW] = 3,412 [BTU/h]	Países anglosajones (EE. UU., Reino Unido)

Tabla 2: Unidades de potencia (Equivalencias)

6.1.1.17 FLUJO TERMICO

El flujo térmico (o potencia térmica) es la energía transferida por un equipo a gas en un tiempo determinado, expresada en kilovatios (kW). Su cálculo varía según el tipo de poder calorífico considerado:

CONCEPTO	DEFINICION	BASE
Potencia nominal (P_n)	Máxima energía teórica liberada, incluyendo calor latente del vapor de agua.	Poder Calorífico Superior (PCS)
Potencia inferior (P_i)	Energía real aprovechable, excluyendo calor no recuperable en sistemas estándar.	Poder Calorífico Inferior (PCI)

Tabla 3: Conceptos potencia nominal e inferior

6.1.1.18 PODER CALORIFICO DE UN GAS

El poder calorífico (H) es la energía total liberada al quemar completamente una unidad de gas. Se expresa en dos formatos, según la base de medición:

El poder calorífico en Volumen (H_v) se expresa en [kWh/m³] mientras que el poder calorífico Masico (H_m) se expresa en [kWh/kg].

6.1.1.19 RENDIMIENTO DE UN APARATO

En sistemas de combustión, la energía aprovechada por un equipo (potencia útil, P_u) siempre es menor que la energía teórica del combustible (potencia calorífica, P). La diferencia se debe a pérdidas térmicas, y su relación define el rendimiento (R) del sistema:

$$R = \frac{P_u}{P}$$

6.2 GAS IDEAL

Un gas ideal es un modelo teórico que describe el comportamiento de un gas bajo condiciones hipotéticas y simplificadas, caracterizado por un conjunto de suposiciones fundamentales que permiten comprender su dinámica molecular con gran precisión. A diferencia de los gases reales, un gas ideal se comporta de manera perfectamente predecible, cumpliendo estrictamente las leyes termodinámicas y de movimiento molecular.

En el modelo de gas ideal, las moléculas se conciben como partículas puntuales sin volumen, que no interactúan entre sí más que mediante choques perfectamente elásticos. Estas partículas se mueven constantemente en línea recta a velocidades aleatorias, respondiendo únicamente a las leyes de la mecánica clásica de Newton. El movimiento molecular es completamente aleatorio, con cada molécula desplazándose independientemente y cambiando de dirección únicamente durante colisiones instantáneas con otras moléculas o con las paredes del contenedor.

La principal característica de un gas ideal es su capacidad para seguir rigurosamente la ecuación de estado “ $PV = nRT$ ”, donde P representa la presión, V el volumen, n el número de moles, R la constante universal de los gases y T la temperatura absoluta. Esta ecuación permite predecir con exactitud matemática cómo cambian las propiedades del gas cuando se modifican sus condiciones termodinámicas.

Desde un punto de vista microscópico, un gas ideal se define por cinco postulados fundamentales:

- Las moléculas son puntos matemáticos sin volumen
- No existen fuerzas intermoleculares
- Los choques entre moléculas son perfectamente elásticos
- El movimiento molecular es completamente aleatorio
- La energía cinética promedio de las moléculas es directamente proporcional a la temperatura absoluta

6.2.1 LEYES DE LOS GASES

Todas las masas gaseosas experimentan variaciones de presión, volumen y temperatura que se rigen por las siguientes leyes:

6.2.1.1 PRIMERA LEY (BOYLE-MARIOTTE)

Los volúmenes ocupados por una misma masa gaseosa conservándose su temperatura constante, son inversamente proporcionales a la presión que soporta.

- **Ley de Boyle** (proceso isotérmico, $T=\text{constante}$):

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

6.2.1.2 SEGUNDA LEY (GAY LUSSAC)

Cuando se calienta un gas, el volumen aumenta $1/273$ parte de su valor primitivo, siempre que la presión no varíe. Temperatura y volumen son directamente proporcionales.

- **Ley de Gay-Lussac** (proceso isocórico, $V=\text{constante}$):

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

6.2.1.3 TERCERA LEY (CHARLES)

La presión ejercida por una masa gaseosa es directamente proporcional a su temperatura absoluta, siempre que el volumen sea constante.

- **Ley de Gay-Lussac** (proceso isocórico, $V=\text{constante}$):

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

6.2.2 FAMILIA DE GASES

El gran número de gases combustibles de diversos orígenes y características se clasifica en tres familias principales, según su método de obtención y composición:

6.2.2.1 PRIMERA FAMILIA

Su componente principal es el gas de ciudad (distribuidos en redes urbanas). Son aquellos cuyo origen se debe a la producción industrial mediante procesos químicos.

- **PRODUCCION**

Reformado catalítico de naftas ligeras con vapor de agua.

Procesos continuos a alta presión para convertir hidrocarburos líquidos en gas.

- **CARACTERISTICAS**

Fácil distribución por redes subterráneas/aéreas.

Combustión eficiente y bajo impacto ambiental.

Ejemplos: Gas de carbón, gas de síntesis.

6.2.2.2 SEGUNDA FAMILIA

Su origen se debe a la extracción directa desde yacimientos geológicos (asociados o no al petróleo). Su composición es una mezcla variable de hidrocarburos (metano, butano, etc) que a su vez depende de la ubicación geográfica y características del yacimiento.

- **CARACTERISTICAS:**

No requieren procesos de fabricación complejos.

Fuente energética con fluctuaciones composicionales naturales.

6.2.2.3 TERCERA FAMILIA

Son los derivados del petróleo, sus componentes principales son Butano y Propano. Su obtención es a través de subproductos de la destilación petrolera.

- **ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE**

Estado líquido en depósitos presurizados.

Incluyen cámara de expansión gaseosa para seguridad.

- **IDENTIFICACION:**

Denominados **GLP** (Gas Licuado de Petróleo).

- **APLICACIONES**

Uso doméstico (botellas de gas).

Combustible industrial y vehicular.

6.3 GAS LICUADO DE PETROLEO (GLP)

El GLP corresponde a los Gases Licuados del Petróleo, denominación que engloba al butano y propano de uso comercial. Estos compuestos orgánicos inflamables, formados por cadenas de hidrógeno y carbono, se presentan en fase gaseosa bajo condiciones ambientales estándar (presión atmosférica y temperatura ambiente). Su producción se realiza mediante procesos de refinación petrolera, específicamente a través de destilación fraccionada, técnica que también se emplea para obtener derivados como la gasolina. Para su comercialización y uso, los GLP son sometidos a presiones elevadas que permiten su licuación, facilitando así su almacenamiento en cilindros y tanques especializados diseñados para contenerlos en estado líquido de manera segura.

6.3.1 DEFINICIÓN Y COMPÓSICIÓN

El gas licuado de petróleo (GLP) es un hidrocarburo compuesto principalmente por propano y butano, con pequeñas cantidades de otros hidrocarburos como isobutano y butileno. Para efectos de análisis técnico y cálculos, se considera convencionalmente el GLP como una mezcla constituida por 70% de propano y 30% de butano, lo que proporciona un rendimiento calorífico óptimo para diversas aplicaciones energéticas.

6.3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL GLP

6.3.2.1 PESO

Es la acción resultante de la gravedad sobre el hidrocarburo.

MATERIAL	PESO POR LITRO
Propano (Líquido)	0,508 [kg/l]
Butano (Líquido)	0,584 [kg/l]
Mezcla Propano 70% - Butano 30%	0,531 [kg/l]

Tabla 4: Peso por litro

6.3.2.2 PESO ESPECÍFICO RELATIVO, GRAVEDAD ESPECÍFICA EN RELACIÓN CON EL AGUA

Es la relación entre el peso de GLP y el peso del agua

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO RELATIVO
Propano (Líquido)	0,508
Butano (Líquido)	0,584
Mezcla Propano 70% - Butano 30%	0,531
Agua	1.000

Tabla 5: Peso específico relativo

6.3.2.3 PESO ESPECÍFICO RELATIVO, GRAVEDAD ESPECÍFICA EN RELACIÓN CON EL AIRE

La densidad relativa del gas licuado de petróleo (GLP) en estado de vapor se define como la relación entre el peso específico de un litro de GLP y el peso de un litro de aire a condiciones estándar.

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO RELATIVO
Propano (Vapor)	1,522
Butano (Vapor)	2,006
Mezcla Propano 70% - Butano 30%	1,667
Aire	1

Tabla 6: Peso específico relativo

En caso de un escape en un local cerrado, el gas licuado de petróleo (GLP), al ser más denso que el aire, tiende a acumularse en las zonas inferiores del recinto. Esta característica representa un riesgo significativo, ya que el gas desplaza el aire, generando una atmósfera potencialmente explosiva y con riesgo de asfixia.

6.3.2.4 PUNTO DE EBULLICIÓN DE UNA SUSTANCIA

Es la temperatura a la cual dicha sustancia cambia de estado líquido a estado de vapor, ocurriendo este proceso de manera uniforme a presión constante.

MATERIAL	°F	°C
Propano (Líquido)	-43,7	-42,1
Butano (Líquido)	31,1	-0,5
Agua	212	100

Tabla 7: Punto de ebullición

Para obtener vapor de gas licuado de petróleo (GLP) de manera adecuada, es fundamental mantener su temperatura por encima del punto de ebullición. Si la temperatura está por debajo de este punto, no se generará vapor y la presión será nula. Esto se debe a que las moléculas de un líquido están en constante movimiento, y cuando se encuentra en un recipiente cerrado, el movimiento de estas moléculas de vapor queda limitado al espacio comprendido entre la superficie del líquido y las paredes del recipiente.

6.3.3 PRESION DE VAPOR

Cuando se mezclan dos líquidos diferentes, la presión de vapor de la mezcla resultante no es simplemente la suma de las presiones de vapor individuales. En su lugar, la presión de vapor depende de la fracción molar de cada componente y sus interacciones moleculares, siguiendo generalmente la ley de Raoult para soluciones ideales.

Un ejemplo de lo anterior sería lo siguiente:

- Presión de vapor del Propano a 18 [°C] es igual a 100 [psi] (6,89[bar])
- Presión de vapor del Butano a 18 [°C] es igual a 150 [psi] (10,34 [bar])

Donde la presión total vendría dada por la siguiente expresión:

$$P = (\text{Propano}) 70 \% \cdot P_{\text{Propano @ } 18^{\circ}\text{C}} + (\text{Butano}) 30 \% \cdot P_{\text{Butano @ } 18^{\circ}\text{C}}$$

$$P = 0,7 \cdot 100 [\text{psi}] + 0,3 \cdot 150 [\text{psi}] \rightarrow P = 115 [\text{psi}](7,92 [\text{bar}])$$

6.3.4 CAPACIDAD DE VAPORIZACIÓN

Generalmente el gas licuado de petróleo, en estado vapor con una mezcla, propano 70% y butano 30% para su utilización se lo extrae de tanques, teniendo la capacidad de producir un litro en fase líquida de gas licuado de petróleo a 262 litros de vapor. Es una de las ventajas que permite disponer de recipientes relativamente pequeños para almacenar gas licuado de petróleo y obtener grandes cantidades de vapor.

EQUIVALENCIAS APROXIMADAS	
1 [gal] liquido, GLP	1 [m ³] vapor
1 [kg] liquido, GLP	0,5 [m ³] vapor
1 [lb] liquido, GLP	8 [ft ³] vapor

Tabla 8: Equivalencias aproximadas

6.3.5 PODER CALORÍFICO

Es la cantidad de energía liberada por el gas licuado de petróleo cuando alcanza su completa combustión, es medido en kilocalorías por kilogramo [*Kcal/kg*] o [*Kcal/l*] y también en *BTU (British-Thermal-Unit)* por libra.

UNIDAD	PROPANO	BUTANO	MEZCLA (70 P + 30 B)
[kcal/kg] (líquido)	13,005	11,78	12,638
[BTU/kg] (líquido)	47,659	46,768	47,392
[kcal/l] (líquido)	6,105	6,91	6,347
[BTU/l] (líquido)	24,238	27,432	25,196
[kcal/l] (vapor)	23	30	25
[BTU/l] (vapor)	91	119	99
[kcal/gal] (líquido)	23,108	26,153	24,022

Tabla 9: Poder calorífico

6.3.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS GLP

Los GLP más comunes son el propano y el butano comerciales. Ambos se comercializan cumpliendo las especificaciones vigentes. Estos gases consisten básicamente en butano, propano y sus mezclas, como se resume en la siguiente tabla:

	PROPORCIONES EN VOLUMEN	
	Propano Comercial	Butano Comercial
PROPANO	Min. 80%	Máx. 20%
BUTANO	Máx. 20%	Min. 80%

Tabla 10: Proporciones en Volumen

En cuanto a su inflamabilidad y combustión, ambos gases (propano y butano) forman mezclas inflamables con el aire, requiriendo una gran cantidad de este para su combustión completa. Estas mezclas solo resultan inflamables dentro de rangos específicos de concentración:

- **Propano:** entre el 2,2 % y el 9,5 % de gas en el aire.
- **Butano:** entre el 1,9 % y el 8,5 % de gas en el aire

Las presiones de utilización más usuales de los GLP son:

- **Propano comercial:** 37 y 50 [mbar]
- **Butano comercial:** 28 [mbar]

Valores característicos básicos de los GLP comerciales:

VALORES CARACTERÍSTICOS	PROPANO COMERCIAL		BUTANO COMERCIAL	
Tensión de vapor absoluta a 20 °C	8,5 [bar] abs.		2,25 [bar] abs.	
Temperatura de ebullición a presión atm.	- 45 °C		- 0,5 °C	
Masa en volumen del gas a 20 °C y presión atmosférica (p)	2,095 [kg/m³]		2,625 [kg/m³]	
Densidad en fase gas (respecto al aire)	1,62		2,03	
Masa en volumen del líquido a 20 °C (p)	506 [kg/m³]		580 [kg/m³]	
Densidad en fase líquida (respecto al agua)	0,508		0,58	
Poder Calorífico Superior (H _s)	12000 [kcal/kg]	13,95 [kWh/kg]	11900 [kcal/kg]	13,83 [kWh/kg]
	25140 [kcal/m³]	29,23 [kWh/m³]	31240 [kcal/m³]	36,32 [kWh/m³]
Poder Calorífico Superior (H _i)	10900 [kcal/kg]	12,67 [kWh/kg]	10820 [kcal/kg]	12,47 [kWh/kg]
	22835 [kcal/m³]	26,55 [kWh/m³]	28400 [kcal/m³]	33,02 [kWh/m³]

Tabla 11: Valores característicos para GLPs comerciales

Otras características de los GLP comerciales:

CORROSIÓN. Los GLP (gases licuados del petróleo) no generan corrosión en materiales como el acero, el cobre o sus aleaciones. Tampoco degradan cauchos sintéticos, lo que los hace ideales para tuberías, válvulas y componentes de instalaciones. Sin embargo, disuelven grasas y caucho natural, por lo que estos materiales deben evitarse en su manipulación.

TOXICIDAD Y RIESGOS. Aunque los GLP no son tóxicos por composición química, en altas concentraciones atmosféricas desplazan el oxígeno, lo que puede provocar asfixia, mareos o pérdida de conciencia. Por esto, es vital garantizar ventilación adecuada en espacios cerrados y usar detectores de gas.

OLOR. Los GLP son incoloros e inodoros de forma natural. Para identificar fugas, se añade intencionalmente un odorizante (mercaptano) antes de su distribución. Este aroma característico se percibe incluso en concentraciones inferiores al 20% del límite inflamable, actuando como alerta temprana.

CONTAMINACIÓN. Los GLP destacan como combustibles de baja huella ambiental:

- **Libres de azufre y plomo:** Su combustión no genera hollín, humos ni partículas contaminantes.
- **Productos principales:** En condiciones óptimas, solo producen CO₂ y agua (H₂O).
- **No contaminan acuíferos:** Al no ser solubles en agua, son aptos para uso marítimo.

GRADO DE LLENADO.

Llenado de recipientes

Límite del 85%: Por su alta dilatación térmica, los tanques nunca deben llenarse completamente. El espacio restante absorbe la expansión del líquido, evitando sobrepresiones.

Comportamiento en fugas

En estado gaseoso: Son más densos que el aire (1.5-2 veces), por lo que se acumulan en zonas bajas. Por seguridad:

- Instalar rejillas de ventilación cerca del suelo.
- Prohibido almacenar en sótanos o áreas sin circulación de aire.
- En estado líquido: Tienen menos densidad que el agua ($\approx 50\%$). Si un tanque contiene agua, esta se depositará en el fondo.

6.3.7 USOS Y APLICACIONES

El GLP destaca por:

- **Limpieza:** Combustión sin hollín, azufre ni partículas contaminantes.
- **Eficiencia económica:** Costo por kWh inferior al diésel, carbón o leña.
- **Alto poder calorífico:** Mayor energía por unidad de volumen ($\approx 25,000 \text{ kcal/m}^3$).
- **Manejo seguro:** Se almacena en recipientes estancos y no es tóxico.
- **Versatilidad logística:** Transporte en cilindros o tanques, sin requerir infraestructura compleja.

Por estas razones sus aplicaciones se están haciendo extensivas a los diversos campos industriales, comerciales y domésticos, desplazando así a los combustibles tradicionales como Diesel, carbón, leña, etc.

En el sector doméstico se lo aplica por ser un combustible limpio, rápido y económico en los procesos de:

- Preparación de alimentos
- Calentamiento de agua
- Calentadores de ambiente
- Refrigeración
- Iluminación

En el sector comercial tiene las ventajas de evitar el hollín y contribuir a bajar los índices de contaminación del medio ambiente, se lo utiliza en:

- Lavanderías
- Panaderías
- Cafeterías
- Restaurantes
- Fuente de sodas
- Entre otra

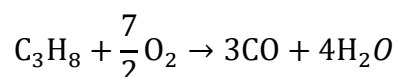
6.3.8 PREVENCIÓN DE RIESGOS

6.3.8.1 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

En altas concentraciones, el GLP tiene un efecto anestésico leve (mareos, somnolencia). El riesgo de asfixia solo ocurre en ambientes cerrados con desplazamiento del oxígeno. Es importante destacar que el GLP no es tóxico, pero su acumulación en espacios sin ventilación puede incurrir en una disminución del oxígeno respirable.

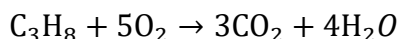
Al quemarse con falta de oxígeno, el GLP genera monóxido de carbono (CO) (como todo hidrocarburo), un gas letal en bajas concentraciones.

La reacción incompleta del propano es la siguiente:



El riesgo de dicha reacción se debe a que el CO resultante bloquea el transporte de oxígeno en la sangre, causando intoxicación en minutos.

La combustión óptima, ocurre con oxígeno suficiente, resultando en productos completamente seguros:



En el caso de que los quemadores de los aparatos de consumo estén en correctas condiciones de construcción y mantenimiento, la buena combustión del gas depende sólo de la necesaria aportación del aire, resultando que los productos de la combustión son vapor de agua y anhídrido carbónico (CO₂).

6.3.8.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Las medidas de seguridad que se realizan en las instalaciones de GLP, en los diferentes tipos de redes dependiendo de su presión de funcionamiento deben ser las siguientes:

- Las redes de GLP deben ser instaladas y mantenidas únicamente por técnicos certificados por la SEC, según el tipo de presión de la red (baja, media o alta).

- Todo espacio con equipos a gas debe contar con ventilación inferior (cerca del suelo) y superior (cerca del techo) conectadas al exterior, para garantizar oxígeno suficiente y evitar acumulación de gases.
- Nunca instalar tuberías de GLP en subterráneos, entretechos o cámaras estancas, debido al riesgo de acumulación de gas.
- Las fugas solo deben identificarse con detectores electrónicos o solución jabonosa. Jamás hacer uso de llamas, fósforos o chispas.
- Revisar redes y artefactos de forma regular para asegurar su correcto funcionamiento y seguridad operativa (Mantenimiento periódico)
- En caso de siniestros en redes cortar el suministro de válvulas de corte existentes y lograr controlar fuga mediante protocolo de operaciones.

6.4 SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de gas licuado de petróleo (GLP) se ha optimizado debido a su rentabilidad y versatilidad cuando hablamos de su logística. Este combustible es transportado y almacenado en recipientes especializados, tales como, tanques fijos, autocamiones cisterna, cilindros portátiles y camiones de reparto.

El gas licuado de petróleo (GLP) en fase líquida permite almacenar grandes volúmenes de energía en espacios reducidos. Este combustible tiene una propiedad clave, su expansión **LIQUIDO – GAS**. El GLP tiene una relación de expansión de **1:262** al pasar de su fase líquida a fase gaseosa. Esto nos deja la siguiente relación:

$$1 \text{ [litro] GLP líquido} \rightarrow 262 \text{ [litros] GLP gas.}$$

Esta característica, ofrece la ventaja que recipientes pequeños pueden contener grandes cantidades de energía para abastecer un sistema en un determinado tiempo.

En algunos países existen industrias dedicadas a la fabricación, acondicionamiento y/o reparación de recipientes de gas licuado de petróleo (GLP), cuyas actividades son regidas por normativas estrictas y supervisadas por organismos del estado, lo cual garantiza la seguridad en el transporte como también el consumo diario.

Cuando se refiere a estanques del tipo domiciliario estos pueden ser aéreos o enterrados y sus capacidades son de 0,5 a 4 [m³]. Cuando estos se encuentran expuestos a posibles daños físicos, se deben adoptar precauciones para mitigar los riesgos mencionados.

Los estanques de almacenamiento de GLP deben ser diseñados, fabricados, inspeccionados, montados y probados de acuerdo con lo establecido en la normativa (Ej: ASME sección VIII (EE. UU.)). Deben contar con pruebas obligatorias

- **PRUEBA HIDROSTATICAS:** 1,5 [veces] la presión máxima de trabajo
- **PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD:** Detección de fugas con nitrógeno o solución jabonosa (las uniones son los puntos críticos)

Los estanques de GLP, con sus accesorios indicados según el *Reglamento de estanque de almacenamiento D.S. 29*, deberán ser inspeccionados periódicamente. Los estanques deben llevar una placa de acero inoxidable adherida al estanque, que contenga la información necesaria para su identificación, características, normativas de construcción e inspección. Deben, a su vez, incluir las fechas respectivas, nombre del fabricante, nombre del organismo certificador y numero del certificado respectivo.

INSPECCIÓN, MODIFICACIÓN O REPARACIÓN EFECTUADA POR:			
LUIS JIMÉNEZ Y CIA. LTDA. SERGAS INGENIERÍA			
SERGAS			
N° Inspección	I-226106	MES	Julio
FABRICANTE	VSA	FECHA	1992
SERIE FABRICANTE	3262	SUPERFICIE	X
PROPIETARIO	IPIGAS	ENTERRADO	
N° Ins. Anterior	212647	MES	3
CAPACIDAD	4000 Lts	ANO	2013
PRESIÓN DE DISEÑO: 1,73MPa (250)psi	PRESIÓN DE PRUEBA	375 PSI	
MATERIAL DEL MANTO	A 455	NORMA DE DISEÑO	ASME 1986
MATERIAL DE CABEZALES	A 355 GRC	ESPESOR MÍNIMO(mm)	8,1
FORMA CABEZALES	HEMISFÉRICO	ESPESOR MÍNIMO(mm)	5,9
CERTIFICADO DE APROBACIÓN N°	668573		
OTORGADO POR LEC		CUNO	
DATOS DE PLACA ORIGINAL	SI O NO		
PRECAUCIÓN: EL TANQUE DEBE CONTENER PRODUCTOS QUE TENGAN UNA PRESIÓN DE VAPOR MENOR O IGUAL A 1,5 MPa (218 psi) a 38 °C.			

Figura 3: Placa información estanque de almacenamiento GLP (Protein Company SPA, 2024)

Además se deberá marcar con caracteres de golpe el nombre del propietario y número de identificación del estanque, en alguno de los fittings soldados al estanque.

Los estanques deben contar con dispositivos de seguridad, diseñados para dejar escapar el GLP cuando la presión interna sobrepase la presión de diseño del tanque (250 [psi]), asimismo deben estar equipados con dispositivos para medir el nivel del líquido contenido

Los estanques deben ubicarse fuera de edificios y de subterráneos, no deben instalarse unos sobre otros, en terrenos libre de materiales combustibles, malezas o pasto seco dentro de una distancia mínima de 3 [m] en torno a cualquier tanque.

Los tanques de GLP deben instalarse fuera del área comprendida por los diques de estanques que contienen Líquidos inflamables o combustibles. La distancia mínima entre el manto del tanque de GLP y el borde del dique más próximo debe ser de 8 [m].

6.4.1 TIPOS DE ALMACENAMIENTO PARA GAS LICUADO DE PETROLEO

Los recipientes que almacenan gas licuado de petróleo (GLP) deben cumplir normas técnicas y de seguridad estrictas. Los envases deben estar certificados para contener el GLP, diseñado bajos los códigos ISO, API, ASME.

Si el recipiente no especifica su capacidad, este se referirá al volumen máximo de agua que puede contener (por lo general marcado como WC en [lts] o [gal])

Los tipos de recipientes más comunes son:

TIPO	USO PRINCIPAL	CAPACIDAD TIPICA
ESTANQUES	Almacenamiento fijo (doméstico/industrial)	0.5 [m ³] a 50 [m ³]
CILINDROS	Uso portátil (hogares, comercios)	5 [kg] a 45 [kg] de GLP

Tabla 12: Tipos de almacenamiento de GLP

Los estanques se pueden clasificar de la siguiente manera:

ESFERICOS

Son fabricados por chapas de acero soldadas en cupulas. Para su soporte, se diseñan columnas para resistir el peso durante la prueba hidráulica (incluyendo el pandeo). Todas las soldaduras deben ser radiografiadas para descartar fisuras internas que se pudieran haber producido durante el montaje.

Este tipo de estanque cuenta con escaleras para realizar mantenimiento de las válvulas de seguridad y para la tele medición.



Figura 4: Estanque esférico GLP - https://c2.staticflickr.com/8/7229/7403662710_4f7b5d7bdb_b.jpg

HORIZONTALES

Los recipientes horizontales se emplean hasta un determinado volumen de capacidad. Para recipientes mayores, se utilizan las esferas. Los casquetes de los estanques horizontales son toriesféricos, semielípticos o semiesféricos.

Sus espesores están en el orden de:

TIPO	ESPESOR (VS. ENVOLVENTE)
SEMIELIPTICO	≈ Igual al de la envolvente
TORIESFERICO	≈ 75% mayor
SEMIESFERICO	≈ 50% menor

Tabla 13: Comparación espesores según tipo, ASME sección VIII

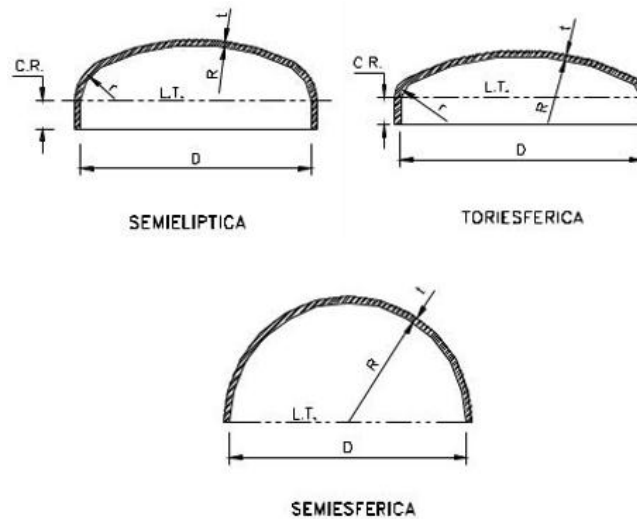


Figura 5: Tipos de estanques horizontales, (American Society of Mechanical Engineers, 2019)

6.4.2 CLASIFICACIÓN DE ESTANQUES SEGÚN INSTALACIÓN

Los estanques deben someterse en su fabricación a una prueba hidrostática de $26 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$ ($2,56 \text{ [MPa]}$), la cual se realiza por una entidad designada por el estado. Existen dos tipos de recipientes, clasificados según su instalación, para el almacenamiento del gas.

RECIPIENTES AEREOS

Estos deberán ir pintados de un color blanco reflectante. Deben contener una conexión a tierra para realizar una descarga estática. (National Fire Protection Association, 2014)



Figura 6: Estanque tipo aéreo, https://abi.bo/images/Noticias/Economia/sep-22/TANQUE_GLP.jpg

RECIPIENTES ENTERRADOS

Estos estanques deben estar protegidos a través de un revestimiento a base de brea o de hulla, asfalto, materias plásticas y otros materiales que cumplan un rol de protección. Deben contar con una protección catódica para neutralizar la corrosión electrolítica. Su instalación es realizada en fosas con paredes prefabricadas o directamente enterrados, deben contar con un anclaje para evitar movimientos no deseados.

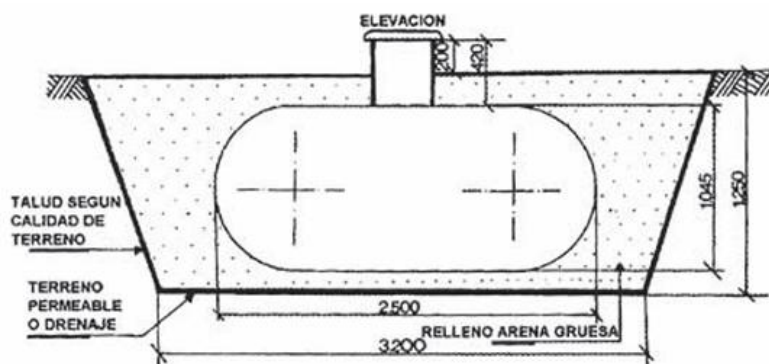


Figura 7: Estanque del tipo enterrado, (Fuentes Rojas, Celis R. & Osorio S., 2001).

6.4.3 CONSIDERACIONES PARA INSTALACIONES

Ya sea a nivel o subterráneo, se debe contar con barreras y/o anclajes para prevenir posibles daños físicos.

Deben contar con bases de hormigón armado o acero para evitar flotación en zonas inundables.

Debido a las expansiones térmicas, es necesario un montaje que permita la dilatación que no provoque tensiones excesivas.

En instalaciones subterráneas, es necesario que la profundidad mínima sea de **15 [cm]** (aumentar en zonas de riesgo físico).

El terreno debe ser preparado para la instalación, esto quiere decir que se deben realizar procesos de nivelado, compactado y que este se encuentre libre de piedras.

Se debe contar con protección de los accesorios. Se deben incluir escotillas con tapas resistentes y líneas de venteo elevadas sobre el nivel máximo de agua en caso de posible inundaciones.

Se deben realizar mantenimiento periódico a la protección y todos los accesorios, con la finalidad que estos se encuentren libres de toda suciedad y permitan un correcto funcionamiento.

6.4.4 PARTES PRINCIPALES DE UN ESTANQUE

CUERPO Y CASQUETES

Están formados por un cilindro de acero de bajo contenido de carbono con una costura de soldadura longitudinal, cerrado por sus extremos por dos casquetes soldados.

SOPORTE Y BASES

Consisten en cuatro piezas de metal soldadas a la parte inferior del tanque, cuyo fin es mantener el tanque fijo en lugar y a su vez separado del piso para así evitar el contacto con la humedad. Estos se apoyan en bases de concreto para aumentar la firmeza y estabilidad.

CAPUCHON DE PROTECCIÓN

Su finalidad es proteger los accesorios del estanque de golpes o agentes externos que los puedan dañar. Este se encuentra sujeto por una bisagra que permite el acceso a los distintos accesorios.

6.4.5 ACCESORIOS DE UN ESTANQUE

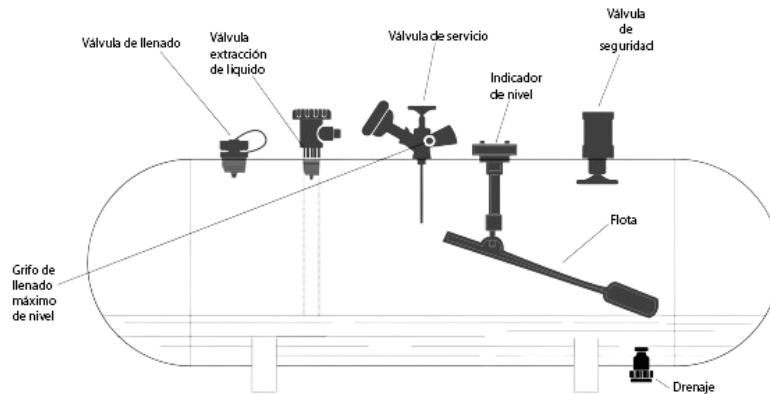


Figura 8: Accesorios de un estanque, https://grupopropagas.com/wp-content/uploads/2018/07/tanque_industrial.jpg

VALVULA DE LLENADO

Su diseño consiste en una doble válvula de retención (evita retroceso del líquido). Permite el paso del líquido en un solo sentido cuando el camión cisterna se conecta para realizar el proceso de llenado.



Figura 9: Válvula de llenado – Catalogo L-102SV REGO

VALVULA DE SERVICIO

Es aquella que permite entregar el gas licuado de petróleo en fase gaseosa al usuario.



Figura 10: Válvula de servicio – Catalogo L-102SV REGO

VALVULA DE PURGA O INDICADOR DE NIVEL FIJO

Consiste en un tubo de profundidad fija con una válvula de purga, que al despedir el gas líquido lo vaporiza y condensa la humedad del aire en forma de neblina, constituyendo esta un aviso visual de que el tanque ha alcanzado su porcentaje máximo de llenado.



Figura 11: Válvula de purga – Catalogo L-102SV REGO

INDICADOR DE NIVEL MAGNETICO O FLOTANTE

Nos indica el contenido de gas licuado de petróleo en fase líquida que se encuentra en el interior del tanque en términos porcentuales, consiste en un imán conectado a un flotante el cual al rotar acciona una aguja magnética en un dial externo, se lo utiliza como un referencial para el llenado de tanques (Máximo porcentaje de llenado para un tanque es del 85%).



Figura 12: Indicador de nivel – Catalogo L-102SV REGO

VALVULA DE SEGURIDAD

La función de este dispositivo es evitar la sobre presión en el interior del tanque y evacuarlo al medio ambiente. Estos depósitos se prueban hidrostáticamente a 26 [kg/cm²] (2,55 [MPa]), con el fin de evitar que algún caso de sobre presión en su interior el dispositivo se activara a 20 [kg/cm²] (1,96 [MPa]). El caudal de descarga debe ser tal que la presión interior del tanque no llegue a sobrepasar en un 20% la presión de apertura de esta y se puede calcular utilizando:

$$G = 10,6552 \cdot S^{0,82}$$

Donde:

- G: Caudal del aire en [m³/min] a 15 [°C]
- S: La superficie del tanque expresado en [m²]



Figura 13: Válvula de seguridad – Catalogo L-102SV REGO

VALVULA DE DRENAJE

Se encuentra en la parte inferior del tanque, tiene como función la extracción total del líquido que se encuentra en el interior del estanque, ya sea por algún desperfecto y se requiera evacuar de forma emergente por medio del camión cisterna. Su otra aplicación es la de proveer de gas licuado petróleo en fase líquida a equipos especiales que utilizan de este como un componente químico.



Figura 14: Válvula de extracción de fase líquida – Catalogo L-102SV REGO

MANÓMETRO

Es un instrumento que indica la presión interna de vapor de gas que se encuentra en el tanque. Deberá tener un margen superior de presión al que debe estar sometido el recipiente, una escala de medición entre 0 y 30 [Kg/cm²] (2,94 [MPa]).



Figura 15: Manómetro - <https://gasnorte.com.br/wp-content/uploads/2022/07/manometro-glp.jpg>

6.5 VAPORIZACIÓN

Los estanques de Gas Licuado de Petróleo (GLP) cumplen una doble función: almacenamiento y vaporización del gas. Estos recipientes contienen tanto una fase líquida como una fase gaseosa, siendo esta última la que se distribuye al sistema, debido a que se utiliza principalmente como combustible para diversos equipos en los sistemas de distribución.

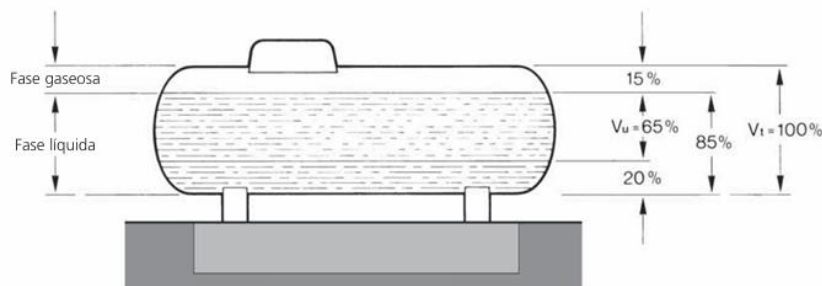


Figura 16: Esquema estanque GLP, <https://temariosformativosprofesionales.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/01/depositos-fijos-de-glp.pdf>

6.5.1 VAPORIZACIÓN NATURAL

El fenómeno de vaporización natural en los recipientes depende esencialmente de la absorción térmica a través de las paredes del tanque, puesto que el gas licuado de petróleo en estado líquido requiere un aporte calórico para su transformación a estado gaseoso. Resulta imperativo que el fabricante especifique, mediante documentación técnica como tablas o gráficos, la capacidad de vaporización de cada unidad diseñada en relación con su superficie expresada en metros cuadrados.

Los depósitos deben poseer una capacidad de vaporización de gas licuado de petróleo en fase gaseosa suficiente para garantizar el funcionamiento óptimo de los aparatos de consumo que integran las instalaciones receptoras.

6.5.2 VAPORIZADORES

Ante insuficiencias en el suministro de la fase gaseosa del GLP, cuando no se satisfacen los requerimientos necesarios para el funcionamiento adecuado de los equipos, sea por limitaciones económicas o espaciales, se implementan vaporizadores externos para efectuar una vaporización forzada.

Los vaporizadores constituyen dispositivos que se implementan cuando la capacidad de vaporización natural del tanque de GLP resulta insuficiente, o cuando existe una exigencia elevada respecto a la estabilidad de la mezcla propano/butano. Por consiguiente, estos dispositivos se utilizan para transformar el GLP desde su fase líquida a vapor y suministrarlo al sistema en este último estado.

Según la metodología de transferencia calórica al GLP líquido, los vaporizadores se categorizan en tres tipologías:

- Fuego directo
- En baño de agua (o glicol)
- Eléctricos

6.5.3 ESTACIÓN VAPORIZACIÓN/DECANTACIÓN

La implementación de vaporizadores debe contemplar invariablemente la instalación de una unidad de decantación en la salida, particularmente en los dispositivos de fuego directo, con el fin de prevenir que la presencia de condensados o precipitados del GLP pueda manifestarse en secciones posteriores de la red de tuberías y, consecuentemente, comprometer la integridad funcional de los equipos.

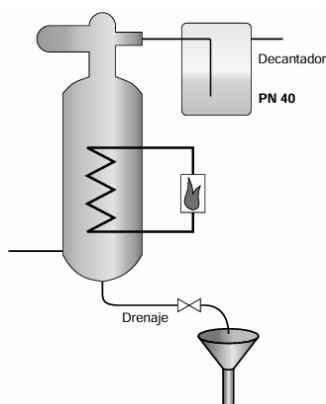


Figura 17: Esquema vaporizador decantador, Manual de instalaciones de GLP CEPSA

6.6 INSTALACIONES DE GAS LICUADO PETROLEO

La infraestructura comprende la implementación del depósito de almacenamiento de gas licuado de petróleo junto con sus elementos auxiliares (válvula de llenado, válvula de salida, reguladores, sistemas de conducción, entre otros). Dichos componentes se emplazan en conformidad con las disposiciones normativas nacionales e internacionales que gobiernan este tipo de instalaciones específicas.

Es importante señalar que el gas licuado de petróleo se presenta simultáneamente en estado líquido y gaseoso, manteniéndose ambas fases en equilibrio termodinámico a la presión de vapor correspondiente a la temperatura ambiente que circunda el recipiente. La extracción se

ejecuta exclusivamente en fase gaseosa; sin embargo, en situaciones donde la demanda excede la capacidad de vaporización natural del recipiente, se implementan dispositivos vaporizadores, mecanismos que intensifican la transformación del gas licuado de petróleo desde su estado líquido mediante la aplicación de energía calórica. El sistema se complementa mediante válvulas de interrupción, instrumental de control, mecanismos de regulación y dispositivos de medición.

6.6.1 TIPOS DE INSTALACIONES PARA TANQUES

De acuerdo con el lugar donde vayan a ser instalados se clasifican en:

- **INSTALACIONES AÉREAS O SUPERFICIALES:** Son aquellas cuya generatriz inferior (bases) se encuentra situada sobre el terreno.
- **INSTALACIONES ENTERRADAS:** Son aquellas cuya generatriz superior se encuentra situada por debajo del nivel del terreno.
- **INSTALACIONES SEMI-ENTERRADAS:** Son aquellas cuya generatriz está por debajo del nivel del terreno pero que, por circunstancias ajenas (roca, nivel freático, pendiente, etc.), no pueden cumplir con las condiciones de profundidad requerida de enterramiento. En estos casos, las distancias de seguridad serán las mismas que en las instalaciones enterradas.
- **INSTALACIONES EN AZOTEAS:** Estas deben cumplir con los mismos requisitos que las instalaciones aéreas, pero teniendo en cuenta que el volumen máximo de almacenamiento será de 5 m³, y requerirán la certificación de un técnico titulado competente que garantice que la edificación soporta el peso del tanque en condiciones de cargas máximas (llenado y pruebas hidrostáticas).

6.6.2 DISTANCIAS DE SEGURIDAD MINIMAS PARA ESTANQUES

Dado lo expuesto en el manual *Instalaciones de gas en baja presión (4ª ed.)*. PROCOBRE, para las instalaciones se deben observar determinadas distancias de seguridad respecto a diversos elementos específicos, los cuales se encuentran detallados en la tabla subsiguiente, extraída de la normativa reguladora sobre instalaciones de almacenamiento de gas licuado de petróleo en depósitos fijos.

- **D₁:** Distancia horizontal a partir de la envolvente o contorno del estanque
- **D₂:** Distancia horizontal a partir de los puntos de transferencia del estanque (válvula de llenado, retorno o de control de llenado al 80%)

Las distancias se miden en forma horizontal y los elementos en altura se proyectan hacia el suelo antes de medir.

Cornisas, aleros, marquesinas u otras salientes que no sean balcones no se consideran.

ITEM		D1			D2 (a)		
		ENVOLVENTE AL ESTANQUE			PUNTO DE TRANSFERENCIA		
		1 [m ³]	2 [m ³]	4 [m ³]	1 [m ³]	2 [m ³]	4 [m ³]
1	A construcciones	1,5	1,5	1,5	3	3	4 (*)
2	A lineas medianeras	1,5	1,5	1,5	3	3	4 (*)
3	A lineas oficiales municipales	1	1	1,5	1	1	4
4	A subterrneos	-	-	-	3	3	4 (*)
5	A vias ferreas	-	-	-	3	3	4 (*)
6	A tableros electricos no antiexplosivos	-	-	-	3	3	4 (*)
7	A luces electricas	-	-	-	3	3	4 (*)
8	A camaras de alcantarillado, sumideros, cloacas	-	-	-	2	2	2
9	A lineas de vapor	-	-	-	2	2	2
10	A otros estanques de combustible (Parafina, Petroleo) (b)	3	3	3	-	-	-
11	Entre estanques aereos de Gas Licuado	1	1	1	-	-	-
12	A maleza; pasto seco o leña	3	3	3	-	-	-
13	A fuegos abiertos	-	-	-	4,5	4,5	4,5
14	A cajas de derivaciones no antiexplosivas	2	2	2	-	-	-
15	A motores de combustion interna, equipos de soldar	-	-	-	4,5	4,5	4,5
16	A cables electricos hasta 380V	2	2	2	-	-	-
17	A cables electricos sobre 380V a 15.000V	6	6	6	-	-	-
18	Entre estanques y vaporizador	3	3	3	-	-	-
19	A estacionamiento o transito de vehiculos	Si es cercano, deben ponerse protecciones y/o barreras					
20	Condiciones de escurrimiento de aguas lluvias	Debe prevemir la inundación del capuchón					

(a) D2 : Puede reducirse a la mitad en caso de edificios cuya muralla no tenga aberturas (Solo para item 1)

(b): Esta distancia se asimila a materiales combustibles mencionados en el decreto N°29

(*) : Esta distancia puede ser de 3m en caso de un solo estanque de 4 [m³]

Figura 18: Distancias mínimas de seguridad para estanques aéreos y subterráneos, uso en domicilio, establecimientos comerciales, agrícolas e industriales (Fuentes Rojas, Celis R. & Osorio S., 2001).

Pero dada las fechas y las derogaciones de normativas pasadas. Es más correcto lo expuesto en las normativas internacionales que son por las cuales se basan los manuales y normativas nacionales. Según lo expuesto en la NFPA 58 las distancias se pueden resumir en la siguiente tabla:

Capacidad de agua por Recipiente		Distancias Mínimas					
		Recipientes Enterrados o Atrincherados ^a		Recipientes De Superficie		Entre Recipientes ^b	
		pies	m	pies	m	pies	m
gal	m ³						
<125 ^c	<0.5 ^c	10	3	0 ^d	0 ^d	0	0
125-250	0.5-1.0	10	3	10	3	0	0
251-500	>1.0-1.9	10	3	10	3	3	1
501-2,000	>1.9-7.6	10	3	25 ^e	7.6	3	1
2,001-30,000	>7.6-114	50	15	50	15	5	1.5
30,001-70,000	>114-265	50	15	75	23		
70,001-90,000	>265-341	50	15	100	30	¼ de la suma de diámetros de los recipientes adyacentes	
90,001-120,000	>341-454	50	15	125	38		
120,001-200,000	>454-757	50	15	200	61		
200,001-1,000,000	>757-3,785	50	15	300	91		
>1,000,000	>3,785	50	15	400	122		

Tabla 14: Distancias de Separación entre Recipientes, Edificios Importantes y Lindero con la propiedad donde se puede construir. (National Fire Protection Association, 2014).

En mayor detalle se expone lo siguiente con respecto a las Distancias de Separación del Recipiente:

a) RECIPIENTES DE SUPERFICIE

Los recipientes instalados fuera de edificios ya sean del tipo portátil, donde se reemplaza el cilindro o de instalación permanente, que se reabastecen in situ, se deben ubicar con respecto a los recipientes adyacentes, edificios importantes, grupos de edificios o lindero donde se puede construir. (National Fire Protection Association, 2014).

Cuando se cumplen los requisitos, se puede permitir la reducción de la distancia mínima a la mitad desde un recipiente ASME a un edificio, para recipientes ASME de 7,6 m³ a 114 m³ capacidad de agua. (National Fire Protection Association, 2014).

La distancia mínima de 7,6 m desde recipientes ASME de superficie con capacidad de agua de 1,9 m³ a 7,6 m³ a edificios, un grupo de edificios o al lindero con la propiedad donde se puede construir, se puede reducir a 3 m para un único recipiente ASME de hasta 4,5 m³ capacidad de agua donde este recipiente esté a 7,6 m como mínimo de cualquier otro recipiente de Gas-LP de más de 0,5 m³ capacidad de agua. (National Fire Protection Association, 2014).

b) RECIPIENTES ASME ENTERRADOS O ATRINCHERADOS

La distancia mínima para recipientes ASME, enterrados o atrincherados, de 7,6 m³ a 114 m³ capacidad de agua, que cumplan los requisitos, se puede reducir a 3 m (National Fire Protection Association, 2024).

Las distancias para todos los recipientes ASME enterrados o atrincherados se deben medir desde la superficie del recipiente (National Fire Protection Association, 2024).

Ninguna parte de los recipientes ASME, enterrados o atrincherados debe estar a menos de 3 m de un edificio, o del lindero con la propiedad donde se puede construir (National Fire Protection Association, 2024).

c) DISTANCIAS MINIMAS DE SEPARACION PARA RECIPIENTES ASME

La distancia de separación mínima especificada en la *Figura 19* entre recipientes y edificios construidos en estructura de material diferente a madera y dedicada exclusivamente al procesamiento de gas y a las operaciones de distribución, se puede autorizar ser reducida hasta 3 m (National Fire Protection Association, 2024).

Si la capacidad agregada de agua de una instalación de varios recipientes es 1,9 m³ o más, y la instalación está compuesta de recipientes individuales cada uno con una capacidad de agua inferior a 0,5 m³, la distancia mínima debe cumplir con la *Tabla 13, (A) y (C)* (National Fire Protection Association, 2024).

- Se debe utilizar la capacidad agregada y no la capacidad por recipiente.
- Si se hace más de una de estas instalaciones, cada una de ellas debe estar separada de cualquier otra instalación por lo menos 7,6 m.
- Las distancias mínimas entre recipientes no se deben aplicar a instalaciones cubiertas por este punto.

6.6.3 DISTANCIAS MINIMAS PARA VAPORIZADORES.

En caso de que la instalación de estanques requiera del uso de Vaporizadores, se establecen las siguientes distancias mínimas para su instalación debidamente correcta:

DISTANCIAS MINIMAS [m] - VAPORIZADORES		
1	Lineas constructivas	7,6
2	Punto de Trasferencia	4,5
3	De la envolvente del Estanque	3

Tabla 15: Distancias mínimas en [m] para Vaporizadores

6.6.4 REQUISITOS PRACTICOS

Definida la ubicación del tanque, se procederá a su anclaje con una ligera inclinación hacia el orificio de drenaje para facilitar la evacuación de agua durante la realización de las pruebas hidrostáticas correspondientes, así como para las purgas que se efectúan en el tanque.

Para lograr un acoplamiento óptimo de los tanques durante el proceso de montaje, resulta necesario preparar cajetines que coincidan con los puntos de anclaje del tanque. Estos se fijan mediante pernos, y el espacio vacío se rellena con hormigón de alta resistencia, lo que garantiza una fijación más sólida del tanque.

6.6.5 CORROSION Y PROTECCIÓN

Todos los elementos que conforman la instalación sufren corrosión por lo que es necesaria una protección tanto para instalaciones aéreas como enterradas.

6.6.5.1 PROTECCIÓN CATODICA EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO

La protección catódica es un método electrolítico de control de la corrosión, que consiste en hacer pasar una corriente continua desde los electrodos instalados en el electrolito hacia el elemento metálico que se desea proteger. La corrosión queda contrarrestada cuando la corriente aplicada es de magnitud suficiente y está adecuadamente distribuida.

6.6.5.2 PROTECCIÓN ESTATICA EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Todo cuerpo material contiene partículas cargadas: los protones, con carga positiva, en los núcleos de sus átomos, y los electrones, con carga negativa, en la periferia del núcleo. Cuando el número total de protones es igual al de electrones, el cuerpo se considera eléctricamente

neutro. La descarga estática de un cuerpo (como un tanque de almacenamiento) se refiere a un exceso de carga, ya sea positiva o negativa. Cabe señalar que este exceso de carga puede transferirse a otro cuerpo, pero no puede crearse ni destruirse.

Los tanques de almacenamiento de gas licuado de petróleo están expuestos al riesgo de ignición por descargas eléctricas estáticas. Una chispa generada por una descarga electrostática puede inflamar una mezcla de gas con aire cuando esta se encuentra dentro de los límites de inflamabilidad.

Una de las estrategias para mitigar los riesgos asociados a la electricidad estática es reducir la acumulación de carga en los cuerpos antes de que alcance un nivel suficiente para generar una chispa con la energía necesaria para inflamar mezclas. Para ello, los tanques de almacenamiento deben estar conectados a tierra mediante materiales de alta conductividad eléctrica.

6.7 REDES DE DISTRIBUCIÓN

En la selección de materiales para los distintos tipos de redes de gas licuado de petróleo, se aplica un criterio de utilización basado en diversos factores. Entre ellos se consideran las características geográficas del terreno, la presión de funcionamiento del sistema, el cumplimiento de la normativa vigente, los costos asociados a la instalación y los materiales empleados, así como el plan de mantenimiento establecido.

6.7.1 TUBERIAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE)

Las primeras tuberías utilizadas para la distribución de gas fueron fabricadas en fierro fundido y asbesto cemento. Sin embargo, los problemas de corrosión asociados a estos materiales generaron elevados costos de reemplazo. Ante esta situación, las compañías de gas comenzaron a investigar y desarrollar nuevas aplicaciones con materiales plásticos.

En la década de 1960, se introdujo el PVC para líneas de servicio. Este material presentaba ventajas como su resistencia a la corrosión y su bajo costo. No obstante, presentaba desventajas en términos de resistencia al impacto y vulnerabilidad química frente a hidrocarburos aromáticos.

Gracias al desarrollo de técnicas de procesamiento avanzadas y la optimización de los equipos de producción, se han logrado materiales cada vez más adecuados para aplicaciones específicas. El polietileno (PE) se ha convertido en la opción preferida para la industria del gas, debido a sus propiedades de flexibilidad, resistencia a la ruptura y protección contra la corrosión, ofreciendo productos de alta calidad y rendimiento.

6.7.1.1 SEGURIDAD

La seguridad es un aspecto fundamental al seleccionar materiales para sistemas de tuberías de gas. Lo más importante es evitar fugas, garantizando sistemas confiables. Por esta razón, es esencial que los métodos de acople aseguren uniones seguras.

La flexibilidad del PE permite que las tuberías se enrollen en grandes carretes y se suministren en extensas longitudes, lo que minimiza la cantidad de uniones y facilita su adaptación al entorno sin riesgo de fracturas. Además, el PE ofrece excelente resistencia a largo plazo y una alta protección contra la corrosión.

La clasificación del polietileno (PE), como PE 80, está relacionada con su nivel de resistencia mínima requerida (MRS, Minimum Required Strength), que debe considerarse en el diseño de tuberías destinadas al transporte de gas a 20°C, garantizando un tiempo de servicio mínimo de 50 años.

6.7.1.2 VENTAJAS

Sus principales ventajas vienen dadas por:

- Alta resistencia a la corrosión.
- Ligero y fácil de transportar.
- De manejo e instalación sencilla.
- Dúctil y resistente al impacto, incluso a bajas temperaturas.
- Posee una larga vida útil.
- Las uniones son seguras y fáciles de realizar.
- Flexibilidad que permite enrollar las tuberías y producirlas en extensas longitudes, reduciendo la cantidad de uniones.



Figura 19: Tuberías de PE y Uniones

6.7.2 TUBERIAS DE NYLON

Las tuberías de poliamida deben ser fabricadas a partir de compuestos de PA (PA 11 o PA 12) que cumplan con los estándares establecidos en la Norma Nch2540. Es posible utilizar PA recuperado proveniente de la propia producción de tubos del fabricante, siempre y cuando este material no haya sido previamente empleado como tuberías ni haya estado expuesto a la intemperie. Asimismo, la proporción utilizada deberá garantizar que el tubo producido cumpla con todos los requisitos especificados en la normativa.

6.7.2.1 TUBERIAS DE COBRE

En las instalaciones de redes de distribución de condominios, edificios, industrias y redes interiores, el material más utilizado es el cobre debido a sus destacadas características, como su resistencia a la corrosión, facilidad de reparación e intervención. Estas tuberías se proyectan en una variedad de diámetros, desde 3/8" hasta 3", y utilizan piezas de acople (fittings) fabricadas en cobre y bronce.

Las tuberías de cobre cuentan con certificación aprobada por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), y su designación se realiza de acuerdo con su espesor, clasificado en las siguientes categorías:

- **Tipo K:** Estas tuberías poseen el mayor espesor y son utilizadas para sistemas de alta presión, superiores a 30 psi. Presentan espesores que van desde 1.24 mm en diámetros de 3/8", soportando una presión máxima de 89 [kg/cm²], hasta 2.77 mm de espesor en diámetros de 3", con una capacidad de soportar una presión máxima de 30 [kg/cm²].

- **Tipo L:** Estas tuberías poseen menor espesor y se emplean en sistemas de media y baja presión. Sus espesores van desde 0.89 mm en diámetros de 3/8", soportando una presión máxima de 63 [kg/cm²], hasta 2.29 mm de espesor en diámetros de 3", con capacidad para soportar una presión máxima de 25 [kg/cm²].

En el mercado, estas tuberías están disponibles en tiras rectas de 6 metros de longitud y en rollos recocidos de 18 metros de longitud.

La unión de las piezas se realiza mediante el proceso de soldadura oxigas, que incluye la aplicación de soldadura con un contenido de 15% de plata recubierta de cobre fosfórico. Además, se emplean fundentes especiales para garantizar la soldadura y la correcta unión de los materiales.

Las razones por las cuales se emplea el tubo de cobre están relacionadas con las propiedades sobresalientes que este material presenta. Entre sus principales propiedades se encuentran:

- Gran maleabilidad, que facilita su manipulación y trabajo.
- Alta resistencia a la corrosión, asegurando una mayor durabilidad.
- Baja pérdida de carga, gracias a la superficie lisa de sus paredes internas
- Resistencia considerable a presiones interiores, siendo ideal para sistemas exigentes.



Figura 20: Tuberías de cobre

6.7.2.2 VENTAJAS

Poseer las características del tubo de cobre representa una ventajosa superioridad en comparación con otros materiales. Entre sus principales ventajas destacan:

- **Facilidad y rapidez de preparación y colocación:** Esto es posible gracias a la maleabilidad del metal.

- **Ejecución eficiente de uniones:** Las conexiones se realizan en tiempo mínimo mediante fittings soldados por capilaridad
- **Excelente comportamiento frente a materiales de construcción y fluidos:** El tubo de cobre mantiene su integridad frente a la mayoría de los materiales y líquidos que transporta.
- **Uso de tubos de pared delgada:** Este diseño aprovecha la alta resistencia del cobre a presiones internas.

Los tubos de cobre son resistentes incluso a las mayores presiones de distribución, y soportan los efectos de la congelación en las conducciones de agua, incluso en regiones con climas de invierno rigurosos.

6.7.3 TUBERIAS DE ACERO

Este tipo de tuberías se utiliza para transportar fluidos de propano y butano, tanto en estado líquido como en vapor, con presiones de trabajo de hasta 250 psi, desde centrales de estanques de GLP. Estas tuberías están fabricadas en acero al carbono y se emplean principalmente en el ámbito industrial, en cumplimiento de políticas de seguridad, debido a su alta resistencia a impactos, cortaduras y temperaturas extremas.

- **Schedule 40:** Diseñadas para presiones de trabajo de hasta 250 psi, estas tuberías no deben presentar costura a lo largo de su longitud. Pueden utilizarse con piezas soldadas, mediante fittings de tope o con encaje tipo socket. En caso de realizar una transición a piezas de cobre, deben instalarse acoples con rosca para la conexión de piezas de bronce, empleando sellantes especiales y certificados. Las soldaduras aplicadas se realizan mediante procesos de arco manual o MIG.
- **Schedule 80:** Estas tuberías poseen un espesor mayor que las de la categoría Schedule 40 y están diseñadas también para presiones de trabajo de hasta 250 psi. No deben presentar costuras y están autorizadas para realizar aplicaciones directas de roscado en alguno de sus extremos, debido a su gran espesor.

En cuanto a la instalación, estas tuberías pueden colocarse tanto a la vista como enterradas, siempre que se cumplan las especificaciones técnicas del fabricante y la normativa vigente, como lo estipulado en el D.S. 66. Estas tuberías son utilizadas en redes de procesos de

vaporización forzada de GLP y en diversas aplicaciones industriales, tales como fundiciones, textiles y minería.

6.8 CLASIFICACION DE REDES

Las redes de distribución deben clasificarse según su presión de trabajo e identificación del servicio de suministro que poseen. Su mantenimiento y supervisión son responsabilidad de los departamentos de mantenimiento de las compañías suministradoras o de las plantas industriales que las emplean en sus procesos internos.

El propietario, arrendatario, concesionario o usuario, junto con el personal de la instalación, deberá procurar minimizar, controlar y/o eliminar los riesgos derivados de la operación, protegiendo tanto a los trabajadores de la instalación como a las personas y propiedades vecinas, de acuerdo con la reglamentación exigida por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).

Las redes de distribución se clasifican en alta, media y baja presión, y abastecen centrales de GLP destinadas a industrias, comercios y residencias. Las presiones de trabajo de estas redes son las siguientes:

- **Redes GLP de Alta Presión:** Son aquellas que operan con presiones de trabajo superiores a **30 psi y hasta 250 psi**. El GLP puede encontrarse en estado líquido o gaseoso.
- **Redes GLP de Media Presión:** Funcionan con presiones de trabajo superiores a **0.8 psi y hasta 30 psi**, exclusivamente en estado gaseoso. Este tipo de redes es el más utilizado en la distribución de GLP, ya que permite transportar el gas a una presión elevada, reduciendo el diámetro de las tuberías y minimizando la pérdida de carga en tramos de gran longitud. En la mayoría de los proyectos de instalación de redes, se adopta esta modalidad para facilitar la expansión de la potencia instalada sin necesidad de aumentar los diámetros de las tuberías.
- **Redes GLP de Baja Presión:** Funcionan con una presión nominal de 2.7 kPa y una presión máxima de 3.3 kPa, estableciendo como pérdida de carga admisible 150 Pa. Este tipo de red se caracteriza por poseer diámetros mayores que las redes de media

presión, y la gran mayoría de los artefactos a GLP operan con una presión nominal de 2.7 kPa.

6.8.1 REGULADORES DE PRESIÓN

Los reguladores de presión son dispositivos diseñados para reducir la presión de alimentación y mantener la presión de salida constante en un valor nominal predeterminado, dentro de límites especificados.

De acuerdo con su posición en la instalación, los reguladores se clasifican en tres tipos:

- **REGULADORES DE PRIMERA ETAPA:** Instalados directamente en la salida del estanque, estos reguladores reducen la alta presión de salida del estanque a un valor constante dentro del rango de 5 a 30 [psi] (media presión), dependiendo del tipo de instalación. Se caracterizan mayormente por su color rojo.
- **REGULADORES DE SEGUNDA ETAPA:** Diseñados para reducir la presión de la red de GLP de media presión a baja presión. Por lo general, estos reguladores son de color verde.
- **REGULADORES DE ETAPA UNICA (DOBLE ETAPA):** Reguladores compactos, diseñados especialmente para reducir directamente la presión del estanque. Por lo general, son de color plomo, aunque este puede variar dependiendo de la marca.

6.8.2 MEDIDORES

Se denomina medidor al instrumento colocado en el empalme, cuya función es registrar el consumo de gas en unidades de $[m^3]$, u otras magnitudes que configuren el suministro.

6.8.3 SEÑALETICAS

Debido a la naturaleza del fluido transportado, los factores de riesgo están siempre presentes en este tipo de instalaciones. No obstante, siguiendo las disposiciones establecidas en la normativa vigente, estos riesgos pueden minimizarse, controlarse y/o eliminarse para proteger tanto a las personas como a las infraestructuras involucradas.

Para reforzar la seguridad, se emplean señaléticas de identificación que advierten sobre la presencia de una red de gas, tales como:

- Letreros en centrales
- Cintas de excavación
- Placas de piso subterráneas
- Adhesivos en tuberías

Estas medidas contribuyen a prevenir accidentes y garantizar la seguridad en la operación de las redes de distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP).



Figura 21: Rotulación típica en instalaciones de GLP



Figura 22: Cinta "PELIGRO GAS"

6.9 PROCEDIMIENTO DE INSTALACION

Para realizar el tendido de tuberías, es necesario seguir de manera ordenada los pasos de montaje y conexiones, que incluyen:

- Equipos de conexión en buen estado.
- Herramientas en buen estado.
- Método de soldadura adecuado.
- Certificación de piezas.
- Certificación de tuberías.
- Calificación del soldador.

Las uniones de tuberías deben ser ejecutadas exclusivamente por personal calificado, bajo la supervisión de un instalador de gas autorizado por la SEC, acorde a la categoría correspondiente y las presiones de trabajo de la red, especificadas en aspectos normativos de la SEC.

6.9.1 MONTAJE DE TUBERIAS DE POLIETILENO

Este tipo de tubería se utiliza únicamente en trazados subterráneos, ya que no puede estar expuesto a condiciones climáticas exteriores. Los factores como la temperatura pueden provocar deformaciones, fisuras y agrietamientos en el material, afectando sus propiedades originales.

Al instalarse, se debe adherir un conductor de cobre a la superficie de la tubería, el cual permitirá su identificación mediante detectores de fibra de ultrasonido una vez enterrada.

Durante la excavación:

- La tubería debe ser desplazada sobre carros de rodillos para evitar roces con el terreno intervenido.
- Se debe depositar sobre una capa de arena fina de 15 cm de espesor
- Rellenar la excavación hasta 30 cm con protección adicional, incluyendo una cinta plástica amarilla con la inscripción “TUBERÍA DE GAS”.

El tramo final de los 30 cm debe protegerse con hormigón de 7 cm de espesor y relleno seleccionado de tierra.

6.9.2 MONTAJE DE TUBERIAS DE NYLON

La tubería de nylon utiliza los mismos procedimientos de instalación que las tuberías de polietileno, pero posee mayor flexibilidad debido a su menor espesor. Esta característica permite que se inserte en redes no operativas de mayor diámetro, como antiguas redes de fierro fundido o acero, en procesos de rehabilitación.

Las conexiones se realizan mediante un aditivo especial que genera la fusión entre el material del fitting y la tubería.

Sin embargo, Su menor espesor exige mayores medidas de seguridad para protegerla de roces que puedan causar cortaduras.

6.9.3 MONTAJE DE TUBERIAS DE COBRE

Las redes interiores de gas están constituidas mayoritariamente por tuberías de cobre, gracias a sus ventajas:

- Resistencia a la corrosión.
- Fácil instalación y mantenimiento.
- Larga vida útil.
- Ligereza.

Se utilizan en diversas configuraciones

- Aéreas a la vista.
- Subterráneos.
- Embutidos entre muros.

Las tuberías aéreas deben estar identificadas con color amarillo en su totalidad. Las piezas de conexión pueden ser de cobre o bronce. Se aplican uniones mediante soldadura oxigas con un contenido de 15% de plata.

Además, las conexiones con materiales ferrosos requieren un aislante plástico para evitar la formación de arco galvánico entre los metales.

Después del tendido de la red:

- Realizar un barrido interior con aire comprimido para eliminar impurezas
- Ejecutar una prueba de hermeticidad con una presión tres veces mayor a la presión operativa (por ejemplo, si la presión operativa es de 1 bar, la prueba debe realizarse a 3 bar).

6.9.4 MONTAJE DE TUBERIAS DE ACERO

Estas tuberías están diseñadas para presiones más elevadas y mayores caudales, empleándose para transportar GLP en estado líquido y gaseoso.

- El tendido puede ser a la vista o subterráneo, siguiendo los procedimientos establecidos.
- Como material ferroso, las tuberías deben protegerse con pintura anticorrosiva y esmaltado de terminación.
- En instalaciones subterráneas, se aplican membranas asfálticas adicionales.
- No se permiten flexiones sin piezas especializadas para desviaciones
- Evitar soldaduras directas a soportes de la red.
- Los diámetros utilizados en gasoductos pueden llegar hasta 300 cm.

Para el montaje, Las tuberías y piezas deben montarse sobre rodillos para facilitar la rotación durante la soldadura. Las soldaduras de posición se ejecutan en curvas y codos mediante procesos de arco manual o MIG.

6.9.5 PRUEBAS DE HERMETICIDAD (REDES GAS LICUADO)

Todas las redes de gas se clasifican en tres categorías según su presión de funcionamiento:

- **Redes de alta presión:** Presión de trabajo superior a 45 [psi]
- **Redes de media presión:** Presión de trabajo superior a 0.8 [psi] y hasta 45 [psi] (5 [kPa] – 300 [kPa]).
- **Redes de baja presión:** Presión de trabajo de hasta 5 [kPa]

Al instalar redes de gas, es obligatorio someterlas a pruebas de hermeticidad con el fin de verificar la ausencia de fugas y la resistencia de las soldaduras. Omitir esta operación implica incumplimiento de la normativa vigente establecida en el D.S. 66 (Reglamento de Instalaciones de Gas).

Para realizar estas pruebas, se utilizan los siguientes dispositivos:

- **Bombín:** Dispositivo manual de generación de aire comprimido.
- **Compresor:** Equipo eléctrico de generación de aire comprimido.

La prueba de hermeticidad es un procedimiento reglamentario exigido por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).

Esta prueba de hermeticidad se ejecuta en los siguientes casos:

- **Instalaciones de gas licuado con cilindros de 45 kg:** La prueba se realiza en la "T" de prueba ubicada en el bastón del equipo.
- **Instalaciones de gas licuado en media presión:** La prueba se ejecuta desde la "T" de prueba en la salida de la cañería de alimentación del estanque, entre el futuro regulador de primera y segunda etapa.
- **Instalaciones de gas de ciudad:** La verificación se lleva a cabo en la entrada de la instalación, después del medidor de gas.

Para efectuar la prueba de hermeticidad, se emplea una bomba de aire manual, similar a la utilizada para inflar neumáticos, junto con un manómetro.

El manómetro debe estar calibrado en divisiones no mayores a:

- $1/100 [kgf/cm^2]$ o $1/10 [psi]$, con graduación de 0 a 1 $[kgf/cm^2]$ o 0 a 15 $[psi]$

Procedimiento de la Prueba de Hermeticidad en Instalaciones de Baja Presión:

- 1) Obturación correcta de los puntos de alimentación de los artefactos.
- 2) En la cañería sin llave de paso y sin artefactos:
 - Aplicar una presión igual o superior a 70 $[kPa]$ (equivalente a 10 $[psi]$).
 - No debe superar los 100 $[kPa]$ (15 $[psi]$).
 - La presión debe mantenerse estable durante 5 minutos en el rango de 10 a 15 $[psi]$
- 3) En la instalación terminada, con los artefactos conectados y las llaves de paso cerradas:
 - Aplicar una presión igual o superior a 15 $[kPa]$, pero inferior a 10 $[kPa]$.

- La presión elegida debe mantenerse por 10 minutos, en un rango de 2,1 a 2,8 [psi]

Las uniones de los artefactos deben estar debidamente conectadas sin el regulador instalado, asegurando que este punto esté correctamente obturado.

Las fugas de aire en las conexiones pueden identificarse mediante una solución jabonosa, aplicada con una brocha sobre las conexiones. Si existen fugas, se observarán burbujas en la superficie.

En caso de detectar una fuga, se debe proceder a la reparación y repetir la prueba de presión hasta verificar que la presión no decaiga en un intervalo de 10 minutos.

6.10 SIMBOLOGIA

Se deberán emplear los símbolos establecidos en los siguientes cuadros. Símbolos Convencionales, los que se deberán dibujar en color negro.

DENOMINACIÓN	SIMBOLO
A la vista	—————
Por entretecho	- - - - -
Embutida en losas	- . . - . . - . .
Embutida en muro	- . - . - . - . - .
Por tubos	— . . . — . . . — . . .
Protegida bajo tierra (en baja presión)	+ + + + + + + +
Protegida bajo tierra (en media presión)	- - - - -
"n" tuberías que se conducen por un mismo lugar	—————"n"—————
Baja, se deberá indicar el diámetro nominal	○ ^{3/4} ↓
Sube, se deberá indicar el diámetro nominal	↑ ○ ^{1/2}

Tabla 16: Símbolos convencionales D.S.66

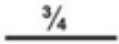
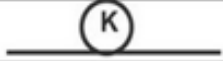
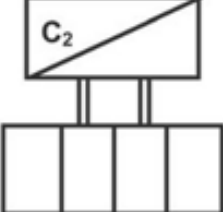
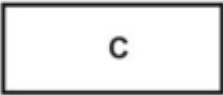
DENOMINACIÓN	SIMBOLO
Con reducción	
Con Tapón	
La dimensión nominal de la tubería se colocará siempre sobre el eje, ejemplo:	
Anafe	
Baño María	
Caldera	
Estufa ambiental tipo A	
Estufa ambiental tipo B	
Estufa ambiental tipo C ₁	
Estufa ambiental C ₂	
Calefón tipo B	

Tabla 17: símbolos convenciones (cont.) D.S.66

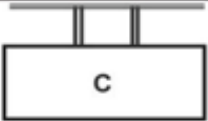
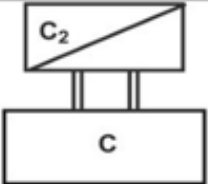
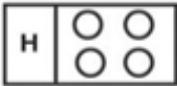
DENOMINACIÓN	SÍMBOLO
Calefón tipo C ₁	
Calefón tipo C ₂	
Calefón tipo B forzado	
Calefón tipo C forzado	
Cocina doméstica	
Cocina Industrial	
Criadora de pollos	
Evaporador	

Tabla 18: Símbolos convencionales (cont.) D.S.66

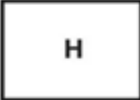
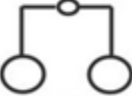
DENOMINACIÓN	SÍMBOLO
Freidora	
Horno	
Lámpara	
Lonchera	
Marmita	
Mechero	
Quemador Industrial	
Soplete	
Termo	
Conducto colectivo	
Equipo de cilindros	
Camión granelero de GLP	
Medidor	

Tabla 19: Símbolos convencionales (cont.) D.S.66

DENOMINACIÓN	SIMBOLO
Regulador de presión de simple etapa	
Regulador de presión de primera etapa	
Regulador de presión de segunda etapa	
Sifón con su diámetro normal	
Tanque subterráneo	
Tanque de superficie	
Válvula (Llave)	

Tabla 20: Símbolos convencionales (cont.) D.S.66

6.11 DIMENSIONAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE GLP

En el decreto 66 del SEC, en la sección titulada “*EQUIPOS DE GAS ENVASADO*” se expone lo siguiente. En el párrafo I, se encarga de las generalidades para el cálculo de capacidad de cilindros portátiles del GLP. Se deberán considerar las siguientes características:

- Tipo de instalación o consumidor (domestico o comercial)
- Consumo promedio diario
- Clase y cantidad de artefactos conectados a la instalación
- Razón de vaporización (uso de tablas empíricas)

Para realizar una clasificación del nivel de consumo de GLP de los consumidores de una instalación, según la superficie construida de la vivienda se establece en la siguiente tabla:

SUPERFICIE CONSTRUIDA	NIVEL DE CONSUMO
Bajo 50 [m ²]	Bajo
Desde 50 [m ²] a 75 [m ²]	Medio
Sobre 75 [m ²]	Alto

Tabla 21: Clasificación de los consumidores según la Superficie Construida de la Vivienda (Gobierno de Chile, 2007)

El consumo promedio diario doméstico, expresado en (Mcal/día), según la clase y cantidad de los artefactos, nivel de consumo y temperatura de cálculo (°C) del ambiente se entrega en la siguiente tabla. La cual define el Consumo diario en (Mcal/día) según clase de artefactos.

Artefacto	Nivel	10	5	0	-5	-10	-15	-20
Estufa	Bajo	1,5	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0
	Medio	3,0	9,0	18,0	27,0	36,0	45,0	54,0
	Alto	3,0	12,0	24,0	36,0	48,0	60,0	72,0
Calefón	Bajo	2,0	3,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	Medio	6,0	9,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
	Alto	6,0	12,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
Cocina	Bajo	3,0	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	Medio	4,0	5,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
	Alto	6,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Calefón y Cocina	Bajo	5,0	7,0	7,0	7,0	7,0	9,0	9,0
	Medio	10,0	14,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
	Alto	12,0	22,1	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0
Estufa, Calefón y Cocina	Bajo	6,5	10,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0
	Medio	13,0	23,0	36,0	45,0	54,0	63,0	72,0
	Alto	15,0	31,0	50,0	62,0	74,0	86,0	98,0
2 Calefón y una Cocina	Medio	13,0	18,5	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Alto	15,0	25,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
Estufa, 2 Calefón y Cocina	Medio	16,0	27,5	42,0	51,0	60,0	69,0	78,0
	Alto	18,0	37,0	59,0	81,8	83,0	95,0	107,0
2 Estufa, Calefón y Cocina	Medio	14,5	27,5	45,0	58,5	72,0	85,5	93,0
	Alto	16,5	37,0	62,0	80,0	98,0	116,0	134,0
2 Estufa, 2 Calefón y Cocina	Medio	17,5	32,0	51,0	64,5	78,0	91,5	99,0
	Alto	19,5	43,0	71,0	89,0	107,0	125,0	143,0

Tabla 22: Consumo diario (kWh/día) según clase de artefactos. Nivel de consumo y temperatura de cálculo
(Gobierno de Chile, 2007)

Para los efectos de la determinación del consumo diario y de la razón de vaporización, la temperatura de cálculo de las principales comunas y localidades del país ordenadas alfabéticamente:

TEMPERATURA DE CALCULO							
Ancud	-5	Chañaral	10	El Teniente	-15	Maipo	5
Antofagasta	10	Chillan	0	Estacion Central	5	Malloco	5
Arauco	0	El Bosque	5	Farellones	-20	Maria Pinto	5
Arica	10	El Monte	5	Huara	10	Maria Elena	10
Aisen	-5	Melipilla	5	Huasco	10	Refresco	10
Balmaceda	-20	Nuñoa	5	Huechuraba	5	Renca	5
Baquedano	10	Ovalle	5	Illapel	5	San Antonio	5
Batuco	5	Paine	5	Independencia	5	San Bernardo	5
Buin	5	Pedro Aguirre Cerda	5	Iquique	10	San Felipe	5
Calama	-5	Peñaflor	5	Isla Juan Fernandez	10	San Joaquin	5
Caldera	10	Peñalolen	0	Isla de Maipo	5	San Jose de Maipo	5
Calera de Tango	5	Pichilemu	5	Isla de Pascua	10	San Miguel	5
Castro	-5	Pirque	0	La Cisterna	5	San Pedro (Stgo)	5
Catalina	10	Pisagua	10	La Florida	5	San Ramon	5
Cauquenes	0	Potrerrillos	-15	La Granja	5	Santiago	5
Cerrillos	5	Pozo Almonte	10	La Pintana	5	Talca	0
Cerro Navia	5	Providencia	5	La Reina	0	Taltal	10
Colina	5	Pudahuel	5	La Serena	5	Tocopilla	10
Combarbala	5	Pueblo Hundido	5	Lampa	5	Tome	0
Concepcion	0	Puente Alto	0	Las Condes	0	Talcahuano	0
Conchali	5	Puerto Montt	0	Lebu	0	Talagante	5
Constitucion	5	Puerto Natales	-5	Linares	0	Til Til	5
Copiapo	5	Punta Arenas	-5	Lo Barnechea	0	Valdivia	0
Coquimbo	5	Quilicura	5	Lo Espejo	5	Valparaiso	5
Coronel	0	Quillagua	10	Lo Prado	5	Vallenar	5
Coihaique	-5	Quinta Normal	5	Lonquimay	-15	Vicuña	5
Curacavi	5	Quintero	0	Los Andes	0	Viña del Mar	5
Curico	0	Rancagua	0	Los Vilos	5	Vitacura	0
Chanco	5	Recoleta	5	Macul	0		

Tabla 23: Temperaturas de cálculo – Principales Comunas de Chile (Fuentes Rojas, Celis R. & Osorio S., 2001).

En esta tabla se toma como base las zonas climáticas del país establecidas en el manual de instalaciones de Pro-Cobre y las temperaturas mínimas del mes más frío del año que se tiene registro, más 5 (°C).

El DS66, determina los siguiente:

- La capacidad del estanque se calcula de acuerdo con la razón de vaporización, siempre que el periodo **no sea inferior a 8 días**.
- El cálculo de la capacidad de los estanques se hará según razón de vaporización y según consumo

Según VAPORIZACIÓN:

- Potencia instalada por instalación. Corresponde a la suma de las potencias nominales de los artefactos instalados en ella.

- Potencia instalada total. Corresponde a la potencia instalada anterior multiplicada por el número de instalación interiores
- En general, los estanques dan suministro a varias instalaciones interiores. En el caso particular de dar suministro a una sola instalación interior **su factor de simultaneidad (f_s) será 1**

Para calcular la capacidad del estanque se deberá aplicar la siguiente formula:

$$N = \frac{P_{it} \cdot f_s}{R_v}$$

Donde:

- N : Cantidad de estanques
- P_{it} : Potencia instalada total expresada en $[Mcal/h]$
- f_s : Factor de simultaneidad
- R_v : Razón de vaporización, dado por tablas para el tipo y capacidad del estanque, de acuerdo con su temperatura de cálculo y según tipo de consumo (Intermitente o Continuo)

Según CONSUMO, se tienen las siguientes consideraciones:

- El consumo diario (c_d) de acuerdo con el nivel de ingresos del usuario, clase de artefactos instalados y temperatura de cálculo, se tienen en la Tabla 15
- La capacidad del o los estanques deben asegurar un periodo de consumo de **a lo menos 8 días**. Para su cálculo se aplica la siguiente formula:

$$d = \frac{V \cdot PC}{c_d \cdot n \cdot 1,25}$$

Donde:

- d : Periodo de consumo, en $[dias]$. No inferior a 8 días.
- V : Volumen en $[m^3]$ de el o los estanques calculados de acuerdo con lo señalado según razón de vaporización.
- PC : Poder calorífico del propano liquido ($6117 [Mcal/m^3]$)

- c_d : Consumo por día en $[Mcal/dia]$
- n : Cantidad de instalaciones interiores.
- 1,25: Factor de corrección por llenado de estanques al 80% de su capacidad en agua.

Se debe utilizar el valor calculado por la razón vaporización siempre que el periodo de consumo no sea menor a 8 días. En caso contrario, corregir composición de la central y repetir cálculos.

Para realizar los cálculos, se utilizan las *tablas 21, 22, 23, 24 y 25*. Las cuales son descritas en el D.S. 66 de diario oficial de Chile.

T° de Calculo	Estanques de superficie			Estanques Subterrneos		
	1 [m³]	2 [m³]	4 [m³]	1 [m³]	2 [m³]	4 [m³]
15	100	150	290			
10	90	120	260	55	80	150
5	80	110	220			
0	70	100	190			
-5	60	80	160			
-10	40	60	130			
-15	30	50	90			
-20	20	30	60			
Nota: Los estanques subterrneos se calculan para un T° constante de 10 °C						

Tabla 24: Razón de Vaporización en Mcal/h consumo continuo en estanques. (Gobierno de Chile, 2007)

T° de Calculo	Estanques de superficie			Estanques Subterrneos		
	1 [m³]	2 [m³]	4 [m³]	1 [m³]	2 [m³]	4 [m³]
15	180	280	530			
10	170	250	470	100	140	270
5	140	210	400			
0	120	180	350			
-5	100	150	240			
-10	80	120	230			
-15	60	90	170			
-20	40	60	110			
Nota: Los estanques subterrneos se calculan para un T° constante de 10 °C						

Tabla 25: Razón de Vaporización en Mcal/h consumo intermitente en estanques. (Gobierno de Chile, 2007)

6.12 SELECCIÓN DE DIAMETRO DE TUBERIAS

Para fines del cálculo el dimensionamiento de las tuberías de Gas Licuado Petróleo (GLP) en **media presión**, se consideran las siguientes propiedades físicas del GLP en fase gaseosa a 288,15° [K] (15 [°C]) y 101,3 kPa (760 mm Hg), como sigue:

- **Poder Calorífico Superior** : 93,8 [MJ/m³] (22,4 [MJ/m³])
- **Densidad** : 2,0 [kg/m³]
- **Densidad Relativa** : 1,5
- **Viscosidad Absoluta** : 0,0075 [cP]

Según lo indicado en el **Artículo 69° D.S.66**, para calcular los diámetros de los tramos se emplea la potencia instalada parcial (Pip), multiplicada por el factor de simultaneidad (fs) correspondiente, el cual se calcula según:

De acuerdo con el tipo de artefacto:

Para una **Cocina, Calefón más cocina u otros artefactos**, se aplica la siguiente formula:

$$fs = \frac{a \cdot (Pit)^b + c}{Pit}$$

Donde:

- fs : Factor de Simultaneidad
- Pit : Potencia Instalada Total
- a, b y c : Parámetros dependientes de los artefactos conectados, con los valores **1,05 - 0,76 - 0,58** si se aplica a una **Cocina**; **1,01 - 0,75 - 23,0** si es un **Calefón más Cocina**; **0,95 - 0,85 - 33,0** si es a **otros artefactos**, respectivamente. En el caso de otros artefactos supone en la instalación calderas, termo-calderas, más de un Calefón, estufas, etc.

Para **Calefón, Cocina y Estufa** se aplicará la formula particular

$$f's = \frac{fs \cdot (Ca + Co) + 0,12}{1,12}$$

Para el caso especial de conjuntos habitacionales en que sus ocupantes tienen todos el mismo horario de trabajo, se aplicará la fórmula particular.

$$fse = 0,5 (fs + 1)$$

Es importante destacar que la siguiente tabla (*Tabla 26*) se dan los valores ya calculados al aplicar las fórmulas prescritas anteriormente, para cantidades de hasta **200 instalaciones interiores**, considerando las siguientes potencias en los artefactos:

- **Cocina** : 8 [Mcal/h]
- **Calefón** : 8 [Mcal/h], 10 [L/min]
- **Estufa** : 3 [Mcal/h]
- **Otros artefactos** : 38 [Mcal/h]

Cantidad de instalaciones interiores	Factores de Simultaneidad para			
	Co	Ca - Co	Ca - Co - C	Otros
1	1	1	1	1
2	0,9	0,82	0,84	0,93
3	0,73	0,63	0,67	0,76
4	0,64	0,54	0,59	0,66
5	0,58	0,48	0,54	0,61
6	0,54	0,43	0,49	0,57
7	0,5	0,4	0,46	0,54
8	0,48	0,38	0,45	0,51
9	0,46	0,36	0,43	0,49
10	0,44	0,34	0,41	0,48
11 - 15	0,4	0,31	0,38	0,44
16 - 20	0,36	0,27	0,35	0,4
21 - 30	0,32	0,24	0,32	0,38
31 - 44	0,28	0,21	0,29	0,35
45 - 58	0,26	0,19	0,28	0,32
59 - 72	0,24	0,18	0,27	0,31
73 - 86	0,23	0,17	0,26	0,3
87 - 100	0,22	0,16	0,25	0,29
101 - 133	0,2	0,15	0,24	0,28
134 - 166	0,19	0,14	0,23	0,27
167 - 200	0,18	0,13	0,22	0,26

Tabla 26: Factores de Simultaneidad (Gobierno de Chile, 2007)

Para determinar el diámetro de la tubería se adoptará el diámetro normalizado, según la norma **NCh 951**, igual o inmediatamente superior al resultante del cálculo.

El procedimiento para dimensionar la tubería es el siguiente:

$$P = 12,2 \cdot (HD^5/L)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

- P : Potencia de cálculo [*kW*]
- H : Diferencia de los cuadrados de las presiones absolutas iniciales y finales [*(kPa)*²]
- D : Diámetro interno de la tubería, en [*cm*]
- L : Longitud de la tubería, [*m*]

La fórmula es válida para los consumos medios de los usuarios de GLP y los trazados típicos de las redes de distribución de GL en media presión, con el diámetro de tubería comprendido entre las designaciones 3/8 y 4.

El cálculo para dimensionar tuberías de todas las instalaciones interiores de gas en baja presión, de uso doméstico, comercial e industrial, para los distintos gases de combustible de servicio público, se deben considerar las siguientes propiedades físicas y condiciones de referencia respectivas.

Tipo de Gas	Región	Propiedades físicas			Condiciones de referencia
		Densidad Relativa	Poder Calorífico Superior, PCS	Viscosidad (cP)	288,16 °K (15 °C)
Ciudad	Metropolitana	0,86	18,84 [MJ/m ³] (4,5 [Mcal/m ³])		95,6 [kPa] (717 [mm Hg])
	VIII ^a	0,93	21,78 [MJ/m ³] (5,2 [Mcal/m ³])		101,3 [kPa] (760 [mm Hg])
Licuado Catalítico	I ^a - XII ^a	1,6	95,04 [MJ/m ³] (22,7 [Mcal/m ³])	0,008	101,3 [kPa] (760 [mm Hg])
Licuado	I ^a - XII ^a	2	119,7 [MJ/m ³] (28,6 [Mcal/m ³])	0,008	101,3 [kPa] (760 [mm Hg])
Natural	V ^a y Metropolitana	0,87	37,54 [MJ/m ³] (9,0 [Mcal/m ³])	0,012	101,3 [kPa] (760 [mm Hg])
	VIII ^a	0,89	40,56 [MJ/m ³] (9,7 [Mcal/m ³])		
	XII ^a	0,88	39,73 [MJ/m ³] (9,5 [Mcal/m ³])		

Tabla 27: Propiedades físicas de los Gases y condiciones de referencia

Según el tipo de gas, en una instalación interior se aceptará la pérdida máxima de presión prescrita en la siguiente tabla, hasta cada uno de los artefactos conectados.

Tipo de Gas	Perdida máxima de Presión aceptable (Pa)	Descripción
De Ciudad	120	Entre la salida del medidor y cada uno de los artefactos
Licuado	150	Entre el regulador de 2a etapa o de simple etapa, o el medidor, y cada uno de los artefactos
Natural	120	Entre el regulador de 2a etapa o el medidor, y cada uno de los artefactos

Tabla 28: Pérdida máxima de Presión según el tipo de Gas

Para dimensionar las tuberías, el SEC adopta las siguientes formulas:

Para **BAJA PRESIÓN (Presiones inferiores a 10 [kPa]):**

$$Q = 9,65 \cdot 10^{-7,5} \cdot K \cdot [D^5 \cdot \Delta P / (d \cdot L)]^{0,5}$$

$$P = 2,68 \cdot 10^{-7,5} \cdot K \cdot [D^5 \cdot \Delta P / (d \cdot L)]^{0,5} \cdot PCS$$

Donde:

- Q : Caudal en $[m^3]$
- P : Potencia de cálculo en $[kW]$
- K : Factor de fricción, según *Tabla 27*
- D : Diámetro interior del tubo en $[mm]$
- ΔP : Perdida de presión en $[Pa]$
- d : Densidad relativa del gas, según *Tabla 25*
- L : Longitud de la tubería en $[m]$
- PCS : Poder Calorífico Superior en $[MJ/m^3]$, según *Tabla 27*

A continuación se presenta la tabla con los factores de fricción K para los distintos tipos de cañerías:

Denominación comercial	K
3/8	1800
1 ^{1/4} a 1 ^{1/2}	1980
2 a 2 ^{1/2}	2160
3	2340
4	2420

Tabla 29: Valores Factor de Fricción, K

Para verificar las cañerías, se deben calcular las perdidas dada la potencia de cálculo y seleccionado un diámetro en específico. Despejando de la fórmula de *Potencia de Calculo* se puede obtener las pérdidas de presión y verificar si estas se encuentran bajo los criterios de la *Tabla 28* según el tipo de GAS empleado.

$$\Delta P = \left[\frac{P}{8,48 \cdot 10^{-8} \cdot K \cdot PCS} \right]^2 \cdot \frac{d \cdot L}{D^5}$$

En el caso en que en algún tramo, las pérdidas superen el máximo permitido, se deben aumentar los diámetros en los tramos perjudicados.

Para **MEDIANA PRESIÓN (Presiones iguales o mayores a 10 [kPa]):**

$$Q = 0,12426 \cdot D^{2,623} \cdot \{[(p_1)^2 - (p_2)^2] \cdot Y / (C_r \cdot L)\}^{0,541}$$

$$P = 0,0345 \cdot D^{2,623} \cdot \{[(p_1)^2 - (p_2)^2] \cdot Y / (C_r \cdot L)\}^{0,541} \cdot PCS$$

$$V = 1,25 \cdot Q \cdot T / (p_2 \cdot D^2)$$

Donde:

- Q : Caudal en [m^3S/h]; en que: (m^3S) = (m^3) a 15 °C y 1,013 (bar)
- P : Potencia de cálculo en [kW]
- V : Velocidad del flujo, en [m/s]
- PCS : Poder Calorífico Superior en [MJ/m^3S], según *Tabla 25*
- p_1 : Presión absoluta inicial del tramo en calculo, en [bar]
- p_2 : Presión absoluta final del tramo en calculo, en [bar]
- D : Diametro interior del tubo en [mm]
- Y : Factor de superexpansibilidad
- C_r : Factor de viscosidad, densidad y temperatura siendo:
 - C_r : $0,00639 \cdot S \cdot T \cdot (Z/S)^{0,152}$ donde:
 - S : Densidad relativa del gas; (Aire = 1)
 - T : Temperatura absoluta del gas, en K.
 - Z : Viscosidad del gas, en (cP); para el GN = 0,012 y GLP=0,008
 - L : Longitud de la tubería, en [m]

6.13 VOLUMEN

Los recintos o locales en los cuales se instalen artefactos a gas deberán cumplir con determinados requerimientos, entre otros, de volumen y ventilación, según se establece a continuación.

El volumen de un recinto se deberá determinar a partir de sus dimensiones interiores y cuando la altura real del cielorraso sea mayor que 2,4 m, se deberá calcular su volumen en base a una altura de 2,4 m. (Gobierno de Chile, 2007).

Los recintos destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales, en los cuales se instalen artefactos tipo A, con excepción de estufas, deberán tener un volumen bruto mínimo, establecido en la *Tabla 30*.

Potencia Total (kW)	Volumen Bruto Mínimo (m ³)
$P_t \leq 16$	8
$P_t > 16$	$P_m - 8$

Tabla 30: Volumen de recintos en función de la potencia del artefacto a gas Tipo A, excepto estufas. (Gobierno de Chile, 2007).

Donde:

- P_t : Potencia Total expresada en kilowatt (kW), correspondiente a la suma de las potencias nominales de los artefactos a gas tipo A instalados en un recinto
- P_m : Valor numérico de P_t (m³) a efectos del cálculo de volumen bruto mínimo.

Los recintos en los cuales se instalen estufas tipo A deberán tener un volumen mínimo bruto al menos igual al resultado de la fórmula siguiente con un valor mínimo de 15 m³.

$$V [m^3] = \frac{P_t}{0,093}$$

6.14 VENTILACIÓN

La ventilación de un recinto deberá ser calculada para proporcionar el flujo de aire necesario para la correcta combustión de los artefactos a gas instalados en éste, además de la adecuada renovación de aire en su interior y dilución de los gases producto de la combustión de los artefactos de tiraje natural.

Para tal efecto, se deberán considerar los requerimientos de aire, según corresponda, para el funcionamiento de los ventiladores de extracción, sistemas de ventilación en cocinas, secadoras de ropa y hogares de chimeneas, para que se produzca el tiro necesario.

Además de ello, se deberá considerar el suministro de aire para fines especiales, entre otros, enfriamiento de los artefactos, equipos o materiales, control del punto de rocío, calefacción, secado, presurización de caja de escalas de escape (seguridad), control del olor, para compresores y confort de los consumidores del recinto que se trate.

Para el cálculo del área libre o útil de las aberturas de ventilación protegidas por medio de celosías, rejillas o pantallas, se deberá rebajar aquella obstruida por tales protecciones, según corresponda, verificando que el área libre o útil de la abertura de ventilación -expresada en (cm²)- sea el requerido. (Gobierno de Chile, 2007).

a) VENTILACIÓN DIRECTA

Abertura con una superficie igual o mayor a la requerida para el recinto al cual pertenece, que permite su comunicación permanente y directa con el exterior o con un patio de ventilación, para lo cual se podrán emplear conductos, individuales o colectivos, ventilación que deberá ser proporcionada por medio de algunos de los siguientes sistemas u otro de similares características, con una superficie libre total de al menos la establecida en la *Tabla 31*.

- Abertura permanente, practicada en una pared, puerta o ventana, que comunique directamente al exterior o patio de ventilación.
- Conducto individual horizontal o vertical. En los conductos verticales, el sentido de circulación del aire podrá ser ascendente o descendente, siendo este último sólo para instalaciones de gas que operen con gases menos densos que el aire; cuya circulación

de aire por tiro natural, deberá ser efectuada a través de un conducto exclusivo, de las dimensiones adecuadas y exento de obstrucciones.

- Conducto colectivo, que efectúe la ventilación del recinto por circulación ascendente del aire

Potencia Total (kW)	Superficie libre mínima de la abertura o conducto de ventilación S (cm ²)	
	Directa	Indirecta
$P_t \leq 25$	$S \geq 100$	$S \geq 125$
$P_t > 25$	$S \geq P_t \text{ (kW)} * 4$	$S \geq P_t \text{ (kW)} * 5$

Tabla 31: Superficie de las aberturas de ventilación en función de la potencia. (Gobierno de Chile, 2007)

b) VENTILACIÓN INDIRECTA

Aquella que se efectúa a través de un recinto contiguo que disponga de ventilación directa y que no corresponda a dormitorio, cuarto de baño o ducha, para lo cual deberá existir una abertura de comunicación entre ambos recintos, con una superficie libre total de al menos la establecida en la *Tabla 32* (Gobierno de Chile, 2007).

c) SISTEMAS DE VENTILACIÓN

La superficie libre de ventilación de un recinto se calcula en función de la potencia total (P_t) de los artefactos a gas tipo A y B instalados en éste.

Las dimensiones o superficie libre de las aberturas de ventilación deberán cumplir con lo establecido en la *Tabla 31*.

Todo conducto individual o colectivo de más de 3 m de longitud, deberá contar con una sección libre de ventilación de al menos el valor establecido en la *Tabla 31*, ya citada, incrementado en un 50 (%).

Las aberturas de ventilación deberán ser protegidas con rejillas de malla de trama de al menos 6 mm o celosías, manteniendo, al menos, la superficie libre establecida para cada caso.

GAS COMBUSTIBLE	ARTEFACTOS TIPO A		ARTEFACTOS TIPOS A y B	ARTEFACTOS TIPO B
	$P_1 \leq 16 \text{ kW}$	$P_1 > 16 \text{ kW}$		
Menos densos que el aire	Ventilación directa o alternativamente campana de ventilación o extractor mecánico que cumpla lo establecido en el literal e) del numeral 70.2.2 del presente reglamento. <u>Posición.</u> Su extremo inferior deberá estar a una altura de a lo menos 1,80 (m) del suelo del recinto o de hasta 40 (cm) del techo de éste.	<u>Ventilación directa.</u> Posición: dividida en dos (2) aberturas, cada una de una sección de a lo menos la mitad de la establecida en la Tabla XXI. Superficie de las aberturas de ventilación en función de la potencia. Una inferior, cuyo extremo inferior deberá estar a una altura de hasta 50 (cm) del suelo del recinto, y podrá ser de ventilación indirecta. Una superior, cuyo extremo inferior deberá estar a una altura de a lo menos 1,80 (m) del suelo del recinto o de hasta 40 (cm) del techo de éste, o alternativamente podrá ser mediante una campana o extractor mecánico que cumpla lo establecido en el literal e) del numeral 70.2.2 del presente reglamento.	<u>Ventilación directa.</u> Posición: su extremo inferior deberá estar a una altura de a lo menos 1,80 (m) del suelo del recinto, o de hasta 40 (cm) del techo de éste.	<u>Ventilación directa o indirecta</u> <u>Posición.</u> A cualquier altura.
Más densos que el aire	<u>Ventilación directa.</u> <u>Posición.</u> Dividida en dos (2) aberturas, cada una de una sección de a lo menos la mitad de la establecida en la Tabla XXI. Superficie de las aberturas de ventilación en función de la potencia. Una inferior, cuyo extremo inferior deberá estar a una altura de hasta 15 (cm) del suelo del recinto, y en caso de aberturas rectangulares, su lado mayor no deberá ser superior al doble del lado menor. Una superior, cuyo extremo inferior deberá estar a una altura de a lo menos 1,80 (m) del suelo del recinto, o de hasta 40 (cm) del techo, de éste o alternativamente puede ser mediante una campana o extractor mecánico que cumpla lo establecido en el e) del numeral 70.2.2 del presente reglamento.			<u>Ventilación directa o indirecta</u> <u>Posición.</u> Su extremo inferior deberá estar a una altura de hasta 15 (cm) con relación al suelo del recinto y en el caso de aberturas rectangulares, su lado mayor no deberá ser superior al doble del lado menor.

Tabla 32: Ventilación de Recintos donde están instalados Artefactos de Circuito Abierto. (Gobierno de Chile, 2007)

Las aberturas de ventilación podrán subdividirse en varios orificios situados en una misma pared, puerta o ventana, cuya suma de las superficies libres deberá ser, al menos, igual a la establecida para cada caso.

No se podrá hacer uso de rebaje de puerta como abertura de ventilación.

Las aberturas de ventilación de un recinto, que cuente con conducto de evacuación de gases producto de la combustión que descargue en fachada, deberán situarse en la misma pared que los orificios de salida de dicho conducto, salvo justificación fundada ante la Superintendencia.

Arriba de las aberturas de ventilación se deberá disponer una advertencia de seguridad, fácilmente visible y durable, ya sea mediante una placa metálica o de plástico rígido grabada, autoadhesivo, pintado, inscripción u otro sistema similar, el cual deberá cumplir, según corresponda, con los requisitos establecidos en el numeral 60.3 precedente, dispuesto o fijado por un Instalador de Gas de la clase correspondiente, con la siguiente leyenda inscrita (Gobierno de Chile, 2007)

“Por su protección no tapar esta ventilación” “El incumplimiento de esta disposición compromete la salud y seguridad de los consumidores.”

d) VENTILACIÓN INFERIOR

Las distancias que se indican en esta sección se deberán medir radialmente entre los dos puntos más cercanos del contorno del área libre o útil de la ventilación y el objeto en cuestión.

Se deberá ubicar a una distancia de al menos 40 cm respecto de cualquier punto del sombrerete de un conducto de evacuación de gases producto de la combustión de un artefacto tipo B de tiro forzado o C, según se muestra en la *Figura 23 (a)*

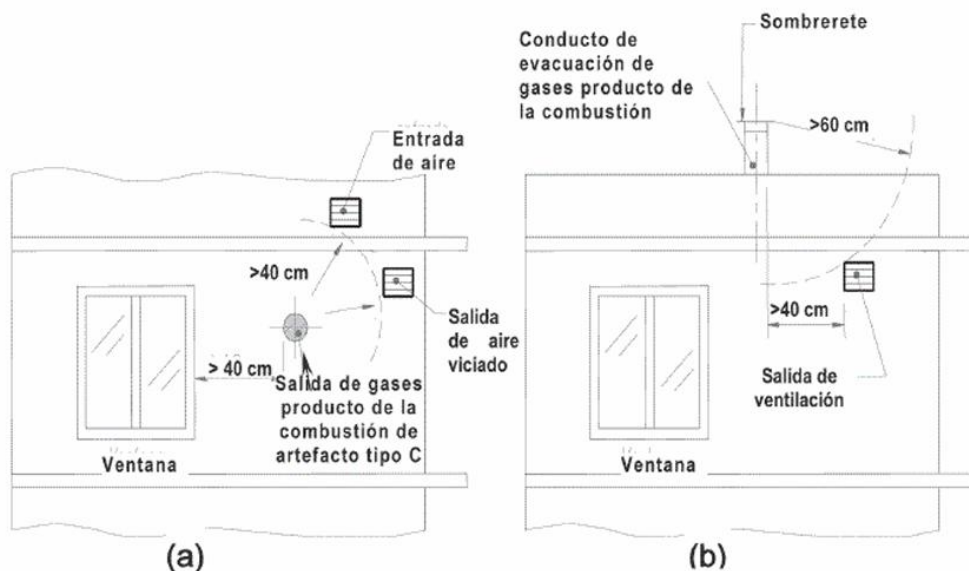


Figura 23: Distancias de las ventilaciones respecto de conductos de evacuación de gases (Gobierno de Chile, 2007)

e) VENTILACIÓN SUPERIOR

Las distancias que a continuación se indican, se deberán medir radialmente entre los dos puntos más cercanos del contorno del área libre o útil de la ventilación y el objeto en cuestión.

Se deberá ubicar a una distancia de al menos 40 cm respecto de cualquier punto del sombrerete de un conducto de evacuación de gases producto de la combustión de un artefacto tipo B de tiro forzado o C, según se muestra en la *Figura 23 (a)*.

Deberá estar a una altura inferior a la de cualquier sombrerete de un conducto de evacuación de gases producto de la combustión de un artefacto tipo B de tiro natural y al menos 60 cm

de cualquier punto de dicho sombrero y de, al menos, 40 cm del respectivo conducto, según se muestra en la Figura 23 (b).

En todos los casos en que la salida de aire viciado se efectúe al exterior o patio de ventilación, el borde de las aberturas de ventilación superior deberá estar situadas a una distancia de al menos 40 cm del borde de cualquier abertura de entrada de aire o ventilación inferior, según se muestra en la Figura 23 (a).

6.15 ACCESORIOS Y ELEMENTOS DE SEGURIDAD

Son el conjunto de dispositivos fundamentales en lo que se refiere a confiabilidad y protección en los sistemas centralizados de Gas Licuado Petróleo (GLP)

6.15.1 CONTADORES

Son aparatos encargados de registrar el consumo de gas realizado por los usuarios. Los recintos destinados a la ubicación de los contadores deberán estar adecuadamente ventilados, tendrán las dimensiones necesarias para permitir su correcto mantenimiento y estarán contruidos de forma que garanticen su protección frente a agentes exteriores como pueden ser la humedad y los golpes, así como el grado de aislamiento respecto a otros locales que sea exigido en las normas vigentes.

Para la selección de la capacidad de los contadores, así como para conocer las características de las conexiones de entrada y salida de estos, se consultará con el proveedor.

6.15.2 REGULADORES DE PRESIÓN

La diferencia entre la presión del tanque estacionario y la presión de servicio o de utilización lleva consigo la necesidad de colocar un aparato capaz de reducir la presión a los valores necesarios para el correcto uso del gas. Este aparato es el regulador y tiene como misiones específicas, reducir la presión del gas y mantener la presión entre límites convenientes para una gama de caudales definida.

Por lo importante de su función, los reguladores deben reunir una serie de cualidades, tales como precisión, capacidad de respuesta, estabilidad y estanqueidad del cierre, las cuales indican la calidad del regulador.

6.15.3 ACCESORIOS

Los accesorios para unión a utilizar están en función del material de la tubería seleccionada.

Los más comunes son de cobre, latón y bronce para tuberías de cobre.

Los accesorios más comunes son:

- Codos 45°
- Codos 90°
- Tes
- Reducciones
- Uniones de manguitos
- Uniones universales
- Acoples
- Bridas



Figura 24: Accesorios de unión para soldar, CEPESA, Manual de instalaciones de GLP. (López J. 2001)

6.16 DISPOSITIVOS PARA MANIOBRA Y CONTROL

Los depósitos de GLP requieren de dispositivos como llaves, válvulas y dispositivos de control especiales para llevar a cabo cada operación.

Las **LLAVES** son los dispositivos que abren o cierran el flujo del fluido. Tienen que cumplir con la estanqueidad en su configuración esto quiere decir sin fugas al exterior y que garanticen su hermetismo cuando estén cerradas completamente y son de accionamiento manual y sus tipos son los siguientes:

• LLAVES DE ASIENTO

Un conducto con un tornillo en su interior que se arrastra verticalmente sobre un asiento o anillo. Se acciona mediante un tapón al girar en el sentido que esté configurado el tornillo. Presenta una alta pérdida de carga debido al cambio brusco de flujo que ocasiona la configuración de cierre del tornillo.

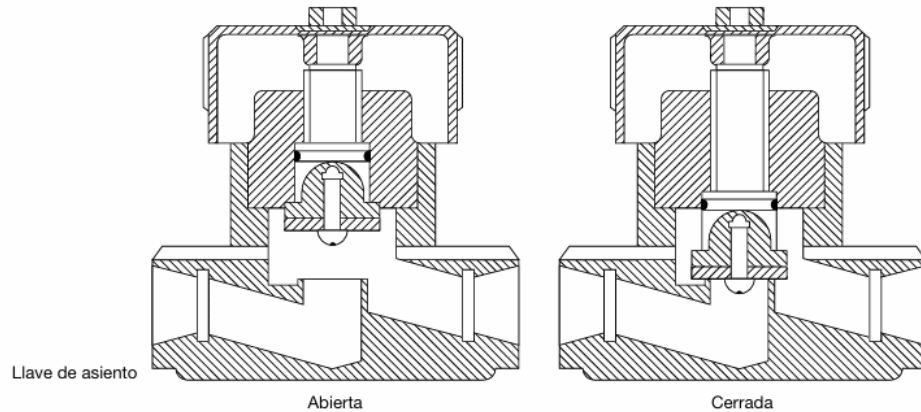


Figura 25: Llave de asiento, CEPESA, Manual de instalaciones de GLP. (Lopez J. 2001)

• LLAVE DE BOLA

En su interior tiene una esfera traspasada con un orificio controlada por una manivela que, cuando su cavidad está paralela al flujo, permite el paso total del fluido. A medida que la esfera gira en sentido de la manivela hasta el cierre, el flujo se va disminuyendo. Presentan una baja resistencia a la fricción debido a su configuración sencilla y sin trayectorias y cambios de sección bruscos.

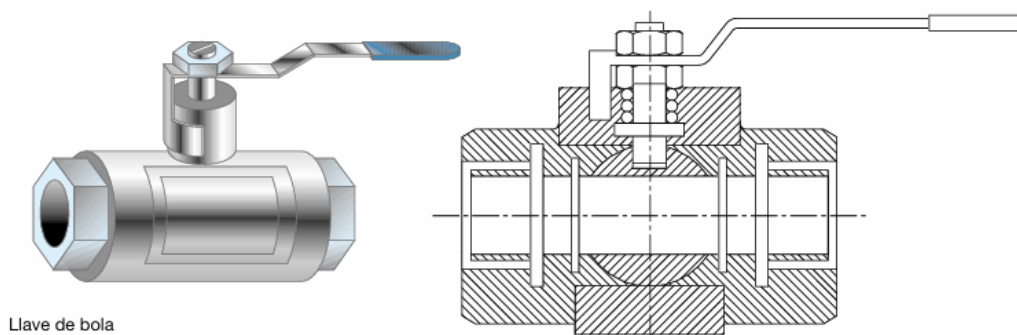


Figura 26: Llave de bola, CEPESA, Manual de instalaciones de GLP. (Lopez J. 2001)

- **LLAVE DE MARIPOSA**

En su interior posee un obturador en forma de anillo que realiza un cierre de la cavidad interior, controlada por una manivela que gira sobre su eje vertical. Su apertura a veces viene graduada en su cuerpo o simplemente tiene topes de abierto y cerrado.

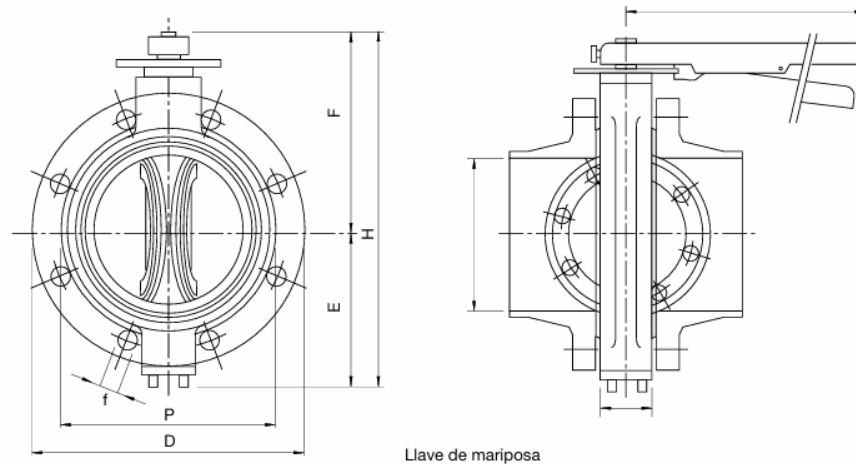


Figura 27: Llave de mariposa, CEPSE, Manual de instalaciones de GLP. (Lopez J. 2001)

6.17 VALVULAS

- **VALVULA DE ANTIRRETORNO**

Poseen una configuración que permite la interrupción del flujo, ya sea en estado líquido o gaseoso, cuando éste intenta circular en dirección contraria a la de diseño. Los más comunes en instalaciones de gas son los de tipo husillo y están compuestos por:

- Un componente estacionario o cuerpo con una configuración adaptada al diámetro del conducto al que se incorpora
- Un componente móvil que funciona como elemento obturador, desplazándose por el componente estacionario y reaccionando al impulso del fluido
- Un elemento elástico cuyo diseño permite que, cuando la presión del flujo aumenta desde cero, su resistencia sea insuficiente para provocar el cierre del obturador cuando la presión disminuye.

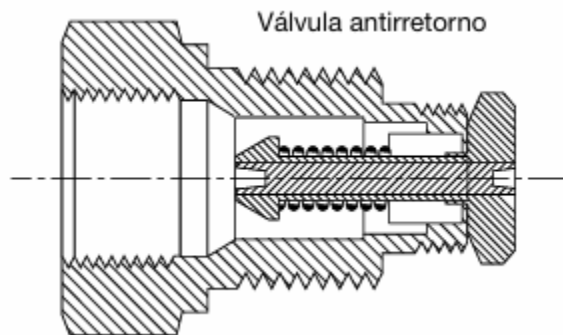


Figura 28: Válvula antirretorno, CEPSE, Manual de instalaciones de GLP. (Lopez J. 2001)

- **VALVULA DE EXCESO DE FLUJO**

Su función consiste en interrumpir o cortar el flujo de gas cuando éste excede los parámetros de diseño. Este mecanismo de seguridad se activa en caso de producirse algún incidente de fractura en la conducción procedente del depósito. Esta válvula limitadora de flujo opera impidiendo la emisión no controlada del combustible.

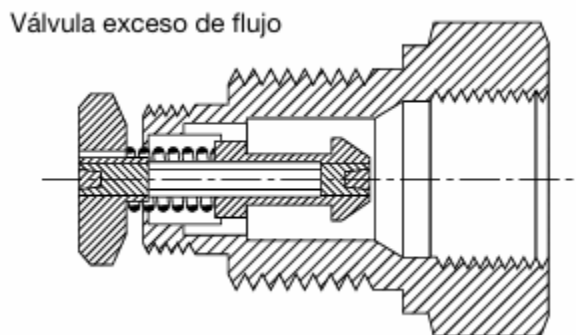


Figura 29: Válvula de exceso de flujo, CEPSE, Manual de instalaciones de GLP. (Lopez J. 2001)

- **VALVULA DE SEGURIDAD**

Se encuentra posicionada en proximidad al regulador de primera o media presión. Su función consiste en la evacuación de gas en condiciones de sobrepresión en la conducción, garantizando así el funcionamiento óptimo de los dispositivos reguladores.

7 NORMATIVAS Y DECRETOS PARA EL USO DE GLP EN CHILE

7.1 DECRETO SUPREMO N°66 DE 2007 DE LA SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES (SEC)

Este reglamento establece los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir las instalaciones interiores de gas en edificios residenciales, comerciales e industriales, así como sus medidores de gas. Su objetivo principal es garantizar la seguridad en el uso de gas licuado en Chile.

7.2 DECRETO SUPREMO N°108 DE LA SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES (SEC)

Este decreto aprueba el Reglamento de Seguridad para las Instalaciones de Almacenamiento, Transporte y Distribución de Gas Licuado de Petróleo y Operaciones Asociadas.

7.3 RESOLUCIÓN EXENTA N°1930 DE 2009 DE LA SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES (SEC)

Establece los **procedimientos y requisitos para la certificación de instaladores de gas** en Chile. Esta resolución es fundamental para garantizar que los instaladores cumplan con los estándares de seguridad y calidad necesarios para las instalaciones de gas.

7.4 NFPA 58, CÓDIGO DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO DE LA NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA)

Establece los estándares nacionales de seguridad para el almacenamiento, manejo, transporte y uso de gas licuado de petróleo (GLP) en los Estados Unidos, que también tiene **aplicaciones internacionales**. Muchas organizaciones y países adoptan o adaptan los estándares de la NFPA para mejorar la seguridad en el manejo y uso de gas licuado de petróleo (GLP) a nivel mundial.

7.5 DECRETO 222 DE 2007 DE LA SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES (SEC)

El reglamento tiene por objeto establecer los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir las instalaciones interiores de gas, con el fin de resguardar la seguridad de las personas y de los bienes.

8 DISEÑO DE PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP

8.1 ANTECEDENTES

El siguiente proyecto, tiene como finalidad la realización de una central de almacenamiento capaz de abastecer las necesidades de una empresa para el correcto funcionamiento de sus procesos.

Esta empresa tiene como nombre The Protein Company SPA, la cual tiene los siguientes datos:

NOMBRE PROPIETARIO	The Protein Company SPA
COMUNA	Paine

Tabla 33: Antecedentes Cliente

8.2 INFORME TECNICO DE LA CALDERA

A continuación se presentan datos de los artefactos instalados:

ARTEFACTOS	CALDERA
MARCA	BAXI
MODELO	DUO TEC
TIPO DE ARTEFACTO	C
CANTIDAD	1
TIPO DE GAS	LICUADO
TIPO DE EVACUACIÓN	FORZADA
PRESIÓN DE FUNCIONAMIENTO	2,7 [kPa]
POTENCIA	5100 [kWh]

Tabla 34: Datos Artefactos PTG SPA

EMPLAZAMIENTO	SALA DE CALDERA
RECINTOS CONTIGUOS POSTERIOR	EXTERIOR
RECINTO CONTIGUOS ANTERIOR	EXTERIOR
RECINTO CONTIGUOS IZQUIERDA	EXTERIOR
RECINTO CONTIGUOS DERECHA	EXTERIOR

Tabla 35: Emplazamiento de la Caldera

8.3 SISTEMA DE PROTECCIÓN DE FACTORES CLIMATICOS

Para los artefactos (Calderas T.F.). Cuando se refiere al sistema de protección contra factores climáticos o corrientes de aire que puedan afectar su normal funcionamiento. El artefacto se encuentra totalmente protegido en la **SALA DE CALDERAS**, la cual impide que los factores climáticos produzcan alguna alteración en su funcionamiento, fabricante recomienda que se garantice la ventilación del local en el cual se encuentra, así como dicha ventilación resulte suficiente en función de las necesidades de dicho aparato.

8.4 SISTEMA DE EVACUACIÓN DE GASES PRODUCTO DE LA COMBUSTIÓN INDIVIDUAL

No hay conductos colectivos.

ALTURA DE LA CHIMENEA PARA ARTEFACTOS DE TIRO NATURAL	N/A CALDERA TIPO FORZADO
ALTURA DEL DUCTO PARA ARTEFACTOS DE TIRO NATURAL	N/A CALDERA TIPO FORZADO

Tabla 36: Sistema de evacuación para caldera

8.5 DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD

UBICACIÓN DE LOS TERMINALES DE CONDUCTOS	NO APLICA
DISTANCIAS ENTRE CONDUCTOS	NO APLICA

Tabla 37: Distancias mínimas de seguridad

8.6 CALCULO PARA DIMENSIONAMIENTO DE ESTANQUES

Las memorias de cálculos se realizan a partir de lo expuesto en las normativas anteriormente mencionadas, específicamente en el Decreto Supremo N° 66 y N° 222.

Según datos obtenidos por anteriores trabajos realizados, el proyecto se realizará en base a lo siguiente:

- El tipo de estanque en la central de almacenamiento será de tipo **SUPERFICIE**.
- El tipo de consumo se define según las necesidades del cliente. Para este caso se hará uso de un consumo del tipo **CONTINUO**.
- La potencia instalada total de la instalación (P.I.T.) es de **4960 [Mcal/h]**

- Para el cálculo de los estanques se toma un Factor de Simultaneidad (F_S) igual a 1
- El consumo diario de la planta es de **7210 [Mcal/dia]**

Se hace ingreso en la calculadora (*Planilla de Excel*) el tipo de gas a utilizar, la cual da como retorno las condiciones para la realización del cálculo.

TIPO DE GAS A UTILIZAR

☐ GAS DE CIUDAD (1)
 ☐ GAS NATURAL (1)

☐ GAS DE CIUDAD (2)
 ☐ GAS NATURAL (2)

☒ LICUADO
 ☐ GAS NATURAL (3)

☐ LICUADO CATALÍTICO

CONDICIONES DE CALCULO	
REGIÓN	I - XII
DENSIDAD RELATIVA (d)	2
PCS (MJ/M ³)	119,7
PERDIDA MÁX. (Pa)	150

Figura 30: Selección de GAS a utilizar – Creación propia

Para fines del cálculo de *razón de vaporización* se hace ingreso en el apartado de artefactos la Potencia Instalada Total (P.I.T.) la cual se hace uso de la potencia en $[Mcal/h]$.

[illegible]

Figura 31: P.I.T. apartado Ingreso de Artefactos – Creación propia

Se hace ingreso de la comuna, la cual nos retorna la temperatura de cálculo para el diseño de la red (*Tabla 23*).

COMUNA	T° [°C]
Paine	5

Figura 32: Ingreso de Comuna para obtención de T° Calculo – Creación propia

Además se hace ingreso de la tipo de consumo, a través de la función *opciones en Excel*:

TIPO DE CONSUMO

☒ CONSUMO CONTINUO

☐ CONSUMO INTERMITENTE

Figura 33: Ingreso Tipo de Consumo – Creación propia

DATOS PARA EL CALCULO		
TIPO DE ESTANQUE	SUPERFICIE	-
TIPO DE CONSUMO	CONTINUO	-
T° DE CALCULO	5	°C
PIT	5768	kW/h
PIT	4958	Mcal/h
FS	1	-
NIVEL DE CONSUMO	ALTO	-
CONSUMO DIARIO	7210	Mcal/día
FACTOR DE CALEFACCION	1	-
N° INSTALACIONES INTERIORES	1	-

Tabla 38: Datos varios, referencias para el calculo

A partir de los datos anteriormente otorgados, se debe realizar el cálculo de *cantidad de estanques* a través de la fórmula de razón de vaporización expuesta en el D.S.66. Se debe seleccionar entre el uso de cilindros o estanques para el desarrollo del proyecto.

EN CASO DE UTILIZAR CILINDROS, SELECCIONE FORMATO:

FORMATO DE CILINDROS



15 kg

☐ 15 kg



45 kg

☐ 45 kg



RAZON VAPORIZACIÓN	Ingrese n° Cilindros
N° MINIMO DE CILINDROS	Revisar condiciones

Figura 34: Apartado cilindros – Creación propia

EN CASO DE UTILIZAR ESTAN, SELECCIONE FORMATO:

FORMATO DEL ESTANQUE (m3)

☐ 1 m3 ☐ 2 m3 ☐ 4 m3

TIPO DE INSTALACIÓN DE ESTANQUES

☐ Superficial ☐ Subterráneo

RAZON VAPORIZACIÓN	Ingrese Formato Estanque
N° MINIMO DE ESTANQUES	Revisar condiciones

Figura 35: Apartado Estanques – Creación propia

En la casilla de razón de vaporización, se hace entrega del valor de esta a través de los datos de entrada según las *Tablas 24 y 25*. Donde se hace ingreso con los datos de T° Calculo, Tipo de consumo y formato de cilindro/estanques. La casilla de N° mínimo de cilindros/estanques, se encuentra la formula otorgada en el D.S.66. La cual relaciona la Potencia Instalada Total, Factor de Simultaneidad y la razón de vaporización.

$$N = \frac{P_{it} \cdot f_s}{R_v}$$

Para este caso se hace ingreso de las opciones 4 m^3 y Estanques del tipo Superficial.

EN CASO DE UTILIZAR ESTAN, SELECCIONE FORMATO:

FORMATO DEL ESTANQUE (m3)

☐ 1 m3 ☐ 2 m3 ☒ 4 m3

TIPO DE INSTALACIÓN DE ESTANQUES

☒ Superficial ☐ Subterráneo

RAZON VAPORIZACIÓN	220
N° MINIMO DE ESTANQUES	23

Figura 36: Calculo mínimo de estanques – Creación propia

El resultado es el siguiente, se requieren de 23 estanques de 4 m^3 cada uno para poder satisfacer las necesidades de la planta de The Protein Company SPA. Esta no es una configuración recomendada, ya que por la cantidad de estanques necesarios, se requiere de una gran inversión para poder satisfacer las necesidades de gas en fase gaseosa. Por lo cual, se recomienda del uso de la vaporización forzada. Se realiza el cálculo para el uso de Vaporizadores, con la finalidad de poder seleccionarlos de manera correcta.

Por conversión de unidades se tiene que $1[\text{gal}] \rightarrow 3,78[\text{lbs}]$ y $1[\text{l/GLP}] \rightarrow 0,508[\text{kg/GLP}]$

De la formula:

$$P.I.T. = \text{Consumo} [\text{Kg/h}] \cdot PCS [\text{Mcal/kg}]$$

Se descompone de la siguiente forma:

$$P.I.T. = \left(\left[\frac{\text{gal}}{\text{hr}} \right] \cdot \left[\frac{\text{lbs}}{\text{gal}} \right] \cdot \left[\frac{\text{kg}}{\text{lbs}} \right] \right) \cdot \left(\left[\frac{\text{Mcal}}{\text{kg}} \right] \right)$$

Reemplazando:

$$P.I.T. = \left(\left[\frac{\text{gal}}{\text{hr}} \right]_{\text{vaporizador}} \cdot 3,78 \left[\frac{\text{lbs}}{\text{gal}} \right] \cdot 0,508 \left[\frac{\text{kg}}{\text{lbs}} \right] \right) \cdot \left(12 \left[\frac{\text{Mcal}}{\text{kg}} \right] \right)$$

Se hace ingreso a la zona de selección de vaporizador:

EN CASO DE UTILIZAR VAPORIZADORES :



→

Seleccione Modelo	RH120
[kg/hr]	120

P.I.T. Vaporizadores	3293,33
Cantidad minima de Vaporizadores	2
Cantidad recomendada de Vaporizadores	3

Figura 37: Apartado - Uso de Vaporizadores – Creación propia

Se seleccionan vaporizadores Ransome específicamente el modelo RH120 9VE, el cual según catalogo cuenta con una razón de vaporización de 120 [gal/hr], dando resultado el requerimiento de 2 vaporizadores para poder satisfacer la potencia instalada total de la planta. Sin embargo, la cantidad recomendada es de 3 (funcionamiento en Back-up), para que en caso de resultar alguna falla para así evitar paros no programados (MTBF).

8.7 CALCULO DE AUTONOMIA DE ESTANQUES

Dada la normativa vigente (D.S.66, D.S.222, NFPA 58) la capacidad de los estanques debe asegurar un periodo de consumo de a lo menos 8 días. Para su cálculo se utiliza la siguiente formula.

$$d = \frac{V \cdot PC}{c_d \cdot n \cdot 1,25}$$

Donde:

- d : Periodo de consumo, en [dias]. No inferior a 8 días.
- V : Volumen en [m^3] de el o los estanques calculados de acuerdo con lo señalado según razón de vaporización.
- PC : Poder calorífico del propano liquido (6117 [$Mcal/m^3$])
- c_d : Consumo por día en [$Mcal/dia$]
- n : Cantidad de instalaciones interiores.
- 1,25: Factor de corrección por llenado de estanques al 80% de su capacidad en agua.

Para la realización del cálculo, dado la existencia y el uso de vaporizadores. Se realizará en base a 8 estanques instalados, con un consumo diario entregado por parte del cliente (PTG SPA) de 6000 [$Mcal/día$]. Se procede a ingresar la información en el apartado de “*cálculo de autonomía de estanques*” arrojando una autonomía de 17 días **de operación**, siendo el **día 18** el día donde se deben reabastecer los estanques instalados por el método preferido (camiones cisterna, etc)

CALCULO DE AUTONOMIA PARA ESTANQUES:

b.2) La capacidad del estanque deberá asegurar un período de consumo de a lo menos 8 días. En su cálculo se aplicará la fórmula siguiente:

$$d = V \times PC / (cd \times n \times 1,25)$$

donde:

d = Período de consumo, en días. No inferior a 8 días.
V = Volumen en m³ de el o los estanques calculado de acuerdo a lo señalado en la letra a.4).
PC = 6.117 Mcal/m³, poder calorífico del Propano líquido.
cd = Consumo por día en Mcal/día, según la tabla N° 91.3.
n = cantidad de instalaciones interiores.
1,25 = Factor de corrección por llenado de estanques al 80% de su capacidad en agua.

Reemplazando los valores se tiene:

$$d = 4.888 V / (cd \times n)$$

Tipo de estanque [m3]	4	Autonomía [Días]	17
Cantidad de estanques	23	¿Cumple con la Normativa?	Cumple con D.S.66
C Estanques Seleccionado	8		
Consumo diario [Mcal/día]	7210		
Instalaciones Interiores	1		

Figura 38: Calculo autonomía de estanques – Creación propia

8.8 DIMENSIONAMIENTO DE PULMON DECANTADOR

Para poder dimensionar el estanque utilizado como pulmón decantador, hay que calcular la cantidad de gas que se transformara en Oleofina. Un material que es producido debido a las altas temperaturas a las cuales se somete el GLP. Este último, se crackea y sus propiedades químicas tienen como producto la Oleofina, un material completamente indeseado aguas abajo, por lo cual es necesario el uso de estaciones de decantación en cada instalación que utilice vaporizadores.

Se produce alrededor de un 5% de Oleofina por cada litro que se utiliza de GLP, por lo cual se procede a realizar el siguiente calculo:

$$\text{Cantidad de oleofina} = \text{litros por vaporizador} \cdot N^{\circ} \text{ de Vaporizadores} \cdot 0,05$$

Lo cual arroja como resultado los litros producidos de Oleofina. Reemplazando con los valores obtenidos anteriormente, se tiene que con 3 Vaporizadores del tipo RH120 los cuales son capaces de procesar 120 [gal/h] cada uno, se tiene una capacidad de procesamiento de 1360 [lts]. Produciéndose una cantidad aproximada de 68 [lts] de material indeseado. Interpretando los resultados, es necesario utilizar un estanque decantador de al menos 0,5 [m³], sin embargo, para la instalación se realiza con un estanque de 1 [m³].

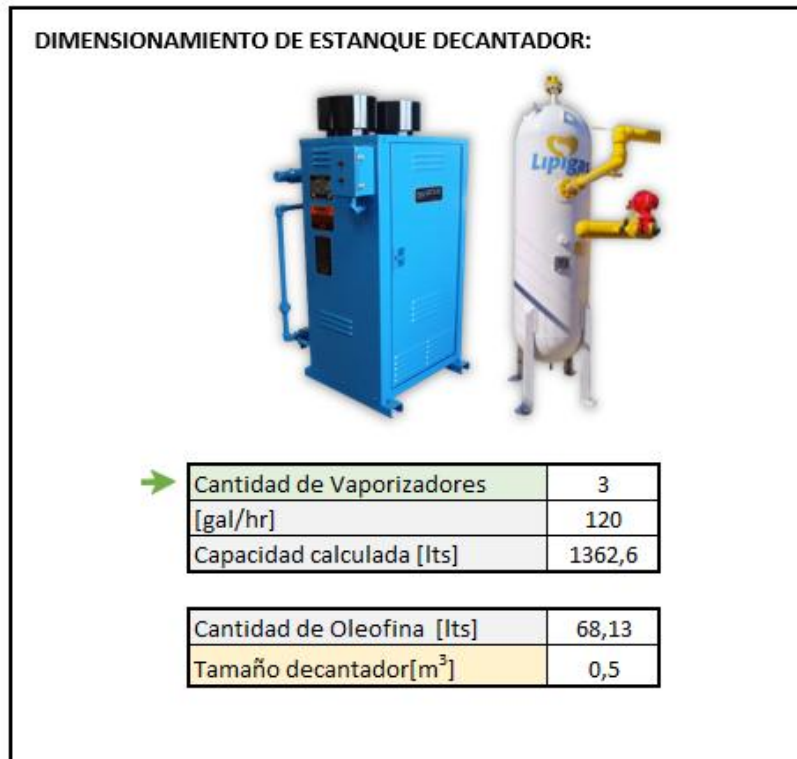


Figura 39: Dimensionamiento de Estanque Decantador - Elaboración propia

8.9 DISPOSICION Y DISTANCIAS DE SEGURIDAD

Dado lo postulado por las normativas acerca de las distancias de seguridad para estanques y vaporizadores, la central de almacenamiento tendría la disposición de la *Figura 40*. Donde se puede ver que la separación entre recipientes según lo expuesto en la normativa (D.S.29 y NFPA 58) es de 1 m.

Según lo expuesto en la *Figura 40*, se pueden observar las distancias de los estanques con las líneas constructivas y los vaporizadores entre las líneas constructivas, punto de transferencia y la envolvente del estanque.

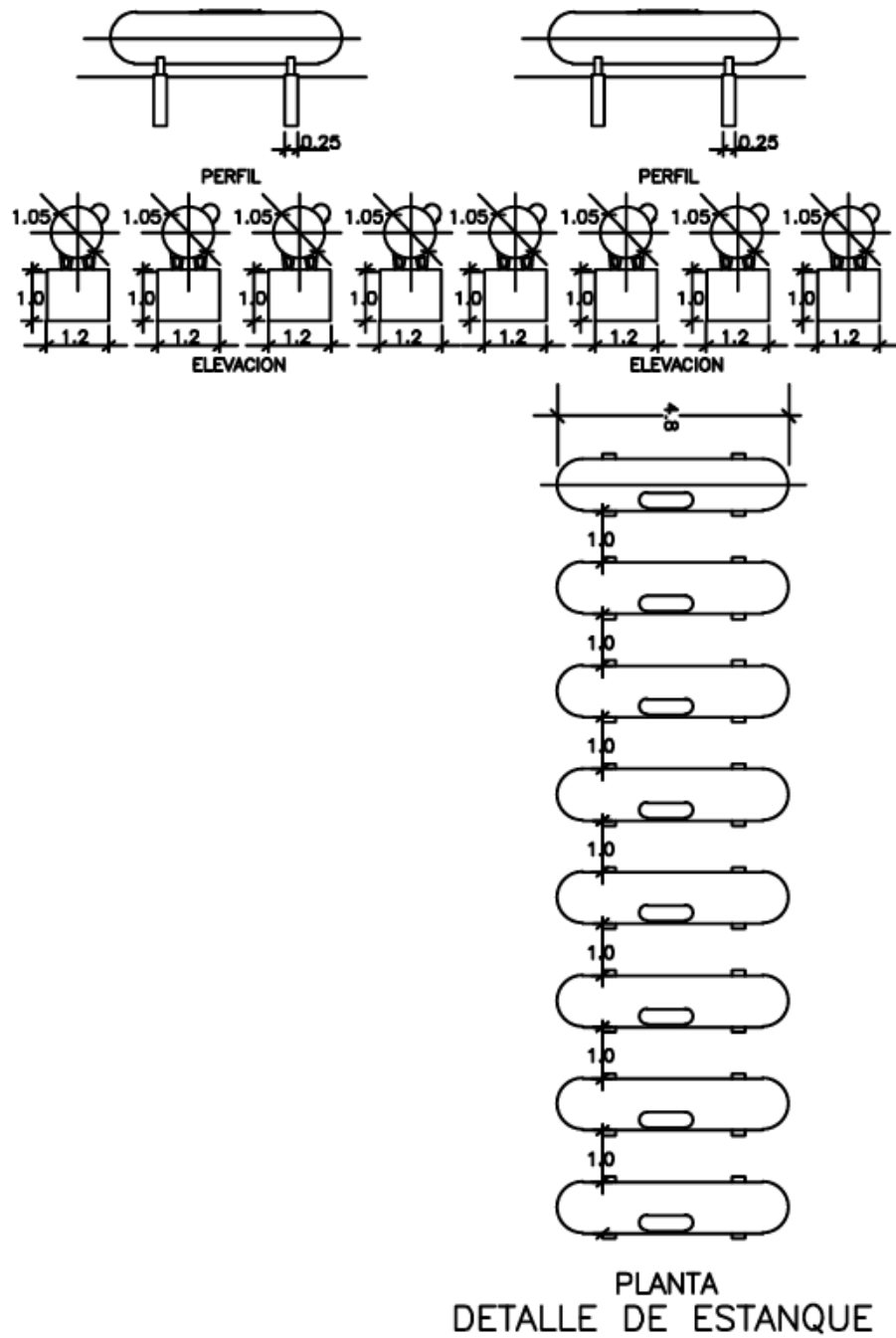


Figura 40: Detalle Central de almacenamiento

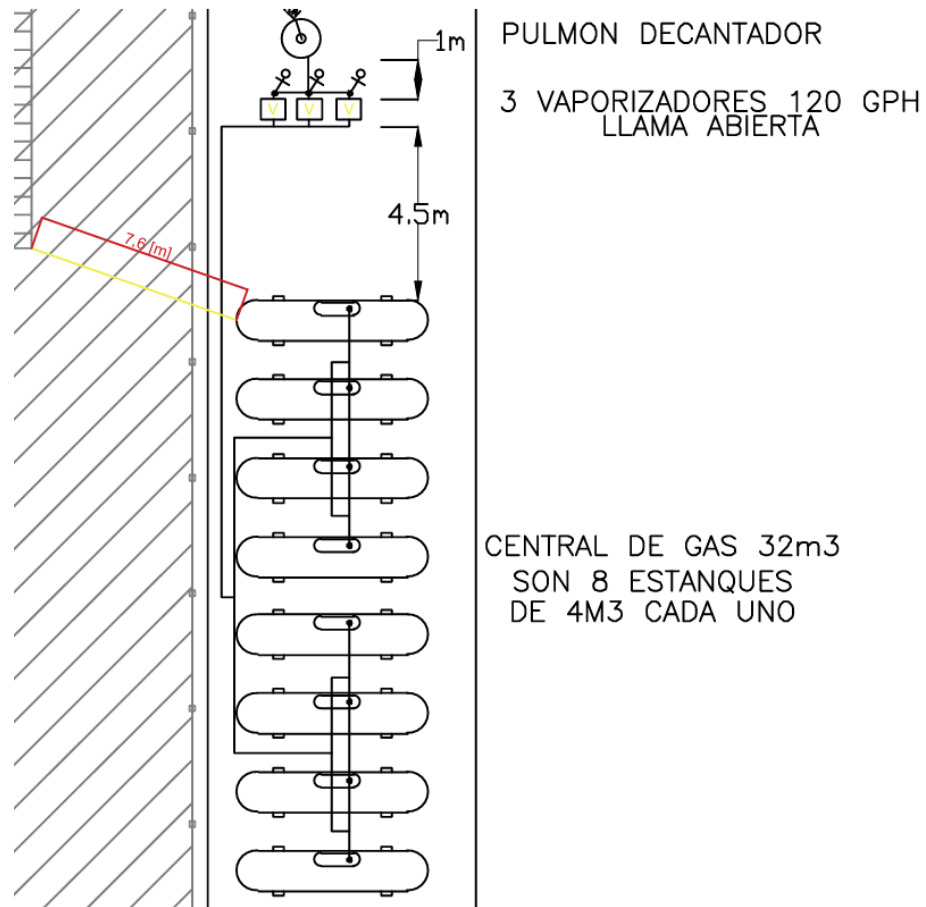
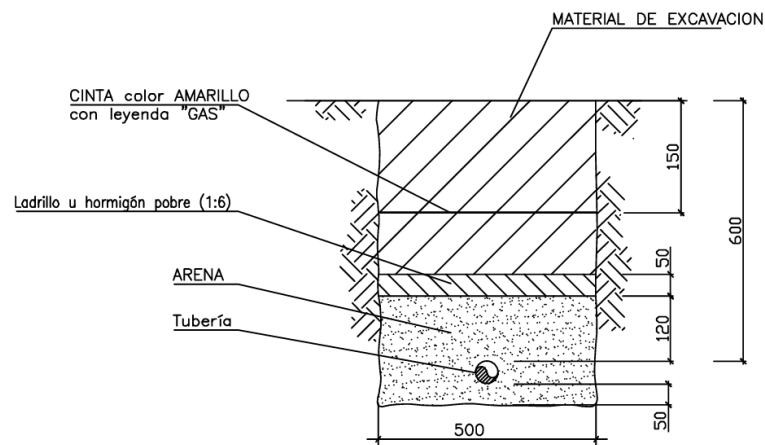


Figura 41: Distancias de Seguridad Estanques y Vaporizadores



NOTA.

1. Dimensiones en milímetros (mm)
2. Para tuberías considerar el diámetro exterior
3. El dibujo tiene solo carácter ilustrativo

Figura 42: Detalle excavación

8.10 ISOMETRICOS DE LAS REDES DE GAS

Para los cálculos de la red de distribución de gas, se necesita del análisis del diseño de la planta a través de planos en AutoCAD. Con esto se realizan los isométricos para poder entender los equipos instalados y poder calcular las pérdidas para seleccionar de manera correcta todas las tuberías.

Para la red de mediana presión se extrae del plano (*Adjuntado en el Anexo*) el siguiente isométrico.

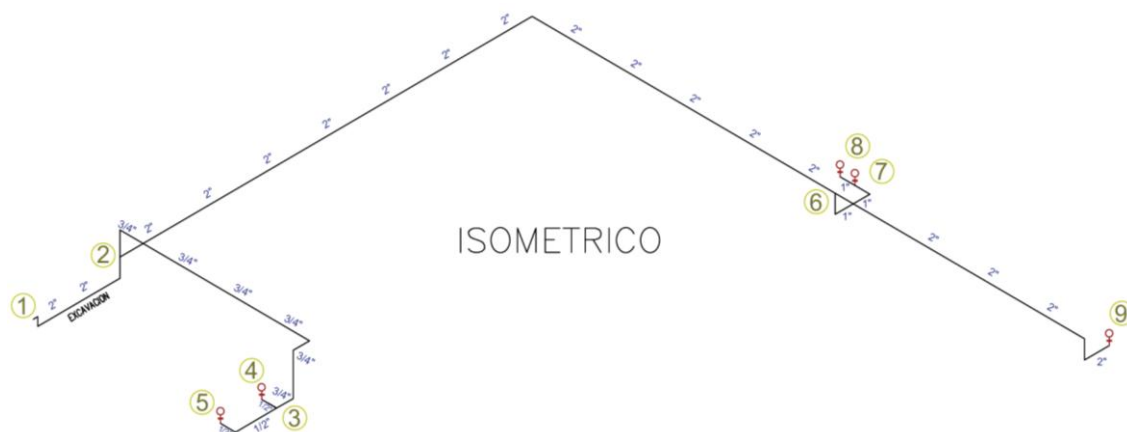


Figura 43: Isométrico Red Mediana Presión – Elaboración Propia

Para las red de baja presión se extraen del plano (*Adjuntado en el Anexo*) los siguientes isométrico.

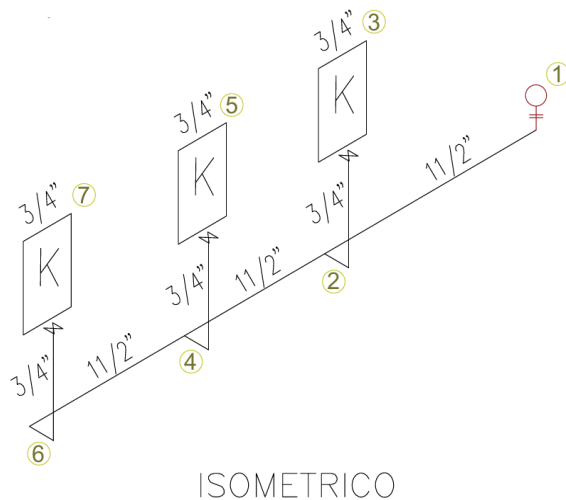


Figura 44: Isométrico TC5 - Baja presión - Elaboración Propia

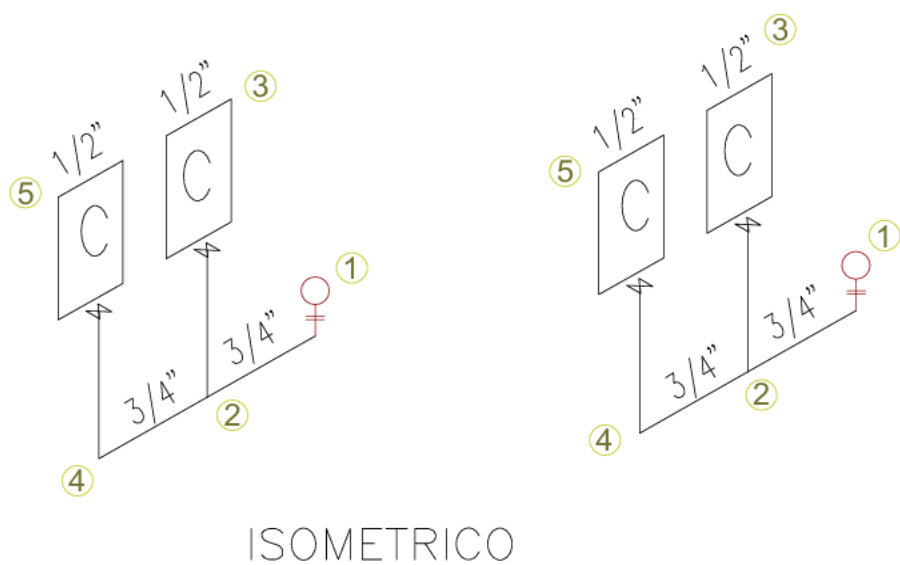


Figura 45: Isométricos TC6 - REG1 y REG2 - Elaboración Propia

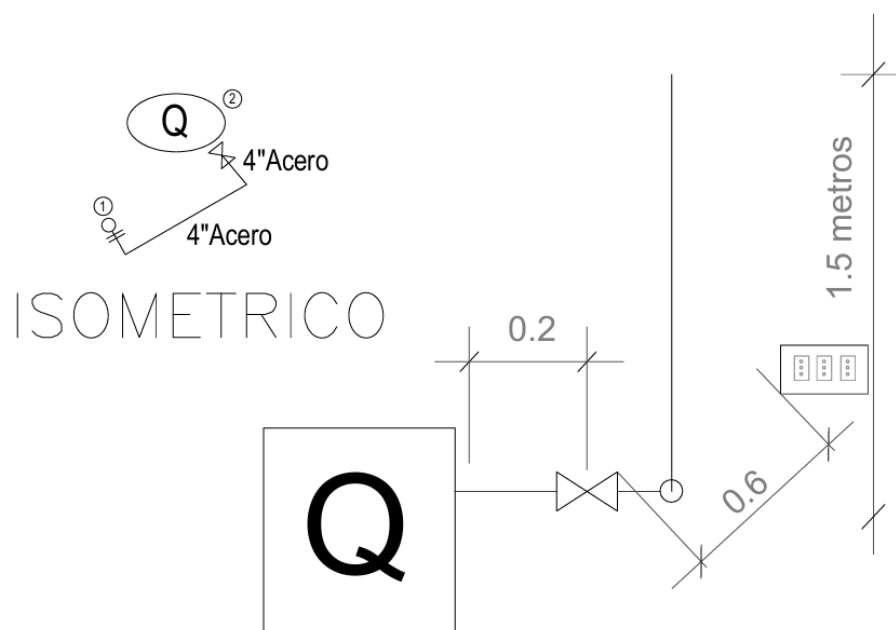


Figura 46: Isométrico TC7 y detalle QUEMADOR - Elaboración Propia

8.11 CALCULO DE RED DE MEDIANA PRESIÓN

Dado lo expuesto en el punto 6.12, se procede a realizar los cálculos en base al Isométrico de la red de mediana presión (Figura 43).

	TRAMO	LONGITUD (m)	TIPO DE CAÑERÍA	Ø NOMINAL	Ø INTERIOR	K
1	1 - 2	15,70	Cobre_Tipo_L	2"	50,24	2160
2	2 - 3	33,20	Cobre_Tipo_L	3/4"	19,94	1800
3	3 - 4	0,30	Cobre_Tipo_L	1/2"	13,84	1800
4	3 - 5	5,80	Cobre_Tipo_L	1/2"	13,84	1800
5	2 - 6	101,00	Cobre_Tipo_L	2"	50,24	2160
6	6 - 7	5,00	Cobre_Tipo_L	1"	26,04	1800
7	7 - 8	0,80	Cobre_Tipo_L	1"	26,04	1800
8	6 - 9	17,70	Cobre_Tipo_L	2"	50,24	2160

EQUIPOS INSTALADOS	POTENCIA (kW/h)	P.I.T (kW/h)	CAUDAL [m ³ /h]	TIPO INSTALACIÓN	N° INSTALACIONES
		5781	173,96	Ca - Co - C	5
		104	3,13	Ca - Co - C	2
1 REG. 2DA ETAPA	52	52	1,56	Ca - Co - C	1
1 REG. 2DA ETAPA	52	52	1,56	Ca - Co - C	1
		5677	170,83	Ca - Co - C	3
1 REG. 2DA ETAPA	525	577	17,36	Ca - Co - C	2
1 REG. 2DA ETAPA	52	52	1,56	Ca - Co - C	1
1 REG. 2DA ETAPA	5100	5100	153,47	Ca - Co - C	1

F.S.	POTENCIA CALCULO [kW]/h	P.INICIAL	P ₁ [Bar]	P ₂ [Bar]	P. FINAL	VELOCIDAD [m/s]	%	CUMPLE CON ARTICULO 68° D.S.66
0,54	3121,74	1	1,0000	0,9846	2	26,075	1,541	Si Cumple con Art. 68°
0,84	87,36	2	0,9846	0,9807	3	2,990	0,391	Si Cumple con Art. 68°
1	52	3	0,9807	0,9806	4	3,103	0,008	Si Cumple con Art. 68°
1	52	3	0,9807	0,9791	5	3,108	0,154	Si Cumple con Art. 68°
0,67	3803,59	2	0,9846	0,8283	6	30,439	15,634	Si Cumple con Art. 68°
0,84	484,68	6	0,8283	0,8237	7	11,580	0,456	Si Cumple con Art. 68°
1	52	7	0,8237	0,8237	8	1,044	0,001	Si Cumple con Art. 68°
1	5100	6	0,8283	0,7750	9	29,225	5,328	Si Cumple con Art. 68°

Figura 47: Calculo de Red Mediana Presión – The Protein Company SPA - Elaboración Propia

El ingreso de la zona de cálculo de red de mediana presión, se hace ingreso de los tramos correspondientes, por lo general se recorre una línea principal para luego dejar las ramificaciones para el final, se hacen ingreso de las longitudes de los tramos a instalar. Se hace ingreso de los tipos de cañerías y los diámetros nominales para así poder obtener los diámetros interiores (Por catálogo) y los coeficientes de fricción (Tabla 29) correspondientes para el cálculo de las perdidas en estas.

TIPO DE CAÑERÍA	Ø NOMINAL	TIPO DE CAÑERÍA	Ø NOMINAL
Cobre_Tipo_L	2"	Cobre_Tipo_L	2"
Cobre_Tipo_K	3/4"	Cobre_Tipo_L	3/8"
Cobre_Tipo_L	1/2"	Cobre_Tipo_L	1/2"
Tuberías_Pe_Gas_PETROFLEX	1/2"	Cobre_Tipo_L	5/8"
PE_AL_PE_COFLEX	2"	Cobre_Tipo_L	3/4"
Tubería_Polietileno_VINILIT	1"	Cobre_Tipo_L	1"
Tubo_Multicapa_PE_AL_PE_MAYGAS	1"	Cobre_Tipo_L	1 1/4"
Acero_Schedule_40	1"	Cobre_Tipo_L	1 1/2"
Cobre_Tipo_L	2"	Cobre_Tipo_L	2"
			2 1/2"
			3"
			3 1/2"
			4"

Figura 48: Ingreso de datos de cañerías - Tipo de cañería y Diámetro Nominal

Dada las especificaciones técnicas de los artefactos instalados, se agregan en el apartado de equipos instalados y sus respectivas potencias en (kW/h) para así obtener la PIT por los tramos y determinar los caudales respectivos.

EQUIPOS INSTALADOS	POTENCIA (kW/h)	P.I.T (kW/h)	CAUDAL [m ³ /h]
		5781	173,96
		104	3,13
1 REG. 2DA ETAPA	52	52	1,56
1 REG. 2DA ETAPA	52	52	1,56
		5677	170,83
1 REG. 2DA ETAPA	525	577	17,36
1 REG. 2DA ETAPA	52	52	1,56
1 REG. 2DA ETAPA	5100	5100	153,47

Figura 49: Ingreso de Equipos instalados

Se debe agregar a su vez el tipo de instalación la cual es respectiva a cada tramo y las instalaciones interiores con las que cuentan. Dentro de la planilla, se encuentran agregados los tipos instalaciones y el N° de instalaciones para así obtener de manera automática el Factor de simultaneidad que se obtiene, según los datos de entrada mencionados, a través de la (Tabla 26). Lo que conlleva en la obtención de la Potencia de Calculo (kW/h) por tramo

TIPO INSTALACIÓN	N° INSTALACIONES	F.S.	POTENCIA CALCULO [kW]/h]
Ca - Co - C	5	0,54	3121,74
Co	2	0,84	87,36
Ca - Co	1	1	52
Ca - Co - C	1	1	52
Otros	3	0,67	3803,59
Ca - Co - C	2	0,84	484,68
Ca - Co - C	1	1	52
Ca - Co - C	1	1	5100

Figura 50: Ingreso Tipo de Instalación y N° Instalaciones

Se continúa ingresando la Presión Inicial en [bar], para obtener las presiones finales por cada tramo, las respectivas velocidades, los porcentajes respecto a la caída de presión y si es que se cumple con lo mínimo requerido en temas de perdidas con el Artículo 68° del D.S. 66.

El Artículo 68°, expone que en el cálculo de la perdida de máxima de presión, se deberá considerar lo siguiente:

- a) Se aceptará como máxima pérdida entre los reguladores de 1ª y 2ª etapa, un 50% de la presión manométrica inicial siempre que la velocidad del gas sea inferior a 40 [m/s]
- b) En los edificios en que la tubería de media presión suba por el exterior para conectarse a los medidores, se debe considerar también la pérdida parcial de los verticales.
- c) Para cada edificio se deberá calcular el valor total de la pérdida de presión.

Presión Inicial [bar]	1
------------------------------	----------

Figura 51: Apartado ingreso Presión Inicial

P₁ [bar]	P₂ [bar]	P. FINAL	VELOCIDAD [m/s]	%	CUMPLE CON ARTICULO 68° D.S.66
1,0000	0,9846	2	26,075	1,541	Si Cumple con Art. 68°
0,9846	0,9807	3	2,990	0,391	Si Cumple con Art. 68°
0,9807	0,9806	4	3,103	0,008	Si Cumple con Art. 68°
0,9807	0,9791	5	3,108	0,154	Si Cumple con Art. 68°
0,9846	0,8283	6	30,439	15,634	Si Cumple con Art. 68°
0,8283	0,8237	7	11,580	0,456	Si Cumple con Art. 68°
0,8237	0,8237	8	1,044	0,001	Si Cumple con Art. 68°
0,8283	0,7750	9	29,225	5,328	Si Cumple con Art. 68°

Figura 52: Apartado Cálculo de Perdidas y cumplimiento de la normativa

8.12 CALCULO DE RED DE BAJA PRESIÓN TC5

Se escogen las condiciones del cálculo, y los artefactos instalados con sus respectivas potencias.

[illegible]

Figura 53: Red de Baja Presión - Condiciones de calculo

A partir del isométrico expuesto en la *Figura 44*, se hace ingreso de los tramos, longitudes, con el tipo de cañería y sus respectivos diámetros nominales. Lo anterior, es requerido como datos de ingreso para poder calcular las pérdidas y verificar que se encuentran dentro de los límites aceptables. Para este caso (GLP), la pérdida máxima es de 150 [Pa].

	TRAMO	LONGITUD (m)	TIPO DE CAÑERÍA	Ø NOMINAL	Ø INTERIOR	K
1	1 - 2	2,0	Cobre_Tipo_L	1 1/2"	38,24	1980
2	2 - 3	1,5	Cobre_Tipo_L	3/4"	19,94	1800
3	2 - 4	1,0	Cobre_Tipo_L	1 1/2"	38,24	1980
4	4 - 5	1,5	Cobre_Tipo_L	3/4"	19,94	1800
5	4 - 6	1,0	Cobre_Tipo_L	1 1/2"	38,24	1980
6	6 - 7	1,5	Cobre_Tipo_L	3/4"	19,94	1800

EQUIPOS INSTALADOS	POTENCIA (kW/h)	PUNTO INICIAL	PERDIDA PARCIAL (Pa)	PUNTO FINAL	PERDIDA TOTAL (Pa)
	525	1	33,42	2	33,42
1 CALDERA	175	2	87,41	3	120,83
	350	2	7,43	4	40,85
1 CALDERA	175	4	87,41	5	128,25
	175	4	1,86	6	42,70
1 CALDERA	175	6	87,41	7	130,11

Figura 54: Calculadora de pérdidas - Red Baja Presión - Elaboración propia

Se hace ingreso, de los tipos de cañería, al igual que en la red de mediana presión.

TIPO DE CAÑERÍA	Ø NOMINAL	TIPO DE CAÑERÍA	Ø NOMINAL
Cobre_Tipo_L	1 1/2"	Cobre_Tipo_L	1 1/2"
Cobre_Tipo_K	1/4"	Cobre_Tipo_L	3/8"
Cobre_Tipo_L	1/2"	Cobre_Tipo_L	1/2"
Tuberías_Pe_Gas_PETROFLEX	1/4"	Cobre_Tipo_L	5/8"
PE_AL_PE_COFLEX	1/2"	Cobre_Tipo_L	3/4"
Tubería_Polietileno_VINILIT	1/4"	Cobre_Tipo_L	1"
Tubo_Multicapa_PE_AL_PE_MAYGAS	1/2"		1 1/4"
Acero_Schedule_40	1/4"		1 1/2"
			2"
			2 1/2"
			3"
			3 1/2"
			4"

Figura 55: Ingreso de datos de cañerías - Tipo de cañería y Diámetro Nominal

Se hacen ingreso de los artefactos y las potencias en sus respectivos tramos.

EQUIPOS INSTALADOS	POTENCIA (kW/h)
	525
1 CALDERA	175
	350
1 CALDERA	175
	175
1 CALDERA	175

Figura 56: Ingreso de artefactos y potencias por tramo

Se calculan las pérdidas parciales por cada tramo y las totales acumuladas en estos. En caso de encontrarse fuera de normativa la casilla se colorea en formato rojo para poder tener un indicador visual que algo no se encuentra acorde a lo establecido en la normativa vigente.

PUNTO INICIAL	PERDIDA PARCIAL (Pa)	PUNTO FINAL	PERDIDA TOTAL (Pa)
1	33,42	2	33,42
2	87,41	3	120,83
2	7,43	4	40,85
4	87,41	5	128,25
4	1,86	6	42,70
6	87,41	7	130,11

Figura 57: Cálculo de perdidas parciales y totales - Verificación de la normativa

Finalmente, se indica en que punto y cuanto es la pérdida de presión más alta.

PERDIDA DE PRESIÓN MAS ALTA	EN QUE PUNTO
130,11	7

Figura 58: Pérdida de presión más alta e identificación del punto crítico.

En caso, de que la plantilla arrojase una pérdida mayor a lo establecido según las condiciones iniciales otorgadas por el tipo de gas, se procede a evaluar el tramo con mayor necesidad en un diámetro de cañería superior.

8.13 CALCULO DE RED DE BAJA PRESIÓN TC6 – REGULADOR 1

Se escogen las condiciones del cálculo, y los artefactos instalados con sus respectivas potencias.

[illegible]

Figura 59: Red de Baja Presión - Condiciones de calculo

A partir del isométrico expuesto en la *Figura 45*, se hace ingreso de los tramos, longitudes, con el tipo de cañería y sus respectivos diámetros nominales. Lo anterior, es requerido como datos de ingreso para poder calcular las pérdidas y verificar que se encuentran dentro de los límites aceptables. Para este caso (GLP), la pérdida máxima es de 150 [Pa].

	TRAMO	LONGITUD (m)	TIPO DE CAÑERÍA	Ø NOMINAL	Ø INTERIOR	K
1	1 - 2	1,0	Cobre_Tipo_L	3/4"	19,94	1800
2	2 - 3	1,2	Cobre_Tipo_L	1/2"	13,84	1800
3	2 - 4	1,0	Cobre_Tipo_L	3/4"	19,94	1800
4	4 - 5	1,2	Cobre_Tipo_L	1/2"	13,84	1800

EQUIPOS INSTALADOS	POTENCIA (kW/h)	PUNTO INICIAL	PERDIDA PARCIAL (Pa)	PUNTO FINAL	PERDIDA TOTAL (Pa)
	71,4	1	9,70	2	9,70
1 CALEFON T.F.	35,7	2	18,07	3	27,77
	35,7	2	2,43	4	12,13
1 CALEFON T.F.	35,7	4	18,07	5	30,19

Figura 60: Calculadora de pérdidas - Red Baja Presión - Elaboración propia

Se hace ingreso, de los tipos de cañería, al igual que en la red de mediana presión.

TIPO DE CAÑERÍA	Ø NOMINAL
Cobre_Tipo_L	3/4"
Cobre_Tipo_K	1/2"
Cobre_Tipo_L	3/4"
Tuberias_Pe_Gas_PETROFLEX	1/2"
PE_AL_PE_COFLEX	
Tuberia_Polietileno_VINILIT	
Tubo_Multicapa_PE_AL_PE_MAYGAS	
Acero_Schedule_40	

Figura 61: Ingreso datos de Cañerías

Se hacen ingreso de los artefactos y las potencias en sus respectivos tramos.

EQUIPOS INSTALADOS	POTENCIA (kW/h)
	71,4
1 CALEFON T.F.	35,7
	35,7
1 CALEFON T.F.	35,7

Figura 62: Equipos instalados por tramos

Se calculan las perdidas parciales por cada tramo y las totales acumuladas en estos. En caso de encontrarse fuera de normativa la casilla se colorea en formato rojo para poder tener un indicador visual que algo no se encuentra acorde a lo establecido en la normativa vigente.

PUNTO INICIAL	PERDIDA PARCIAL (Pa)	PUNTO FINAL	PERDIDA TOTAL (Pa)
1	9,70	2	9,70
2	18,07	3	27,77
2	2,43	4	12,13
4	18,07	5	30,19

Figura 63: Calculo de perdidas parciales y totales por tramo

Finalmente, se indica en que punto y cuanto es la perdida de presión más alta.

PERDIDA DE PRESIÓN MAS ALTA	EN QUE PUNTO
30,19	5

Figura 64: Caída de presión más alta - Punto Crítico

8.14 CALCULO DE RED DE BAJA PRESIÓN TC5 – REGULADOR 2

Es prácticamente el mismo calculo, debido a que es una instalación paralela de iguales condiciones y artefactos. Se escogen las condiciones del cálculo, y los artefactos instalados con sus respectivas potencias.

[illegible]

Figura 65: Red de Baja Presión - Condiciones de cálculo

A partir del isométrico expuesto en la *Figura 45*, se hace ingreso de los tramos, longitudes, con el tipo de cañería y sus respectivos diámetros nominales. Lo anterior, es requerido como datos de ingreso para poder calcular las pérdidas y verificar que se encuentran dentro de los límites aceptables. Para este caso (GLP), la pérdida máxima es de 150 [Pa].

Se hace ingreso, de los tipos de cañería, al igual que en la red de mediana presión.

TIPO DE CAÑERÍA	Ø NOMINAL
Cobre_Tipo_L	3/4"
Cobre_Tipo_K	1/2"
Cobre_Tipo_L	3/4"
Tuberias_Pe_Gas_PETROFLEX	1/2"
PE_AL_PE_COFLEX	
Tuberia_Polietileno_VINILIT	
Tubo_Multicapa_PE_AL_PE_MAYGAS	
Acero_Schedule_40	

Figura 66: Ingreso datos de Cañerías

Se hacen ingreso de los artefactos y las potencias en sus respectivos tramos.

EQUIPOS INSTALADOS	POTENCIA (kW/h)
	71,4
1 CALEFON T.F.	35,7
	35,7
1 CALEFON T.F.	35,7

Figura 67: Equipos instalados por tramos

Se calculan las perdidas parciales por cada tramo y las totales acumuladas en estos. En caso de encontrarse fuera de normativa la casilla se colorea en formato rojo para poder tener un indicador visual que algo no se encuentra acorde a lo establecido en la normativa vigente.

PUNTO INICIAL	PERDIDA PARCIAL (Pa)	PUNTO FINAL	PERDIDA TOTAL (Pa)
1	9,70	2	9,70
2	18,07	3	27,77
2	2,43	4	12,13
4	18,07	5	30,19

Figura 68: Calculo de perdidas parciales y totales por tramo

Finalmente, se indica en que punto y cuanto es la perdida de presión más alta.

PERDIDA DE PRESIÓN MAS ALTA	EN QUE PUNTO
30,19	5

Figura 69: Caída de presión más alta - Punto Crítico

8.15 CALCULO DE RED DE BAJA PRESIÓN TC7 – QUEMADOR

Se escogen las condiciones del cálculo, y los artefactos instalados con sus respectivas potencias.

[illegible]

Figura 70: Condiciones de cálculo - Ingreso de artefactos

A partir del isométrico expuesto en la *Figura 46*, se hace ingreso de los tramos, longitudes, con el tipo de cañería, para este caso dado los artefactos y las potencias, se hace uso de cañerías de acero del tipo *Schedule 40* y sus respectivos diámetros nominales. Lo anterior, es requerido como datos de ingreso para poder calcular las pérdidas y verificar que se encuentran dentro de los límites aceptables. Para este caso (GLP), la pérdida máxima es de 150 [Pa].

	TRAMO	LONGITUD (m)	TIPO DE CAÑERÍA	Ø NOMINAL	Ø INTERIOR	K
1	1 - 2	2,0	Acero_Schedule_40	4"	102,26	2420

EQUIPOS INSTALADOS	POTENCIA (kW/h)	PUNTO INICIAL	PERDIDA PARCIAL (Pa)	PUNTO FINAL	PERDIDA TOTAL (Pa)
1 Quemador	5100	1	15,44	2	15,44

Figura 71: Calculadora Perdidas - Elaboración propia

Se hace ingreso, de los tipos de cañería, al igual que en la red de mediana presión.

TIPO DE CAÑERÍA	Ø NOMINAL
Acero_Schedule_40	4"
Cobre_Tipo_K	
Cobre_Tipo_L	
Tuberías_Pe_Gas_PETROFLEX	
PE_AL_PE_COFLEX	
Tubería_Polietileno_VINILIT	
Tubo_Multicapa_PE_AL_PE_MAYGAS	
Acero_Schedule_40	

Figura 72: Ingreso datos cañerías

Se hacen ingreso de los artefactos y las potencias en sus respectivos tramos.

EQUIPOS INSTALADOS	POTENCIA (kW/h)
1 Quemador	5100

Figura 73: Equipos instalados por tramos

Se calculan las perdidas parciales por cada tramo y las totales acumuladas en estos. En caso de encontrarse fuera de normativa la casilla se colorea en formato rojo para poder tener un indicador visual que algo no se encuentra acorde a lo establecido en la normativa vigente.

PUNTO INICIAL	PERDIDA PARCIAL (Pa)	PUNTO FINAL	PERDIDA TOTAL (Pa)
1	15,44	2	15,44

Figura 74: Calculo de perdidas parciales y totales por tramo

Finalmente, se indica en que punto y cuanto es la perdida de presión más alta.

PERDIDA DE PRESIÓN MAS ALTA	EN QUE PUNTO
15,44	2

Figura 75: Caída de presión más alta - Punto Crítico

8.16 CALCULO DE VOLUMEN DE LA INSTALACIÓN

Para calcular el volumen en $[m^3]$, se crea una casilla en la cual entrega el valor del volumen necesario para la edificación para albergar los artefactos de la instalación. Dada la potencia instalada total es de **5767 [kW]**.

VOLUMEN:	
$V [m^3] = \frac{P_t}{0,093}$	
PIT [kW]	5767,80
Volumen $[m^3]$	62019
Altura D.S.66 [m]	2,4
Area $[m^2]$	25841

Figura 76: Calculo de Volumen - Elaboración Propia

Dando como resultado un volumen mínimo requerido de **62.019 $[m^3]$** , dado que el volumen se calcula con una altura determinada (**2,4 [m]**). Sin embargo, dada la configuración de las instalaciones, este volumen **NO APLICA** para este caso, ya que los artefactos se encuentran en una instalación abierta al exterior, ya que se encuentra protegida por sistemas de **MALLAS/REJAS**. Por lo cual el cálculo del volumen podría despreciarse para el este caso.

8.17 CALCULO DE VENTILACION DE LA INSTALACIÓN

Para determinar la ventilación, se debe realizar el cálculo de la superficie libre mínima de la abertura o conducto de ventilación, denominada **S en $[cm^2]$** . Se crea una casilla en la cual entrega el valor de la superficie necesario para la ventilación respectiva del ambiente.

Para fines del cálculo, se tomará la instalación como tipo Directa. La potencia de instalación es de **5767 [kW]**. Por lo cual la superficie quedaría como:

VENTILACIÓN:

Potencia Total (kW)	Superficie libre mínima de la abertura o conducto de ventilación S (cm ²)	
	Directa	Indirecta
$P_t \leq 25$	$S \geq 100$	$S \geq 125$
$P_t > 25$	$S \geq P_t \text{ (kW)} * 4$	$S \geq P_t \text{ (kW)} * 5$

Pt : Potencia total expresada en kilowatt (kW), correspondiente a la suma de las potencias nominales de los artefactos a gas de circuito abierto instalados en un recinto.

PIT [kW] 5767,80

TIPO DE VENTILACIÓN

☒ Tipo Directa

☐ Tipo Indirecta

Superficie Libre S [cm²] ≥ 23071

Figura 77: Calculo superficie libre mínima - Ventilación - Elaboración Propia

Dando como resultado un superficie libre mínima requerida de **23071 [cm²]**. Sin embargo, dada la configuración de las instalaciones, este superficie libre **NO APLICA**, ya que los artefactos se encuentran en una instalación abierta al exterior, ya que se encuentra protegida por sistemas de **MALLAS/REJAS**. Por lo cual el cálculo del volumen podría despreciarse para el este caso.

9 RESULTADOS INSTALACIÓN

9.1 CENTRAL DE ALMACENAMIENTO

A continuación se presenta un resumen de la memoria de cálculo, condiciones y selecciones de la central de almacenamiento.

CENTRAL DE ALMACENAMIENTO		
PIT	5770	[kW]
TIPO DE CONSUMO	CONTINUO	-
TIPO DE ESTANQUE	4	[m ³]
TIPO INSTALACION	SUPERFICIAL	-
RAZON DE VAPORIZACION	220	-
Nº MINIMO DE ESTANQUES	23	

TIPO DE VAPORIZACION	FORZADA	-
Nº SELECCIONADO DE ESTANQUES	8	

CONSUMO DIARIO	7210	[Mcal/dia]
AUTONOMIA	17	[dias]
D.S.66	Cumple con D.S.66	-

VAPORIZADOR	RH120	-
RAZON	120	[gal/h]
Potencia Instalada por Vaporizador	3300	[Mcal]
Cantidad minima de vaporizadores	2	-
C seleccionada de vaporizadores	3	-

DECANTADOR	SI	-
CAPACIDAD	1	[m ³]

VOLUMEN	NO APLICA	-
VENTILACION	NO APLICA	-

Tabla 39: Resumen Central de Almacenamiento - Elaboración propia

9.2 REDES DE DISTRIBUCIÓN

9.2.1 RED MEDIANA PRESIÓN

RED MEDIANA PRESIÓN												
PERDIDA MAX			150	[Pa]								
PRESIÓN INICIAL			1	[bar]								
	TRAMO	LONGITUD (m)	TIPO DE CAÑERÍA	Ø NOMINAL	EQUIPOS INSTALADOS	POTENCIA (kW/h)	POTENCIA CALCULO [kW]/h	P1 [bar]	P2 [bar]	VELOCIDAD [m/s]	%	D.S.66
1	1 - 2	15,70	Cobre_Tipo_L	2"			3526,41	1,000	0,981	26,2	1,9	Si Cumple con Art. 68°
2	2 - 3	33,20	Cobre_Tipo_L	3/4"			96,72	0,981	0,976	3,0	0,5	Si Cumple con Art. 68°
3	3 - 4	0,30	Cobre_Tipo_L	1/2"	1 REG. 2DA ETAPA	52	52	0,976	0,976	3,1	0,0	Si Cumple con Art. 68°
4	3 - 5	5,80	Cobre_Tipo_L	1/2"	1 REG. 2DA ETAPA	52	52	0,976	0,974	3,1	0,2	Si Cumple con Art. 68°
5	2 - 6	101,00	Cobre_Tipo_L	2"			4314,52	0,981	0,777	32,4	20,4	Si Cumple con Art. 68°
6	6 - 7	5,00	Cobre_Tipo_L	1"	1 REG. 2DA ETAPA	525	536,61	0,777	0,771	12,4	0,6	Si Cumple con Art. 68°
7	7 - 8	0,80	Cobre_Tipo_L	1"	1 REG. 2DA ETAPA	52	52	0,771	0,771	1,1	0,0	Si Cumple con Art. 68°
8	6 - 9	17,70	Cobre_Tipo_L	2"	1 REG. 2DA ETAPA	5100	5100	0,777	0,720	31,5	5,7	Si Cumple con Art. 68°

Figura 78: Resultados Red Mediana Presión

9.2.2 RED BAJA PRESIÓN TC5

RED BAJA PRESIÓN TC5										
PERDIDA MAX			150	[Pa]						
	TRAMO	LONGITUD (m)	TIPO DE CAÑERÍA	Ø NOMINAL	Ø INTERIOR	K	EQUIPOS INSTALADOS	POTENCIA (kW/h)	PERDIDA PARCIAL (Pa)	PERDIDA TOTAL (Pa)
1	1 - 2	2	Cobre_Tipo_L	1 1/2"	38,24	1980		525	33,42	33,42
2	2 - 3	1,5	Cobre_Tipo_L	3/4"	19,94	1800	1 CALDERA	175	87,41	120,83
3	2 - 4	1	Cobre_Tipo_L	1 1/2"	38,24	1980		350	7,43	40,85
4	4 - 5	1,5	Cobre_Tipo_L	3/4"	19,94	1800	1 CALDERA	175	87,41	128,25
5	4 - 6	1	Cobre_Tipo_L	1 1/2"	38,24	1980		175	1,86	42,70
6	6 - 7	1,5	Cobre_Tipo_L	3/4"	19,94	1800	1 CALDERA	175	87,41	130,11
									PERDIDA DE PRESIÓN MAS ALTA	EN QUE PUNTO
									130	7

Figura 79: Resultados Red Baja Presión TC5

9.2.3 RED BAJA PRESIÓN TC6 REG 1 y REG 2

RED BAJA PRESIÓN TC6 REG 1										
PERDIDA MAX			150	[Pa]						
	TRAMO	LONGITUD (m)	TIPO DE CAÑERÍA	Ø NOMINAL	Ø INTERIOR	K	EQUIPOS INSTALADOS	POTENCIA (kW/h)	PERDIDA PARCIAL (Pa)	PERDIDA TOTAL (Pa)
1	1 - 2	1	Cobre_Tipo_L	3/4"	19,94	1800		71,4	9,70	9,70
2	2 - 3	1,2	Cobre_Tipo_L	1/2"	13,84	1800	1 CALEFON T.F.	35,7	18,07	27,77
3	2 - 4	1	Cobre_Tipo_L	3/4"	19,94	1800		35,7	2,43	12,13
4	4 - 5	1,2	Cobre_Tipo_L	1/2"	13,84	1800	1 CALEFON T.F.	35,7	18,07	30,19
									PERDIDA DE PRESIÓN MAS ALTA	EN QUE PUNTO
									30	5

RED BAJA PRESIÓN TC6 REG 2										
PERDIDA MAX			150	[Pa]						
	TRAMO	LONGITUD (m)	TIPO DE CAÑERÍA	Ø NOMINAL	Ø INTERIOR	K	EQUIPOS INSTALADOS	POTENCIA (kW/h)	PERDIDA PARCIAL (Pa)	PERDIDA TOTAL (Pa)
1	1 - 2	1	Cobre_Tipo_L	3/4"	19,94	1800		71,4	9,70	9,70
2	2 - 3	1,2	Cobre_Tipo_L	1/2"	13,84	1800	1 CALEFON T.F.	35,7	18,07	27,77
3	2 - 4	1	Cobre_Tipo_L	3/4"	19,94	1800		35,7	2,43	12,13
4	4 - 5	1,2	Cobre_Tipo_L	1/2"	13,84	1800	1 CALEFON T.F.	35,7	18,07	30,19
									PERDIDA DE PRESIÓN MAS ALTA	EN QUE PUNTO
									30	5

Figura 80: Resultado Red Baja Presión TC6 REG 1 y REG2

9.2.4 RED BAJA PRESIÓN TC7

RED BAJA PRESIÓN TC7										
PERDIDA MAX			150	[Pa]						
	TRAMO	LONGITUD (m)	TIPO DE CAÑERÍA	Ø NOMINAL	Ø INTERIOR	K	EQUIPOS INSTALADOS	POTENCIA (kW/h)	PERDIDA PARCIAL (Pa)	PERDIDA TOTAL (Pa)
1	1 - 2	2	Acero_Schedule_40	4"	102,26	2420	1 Quemador	5100	15,44	15,44
									PERDIDA DE PRESIÓN MAS ALTA	EN QUE PUNTO
									15	2

Figura 81: Resultados Red Baja Presión TC7

10 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Dado lo expuesto en las normativas vigentes que rigen las instalaciones de gas licuado petróleo, se interpretan los resultados para las siguientes secciones.

10.1 CENTRAL DE ALMACENAMIENTO

La central de almacenamiento consiste en una instalación de 8 estanques de 4m³, según cálculo de razón de vaporización. Se requieren de 23 estanques para satisfacer las necesidades del combustible con la utilización de la vaporización natural. Para este caso, se seleccionan 8 estanques debido a las condiciones del terreno ya que no se pueden instalar más estanques, por lo cual es necesario recurrir a la vaporización forzada, a través del uso de Vaporizadores Ransome RH120 los cuales son capaces de proceso 120 galones por hora de GLP.

Las distancias de seguridad de la instalación son las siguientes:

- Distancia entre estanques: 1 m
- Distancia entre estanque y línea constructiva: 7,6 m
- Distancia entre vaporizadores y puerto de transferencia: > 3 m
- Distancia entre vaporizadores y envolvente de los estanques: 4,5 m

Todas estas distancias se encuentran seleccionadas en base a los artículos normativos correspondientes a las instalaciones de gas.

El estanque decantado de 1 m³ es altamente suficiente para lograr “filtrar” la Oleofina aguas abajo.

Finalmente, la autonomía de los estanques es de 17 días de operación siendo el día 18 el día de llenado. Según la normativa este valor, no debe ser menor a 8 días, por lo cual la autonomía se encuentra en un rango favorable. No obstante, existen casos que hay instalaciones que no cumplen con una autonomía de 8 días, esto se debe a las condiciones en terreno y a la disponibilidad de zonas para las instalaciones. Para estos casos se hacen excepciones siempre autorizadas por parte del SEC.

10.2 RED DE MEDIANA PRESIÓN

Dado lo que postula el Artículo 68° del D.S.66 1996 y su versión actualizada D.S.2007. Para una red de mediana presión se permite una caída de presión máxima entre los reguladores de 1ª y 2ª etapa, un 50% de la presión manométrica inicial, siempre y cuando la velocidad del gas en ese tramo no sea mayor a 40 [m/s].

Analizando los resultados expuestos en la *Figura 78*, se puede observar que el tramo con mayor criticidad es el Tramo 2 – 6, donde se tiene una caída de alrededor del 20% de la presión inicial, con una velocidad del gas de 32 [m/s]. Lo cual, está dentro del rango permisible.

10.3 REDES DE BAJA PRESIÓN

El gas a circular en las redes de distribución por medio de cañerías es gas licuado de Petróleo (GLP), el cual según la normativa vigente tiene una máxima pérdida permitida para el diseño y selección de las cañerías de 150 [Pa]. Por lo general los materiales mayormente utilizados para estas redes son de Cobre tipo “K” o “L”, sin embargo para demandas más exigentes se requiere del uso de cañerías de acero como el Acero Schedule 40.

- **PARA LA INSTALACIÓN TC5:**

Con la potencia instalada de la red, expuesta en la *Figura 79*, es de 525 [kW/h]. Dando como resultado como punto crítico el tramo 6 – 7, el cual tiene una pérdida acumulada total de 130 [Pa], la cual se encuentra dentro del rango permisible.

- **PARA LA INSTALACIÓN TC6 REG 1 Y REG 2:**

Con la potencia instalada de las redes (idénticas), expuestas en la *Figura 80*, es de 71 [kW/h]. Los tramos 4 – 5 respectivos, son los tramo con mayor pérdida acumulada. Un valor de 30 [Pa], sin embargo, al igual que la red anterior, se encuentra dentro del rango permisible.

- **PARA LA INSTALACIÓN TC7:**

Para este caso, las cañerías utilizadas fueron de Acero Schedule 40. El tramo de la red de distribución 1 – 2 (único), tiene una pérdida de 15 [Pa]. Lo cual se encuentra claramente dentro del rango permisible de pérdida.

11 IMÁGENES DE INSTALACIÓN

A continuación se presentan la instalación en proceso con fotografías tomadas en terreno, donde se puede evidenciar principalmente la central de almacenamiento de GLP, con las unidades de vaporización y el estanque decantador.



Figura 82: Central de almacenamiento de GLP

Las conexiones inferiores de los estanques se realizan en una configuración del tipo cascada, denominada comúnmente como del tipo “PEINETA”, esto con la finalidad de que los estanques se comporten como un único estanque. En otras palabras, esta configuración provoca que los estanques se vacíen todos en la misma proporción y mantengan las mismas propiedades.



Figura 83: Instalación tipo Peineta



Figura 84: Vaporizadores Ransome RH120



Figura 85: Regulación de Primera Etapa Vaporizadores

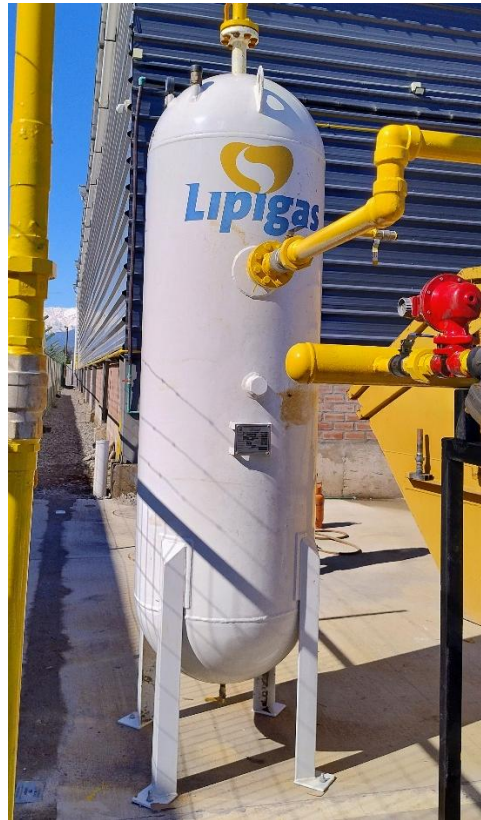


Figura 86: Pulmón Decantador - 1 m³



Figura 87: Instalación Vaporización/Decantador



Figura 88: Regulación Segunda Etapa, Caldera



Figura 89: Caldera OPX 3000– Quemador Baltur 510LX



Figura 90: Panel de Control - Zona de Caldera

12 CERTIFICACIONES SEC

Por temas de propiedad intelectual, no se pueden adjuntar los archivos de las certificaciones por parte del SEC. Sin embargo se estas serán nombradas y brevemente explicadas.

- **TC 8:** Es el certificado de inspección y/ reparación de cada estanque instalado. En este certificado se plasman datos como el numero serial del estanque, la capacidad nominal y la cantidad de compartimiento. Se encuentran los datos de la entidad solicitante y datos del propietario del tanque.

Se muestran los ensayos y/o verificaciones realizados a cada estanque para este caso.

2. Informes de Ensayos y/o Verificaciones

N° Informe	Ensayo
L-226095	Control de espesores de metales por Ultrasonido
L-226095	Ensayo de presión hidrostática
32896/2023	Inspección de fijación de placa
L-226095	Inspección de recubrimiento y/o pintura
L-226095	Inspección de soldadura
L-226095	Inspección de válvulas
L-226095	Inspección visual
L-226095	Verificación de accesorios

Figura 91: Ensayos y/o verificaciones de los estanques - TC8

Se entrega un informe de inspección dimensional y visual del estanque como también los datos obtenidos en la prueba hidrostática.

Inspección Dimensional y Visual

Espesor mínimo calculado en mm:

Espesor cabezal

Espesor manto

Calidad de material:

Acero cabezal

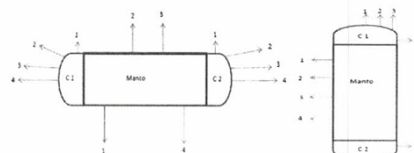
Acero manto

Eficiencia:

Cabezal

Manto

Espesor cabezal 2 (C2)	4.8	4.9	5.1	5.2
Espesor cabezal 1 (C1)	4.9	5.0	5.1	5.1
Espesor manto	6.7	6.7	6.8	6.8



Tipo de cabezal: SEMI-ELÍPTICO

Altura cabezal: 350 mm

Largo manto: 4440 mm

Largo total: 5140 mm

Cantidad anillos: 3

Perímetro: 3250 mm

Diámetro interno: 1021 mm

Diámetro externo: 1035 mm

Fecha inicio: 31-08-2023

Fecha término: 31-08-2023

Inspector: Juan Pablo Torres

Hora inicio: 15:42:50

Hora término: 15:47:59

Instrumento utilizado: SERGAS 018

Inspección Prueba Hidrostática

Presión de diseño: 250 psi

Tiempo de prueba: 18 minutos

Fecha inicio: 01-09-2023

Fecha término: 01-09-2023

Presión de prueba: 325 psi

Acepta ☒

Hora inicio: 10:38:59

Hora término: 10:57:32

Rango de manómetro: 0 - 600 psi

Rechaza ☐

Figura 92: Inspección del Estanque

También se entrega información con respecto al control del recubrimiento (pintura), Inspección visual y de soldaduras, Control de eliminación de humedad interior, Inspección de válvulas, Prueba Neumática y control de vacío.

N°	L-226095	MES	Septiembre	AÑO	2023
FABRICANTE	VISA				
PROPIETARIO	LIPIGAS				
SERIE ORIGINAL	88148	FECHA	2013	TIPO	SUPERFICIE
CAPACIDAD	4000 Lts	PRESIÓN DE PRUEBA	325 psi		
PRESIÓN DE DISEÑO 1,73 MPA	250 psi	NORMA DISEÑO	ASME 2010		
MATERIAL DEL MANTO	A 414 GR G	ESPELOR MÍNIMO (mm)	6.0		
MATERIAL DE CABEZALES	A 414 GR G	ESPELOR MÍNIMO (mm)	4.1		
FORMA DE CABEZALES	SEMI-ELÍPTICO				
CERTIFICADO DE APROBACIÓN N°	668559				
OTORGADO POR LEC	SITEC	CUÑO			
DATOS PLACA ORIGINAL	SI				

Figura 93: Placa Inspección, Modificación o Reparación efectuada.

- **TC 2:** Certificado de Central de Gas Licuado de Petróleo y Red de distribución de GLP en Media Presión.

Se muestran los datos del instalador o profesional que declara, los antecedentes de la empresa distribuidora y los Antecedentes de la instalación donde se encuentran datos como:

- Destino
- Domicilio de Instalación
- Datos de representante
- Nombre comercial

Se muestran también los antecedentes del propietario de los estanques de GLP, para finalmente declarar los antecedentes de la central donde se describen los artefactos y las potencias declaradas/instaladas.

- **TC 5:** Certificado de Declaración de Centrales Térmicas, se muestran al igual que los anteriores los antecedentes del instalador, antecedentes de la instalación, el tipo de instalación, Tipo de Construcción, Potencia Total Declarada y la cantidad de artefactos. La última sección de este certificado da detalles de la instalación declarada como la normativa utilizada D.S.66, Área para el Volumen y Ventilaciones.
- **TC 6:** Es el certificado de Declaración de Instalaciones Interiores de Gas, donde se plasman varios datos similares a los anteriores (Antecedentes Instalador, Antecedentes de la instalación, Detalle de las instalaciones). Para este caso, se entra en más detalle las instalaciones interiores declarando las potencias y los artefactos instalados
- **TC 7:** Es el certificado de Declaración de Instalaciones Interiores Industriales de Gas.

13 DETALLE VALORIZACIÓN DEL PROYECTO

La elaboración de la valorización del proyecto será analizada de acuerdo con valores estandarizados con los que se cuenta de los activos y mano de obra proporcionados. Para este caso se realizará dicha valorización para las redes de distribución donde se demarca mayor atención en los valores de los **Materiales** y **Mano de Obra**. Contando, además, los equipos y activos necesarios para el correcto funcionamiento de todos los procesos de distribución de combustible para la planta de producción.

13.1 CUBICACIÓN RED MEDIANA PRESIÓN

Teniendo en cuenta lo anterior se tiene que para la mediana presión la siguiente cubicación:

RED MEDIANA PRESIÓN						
Diametro	Unidad	Cantidad	Valor Material	Costo Servicio	Unitario	Total
Tubería Cobre 3/4"	metros	25	\$ 7.225	\$ 5.566	\$ 12.790	\$ 319.755
Tubería Cobre 2"	metros	50	\$ 30.208	\$ 13.358	\$ 43.565	\$ 2.178.264
Excavación y retape, Medidores, terreno duro (con piedra)	metros	30	\$ 3.140	\$ 10.018	\$ 13.158	\$ 394.729
Pintura de Red	metros	55	\$ 630	\$ 3.339	\$ 3.969	\$ 218.316
Conexión Red Media Presión existente	unid.	8	\$ 4.883	\$ 13.358	\$ 18.240	\$ 145.920
Sub Total HH		46,8	Material		\$ 1.858.898	Total
			M.O.		\$ 1.398.085	\$ 3.256.983

Figura 94: Cubicación Red Mediana Presión - Elaboración Propia

Donde se extrae la siguiente Información:

- Sub Total HH: 46,8 [horas]
- Costos Materiales: \$1.858.898
- Costos Mano de Obra: \$1.398.085
- **Costo Total: \$3.256.983**

Entregando una valorización total para la **red de mediana presión** de **\$3.256.983**

13.2 CUBICACIÓN RED BAJA PRESIÓN

Para los costos asociados a la Red de Baja Presión se tiene lo siguiente:

RED BAJA PRESIÓN						
Diametro	Unidad	Cantidad	Valor Material	Costo Servicio	Unitario	Total
Tubería Cobre 3/4"	metros	15	\$ 7.532	\$ 4.453	\$ 11.984	\$ 179.761
Tubería Cobre 1 1/2"	metros	33	\$ 20.373	\$ 10.018	\$ 30.391	\$ 1.002.917
Pintura de Red	metros	30	\$ 630	\$ 3.339	\$ 3.969	\$ 119.081
Sub Total HH		16,5	Material		\$ 804.192	Total
			M.O.		\$ 497.567	\$ 1.301.759

Figura 95: Cubicación Red Baja Presión – Elaboración Propia

Donde se extrae la siguiente información:

- Sub Total HH: 16,5 [horas]
- Costos Materiales: \$ 804.192
- Costos Mano de Obra: \$ 497.567
- **Costo Total:** **\$ 1.301.751**

13.3 CUBICACIÓN CONEXIONES MEDIA

Para los costos de las conexiones de media se tiene:

CONEXIONES MEDIA						
Item	Unidad	Cantidad	Valor U.	Costo Servicio	Unitario	Subtotal
Regulador 2da Etapa, con llave de paso y te de prueba	unid.	1	\$ 15.500	\$ 13.358	\$ 28.858	\$ 28.858
Sub Total HH	0,6		Material		\$ 15.500	Total
			M.O.		\$ 13.358	\$ 28.858

Figura 96: Cubicación Conexiones Media – Elaboración Propia

Donde se extrae la siguiente información:

- Sub Total HH: 0,6 [horas]
- Costos Materiales: \$15.500
- Costos Mano de Obra: \$13.358
- **Costo Total:** **\$28.858**

13.4 OTROS COSTOS BAJA PRESIÓN

Para otros costos de la red de baja presión se tiene:

OTROS COSTOS BAJA PRESIÓN						
Item	Unidad	Cantidad	Valor U.	Costo Servicio	Unitario	Subtotal
Abrazadera tipo Briones (cada 2 mts)	metro	85	\$ 956	\$ 3.785	\$ 4.740	\$ 402.911
Nicho metálico regulador	unid.	1	\$ 19.110	\$ 13.358	\$ 32.468	\$ 32.468
Sub Total HH	13,4		Material		\$ 100.328	Total
			M.O.		\$ 335.051	\$ 435.378

Figura 97: Otros Costos Baja Presión - Elaboración Propia

Donde se extrae la siguiente información:

- Sub Total HH: 13,4 [horas]
- Costos Materiales: \$100.328
- Costos Mano de Obra: \$335.051

- **Costo Total:** **\$435.378**

13.5 OBRAS CIVILES

Los estanques no se encuentran dentro de los archivos de las cubicaciones respecto al proyecto. Esto se debe a la existencia de otra empresa contratista relacionada a la instalación de los estanques, más no en el cálculo y selección.

OBRAS CIVILES						
Item	Unidad	Cantidad	Valor U.	Costo Servicio	Unitario	Subtotal
Bases 0,5 vertical	unid.	1	\$ 32.319	\$ 33.394	\$ 65.713	\$ 65.713
Bases tanque 4 m3 superficie	unid.	4	\$ 84.105	\$ 66.788	\$ 150.893	\$ 603.570
Sub Total HH	10,8				\$ 368.739	Total
			Material		\$ 300.544	\$ 669.283
			M.O.			

Figura 98: Costos asociados a Obras Civiles - Elaboración Propia.

Donde se extrae la siguiente información:

- Sub Total HH: 10,8 [horas]
- Costos Materiales: \$368.739
- Costos Mano de Obra: \$300.544
- **Costo Total:** **\$669.283**

13.6 COSTOS OTRAS INSTALACIONES (MANO DE OBRA)

Los costos asociados a los estanques no se realizan dentro de la cubicación, sin embargo dado el uso de vaporizadores, instalaciones, redes, pulmón decantador.

COSTOS OTRAS INSTALACIONES (MANO DE OBRA)				
Instalación Equipos	Unidad	Cantidad	Valor U.	Subtotal
Instalación de vaporizador	unid.	2	\$ 520.000	\$ 1.040.000
Red liquido	unid.	1	\$ 3.400.000	\$ 3.400.000
Red vapor	unid.	1	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Reja central	unid.	1	\$ 3.900.000	\$ 3.900.000
Base vaporizador y pulmon	unid.	1	\$ 600.000	\$ 600.000
Conexión pulmon	unid.	1	\$ 300.000	\$ 300.000
Base hormigon armado estanque	unid.	4	\$ 450.000	\$ 1.800.000
Instalación otros Artefactos				\$ 12.940.000
Pulmon red BP quemador	unid.	1	\$ 900.000	\$ 900.000
Rotura pavimento y reposición	unid.	25	\$ 52.500	\$ 1.312.500
Conexión regulador	unid.	1	\$ 800.000	\$ 800.000
Conexión quemador	unid.	1	\$ 180.000	\$ 180.000
Sub Total				\$ 3.192.500

Figura 99: Costos Asociados a otras Instalaciones - Elaboración Propia

Donde se extrae la siguiente información:

- **Instalación Otros Artefactos:** **\$12.940.000**
- **Subtotal:** **\$ 3.192.500**

13.7 ACTIVOS

ACTIVOS				
REGULADOR 1ª ETAPAS				
Item	Unidad	Cantidad	Valor U.	Subtotal
Regulador 627/10	unid.	2	\$ 800.000	\$ 1.600.000
Sub Total				\$ 1.600.000
REGULADOR 2ª ETAPAS				
Item	Unidad	Cantidad	Valor U.	Subtotal
Regulador 5000mcal	unid.	1	\$ 4.700.000	\$ 4.700.000
Sub Total				\$ 4.700.000

Figura 100: Costos Asociados a Reguladores de 1ª y 2ª Etapa

Donde se extrae la siguiente información:

- **Costos Regulador 1ª Etapa:** **\$ 1.600.000**
- **Costos Regulador 2ª Etapa:** **\$ 4.700.000**

13.8 DECLARACIONES, CERTIFICACIONES Y PROYECTO

A continuación se presentan costos administrativos con respecto a declaraciones, certificaciones respecto al proyecto.

DECLARACIONES				
Item	Unidad	Cantidad	Valor U.	Subtotal
Tramite TC2	unid.	5	\$ 70.000	\$ 350.000
Tramite TC6	unid.	1	\$ 80.000	\$ 80.000
Tramite TC7	unid.	1	\$ 250.000	\$ 250.000
Sub Total				\$ 680.000
CERTIFICACIONES				
Item	Unidad	Cantidad	Valor U.	Subtotal
Valor Certificación Comercial (cocinas casinos - hoteles)	unid.	1	\$ 60.271	\$ 60.271
Certificación quemador	unid.	1	\$ 100.000	\$ 100.000
Sub Total				\$ 160.271
PROYECTO				
Item	Unidad	Cantidad	Valor U.	Subtotal
Proyecto	unid.	1	\$ 150.000	\$ 150.000
Sub Total				\$ 150.000

Figura 101: Activos, Declaraciones, Certificaciones y Proyecto – Elaboración Propia

Donde se extrae la siguiente información:

- **Declaraciones:** \$ 680.000
- **Certificaciones:** \$ 160.271
- **Proyecto:** \$ 150.000

14 RESUMEN VALORIZACIÓN

RESUMEN COMERCIAL	
COSTOS DE INSTALACIÓN	
Red Media Presión	\$ 1.859.000
Redes Baja Presión	\$ 805.000
Conexiones	\$ 16.000
Otros Costos Baja Presión	\$ 101.000
Obras Civiles	\$ 706.000
Costos Otras Instalaciones	\$ 18.453.000
Mano de Obra	\$ 2.812.000
Subtotal Obra	\$ 24.752.000
EQUIPOS Y ACTIVOS	
Tanques	\$ 28.000.000
Regulador y Medidor	\$ 6.300.000
Equipos	-
Otros Equipos	-
Total Activos	\$ 34.300.000
DECLARACIONES	
Proyectistas y Planos	\$ 150.000
Declaración	\$ 680.000
Certificación	\$ 161.000
Subtotal Declaración	\$ 991.000
DIAS	
DIAS REDES (OBRA)	14
DIAS DECLARACION	96
DIAS TOTALES PROYECTO	110
HH	
HH REDES (OBRA)	88
HH DECLARACION	620
HH TOTALES PROYECTO	708
TOTAL PROYECTO	
Tanques	\$ 28.000.000
Costos de Instalación	\$ 25.743.000
Equipos Reguladores y Medidores	\$ 6.300.000
Total NETO	\$ 60.043.000
IVA (19%)	\$ 11.409.000
TOTAL	\$ 71.452.000

Figura 102: Resumen Comercial Proyecto Central de Almacenamiento de GLP y redes de Distribución

En la *Figura 102*, se puede apreciar un resumen de los datos totales con respecto a la cubitaciones entregadas en el *Punto 13*. Alguno de los datos más importantes son los siguientes:

- Se puede apreciar que el proyecto tiene un tiempo estimado de días de obra de **14 días**
- Se tienen **96 días** que corresponden a los procesos de declaraciones, inspecciones y puesta en marchas respecto a las normativas vigentes y el SEC.
- Los días totales del proyecto ascienden a un valor total de **110 días**.

Para los costos se obtienen los siguientes resultados:

- El costo relacionado a la configuración de 8 estanques de **4 [m³]**, corresponde a un valor cercano a **28.000.000 pesos chilenos**
- Los costos de instalación totales ascienden a un valor de **24.752.000 pesos chilenos**
- Los costos asociados a los equipos reguladores y medidores ascienden a un **valor de 6.300.000 pesos chilenos**
- Los costos asociados a declaraciones ascienden a un valor de **991.000 pesos chilenos.**

Lo que nos da una valorización total del proyecto con IVA incluido una suma de **71.452.000 pesos chilenos**

15 CONCLUSIONES

Se identificó que el GLP presenta ventajas operativas frente al diésel en el sector industrial. Sin embargo, el diésel sigue siendo predominante en zonas sin infraestructura de gas, pero debido a los lineamientos ambientales, se requiere de estudios de factibilidad para la conversión energética.

Se analizaron las normativas chilenas como el **D.S. 66**, junto con **NFPA 58**, determinando que la instalación propuesta cumple con los requisitos de seguridad, trazabilidad, ventilación, señalización y monitoreo

Se cumple el propósito de desarrollar una propuesta de ingeniería conceptual avanzada que contempló una central de almacenamiento de **8 estanques de 4 m³** conectados a **3 vaporizadores de 120 gal/h**, lo que permite una autonomía energética de **17 días** bajo condiciones de **consumo continuo**.

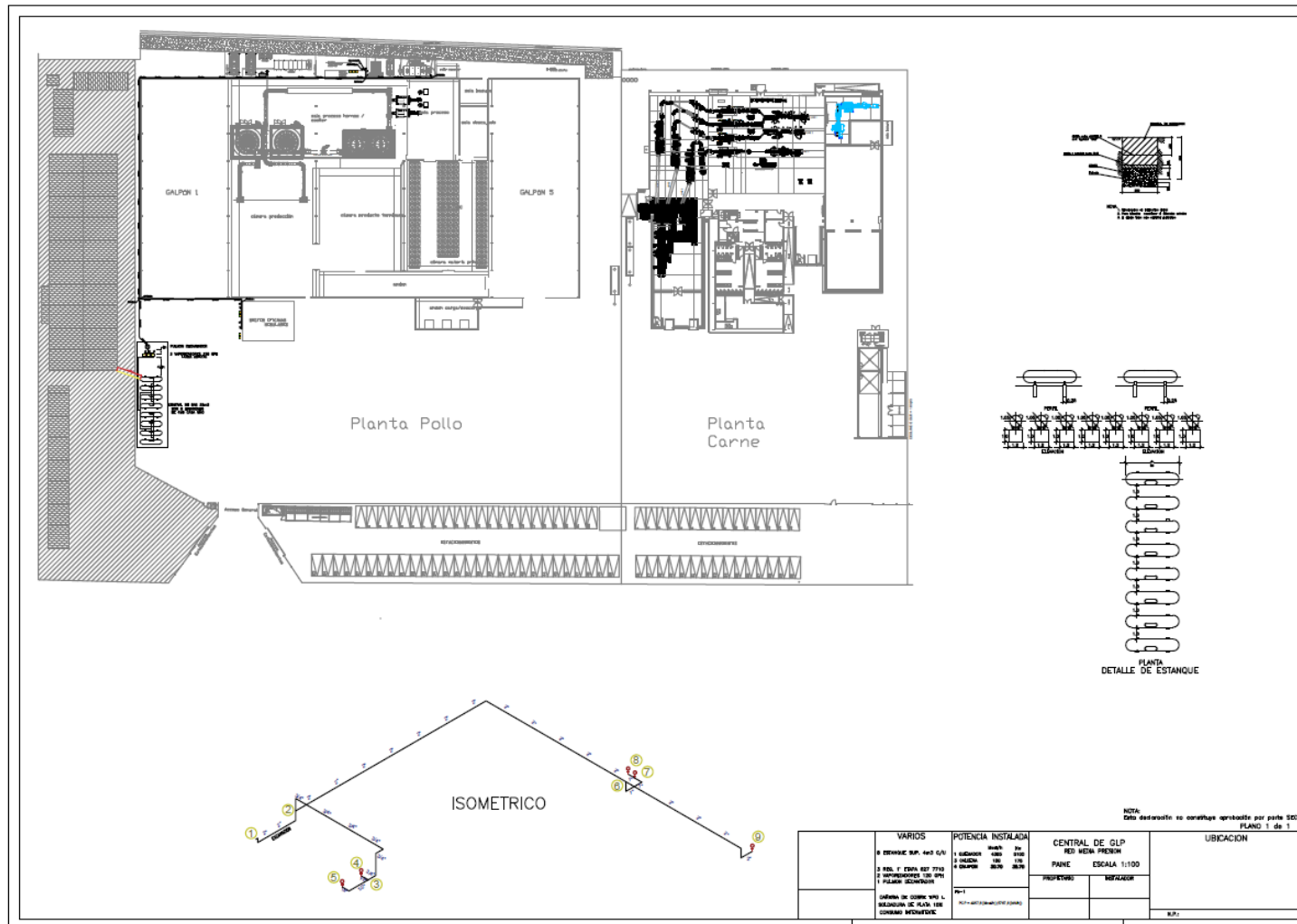
La valorización económica del proyecto asciende al valor alrededor de **70 millones de pesos**, incluyendo infraestructura, equipos, instalación y puesta en marcha.

Se concluye que el proyecto es viable técnica y económicamente, y genera beneficios en eficiencia térmica, reducción de emisiones.

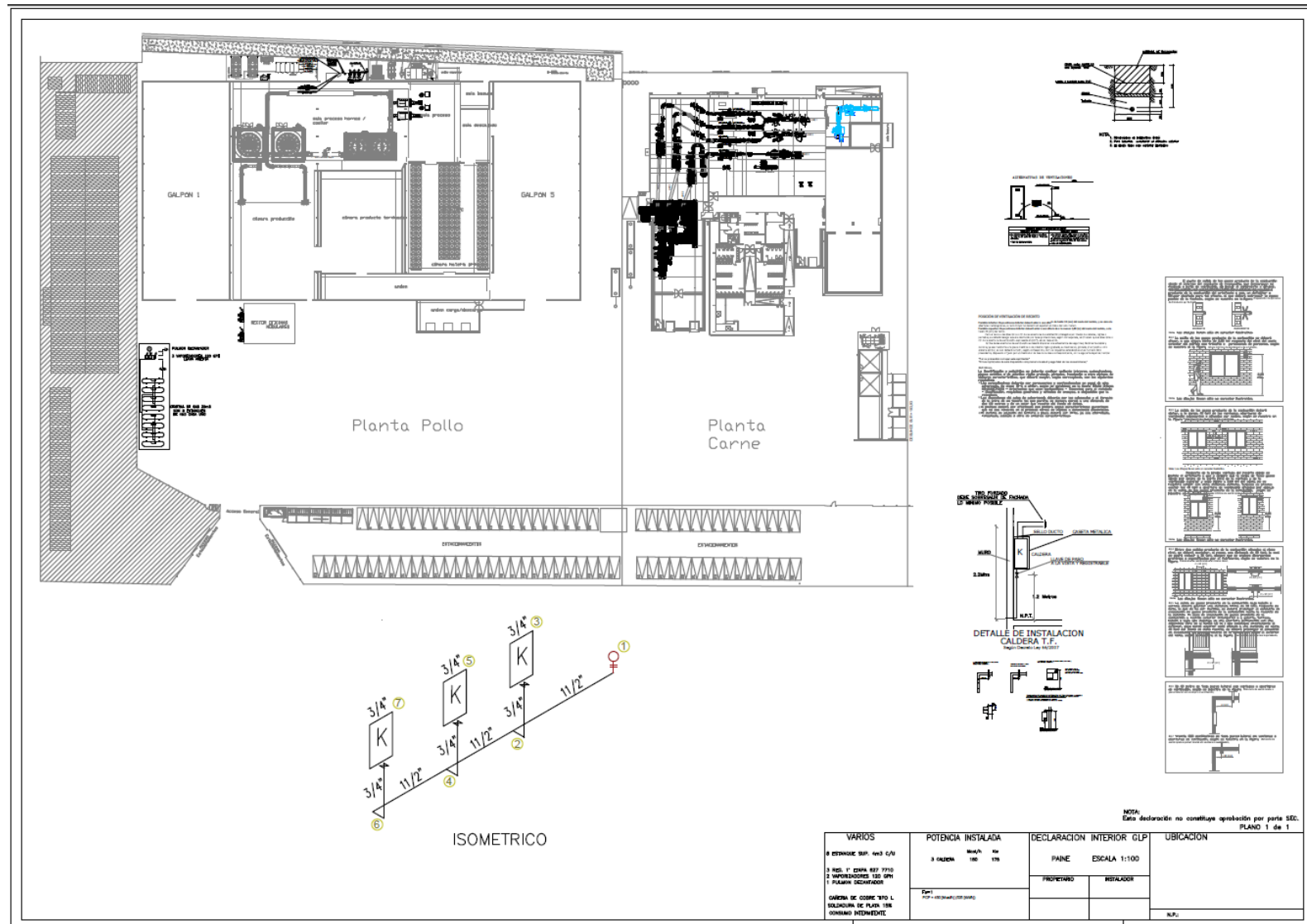
16 REFERENCIAS

1. **American Society of Mechanical Engineers.** (2023). *ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII: Rules for Construction of Pressure Vessels*. ASME.
2. **Arias Cartín, J. P.** (2016). *Gas LP: El reto del diseño para instalaciones confiables y seguras basadas NFPA*. Recuperado de (PDF) Gas LP: El reto del diseño para instalaciones confiables y seguras basadas NFPA.
3. **Hernández Martín, E. A., & García Gascó, A. M.** (2008). *Especificaciones técnicas CONAIF-SEDIGAS para la certificación de instaladores de gas: Materias específicas Tipo A, Parte 19 - Depósitos fijos de GLP*. CONAIF-SEDIGAS Certificación.
4. **Ledesma, A.** (2005). *Diseño de las instalaciones industriales de gas licuado de petróleo*. Colegio de Ingenieros del Perú – Capítulo de Ingeniería Mecánica.
5. **López Sopena, J. E.** (2001). *Manual de instalaciones de GLP*. CEPSA ELF GAS, S.A.
6. **Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.** (2007). *Decreto Supremo N° 66: Aprueba Reglamento de Instalaciones Interiores y Medidores de Gas*. Gobierno de Chile. Recuperado de <https://nuevo.leychile.cl/navegar?idNorma=263058>.
7. **National Fire Protection Association.** (2024). *NFPA 58: Liquefied Petroleum Gas Code*. NFPA.
8. **Zuluaga Muñoz, E. L., & Roa Marín, J. M.** (1993). *Diseño de redes de gas (GLP) en el área de las instalaciones domiciliarias e industriales basado en las normas y parámetros internacionales y nacionales*. Corporación Universitaria Autónoma de Occidente, División de Ingenierías, Programa de Ingeniería Mecánica.

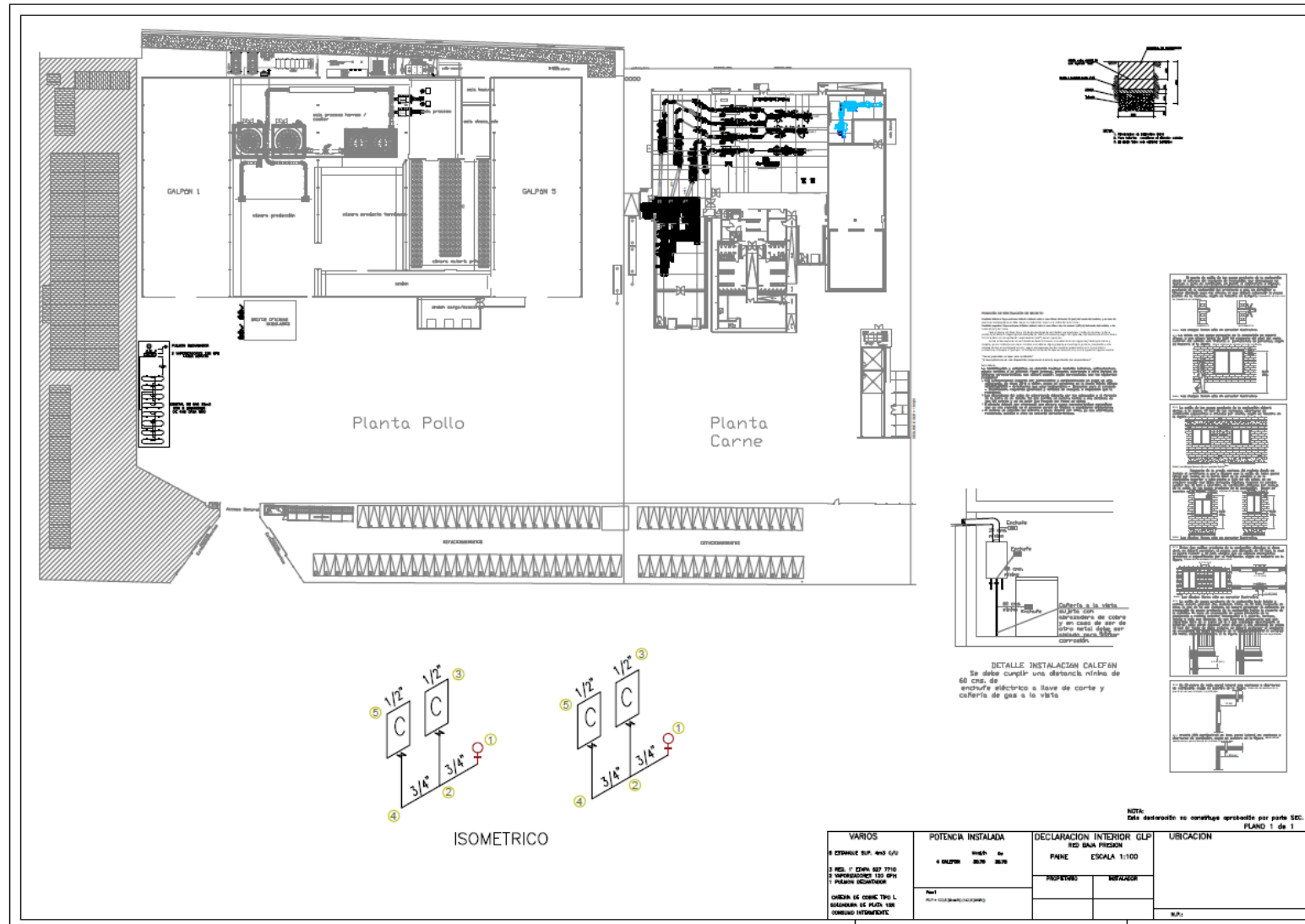
17 ANEXOS



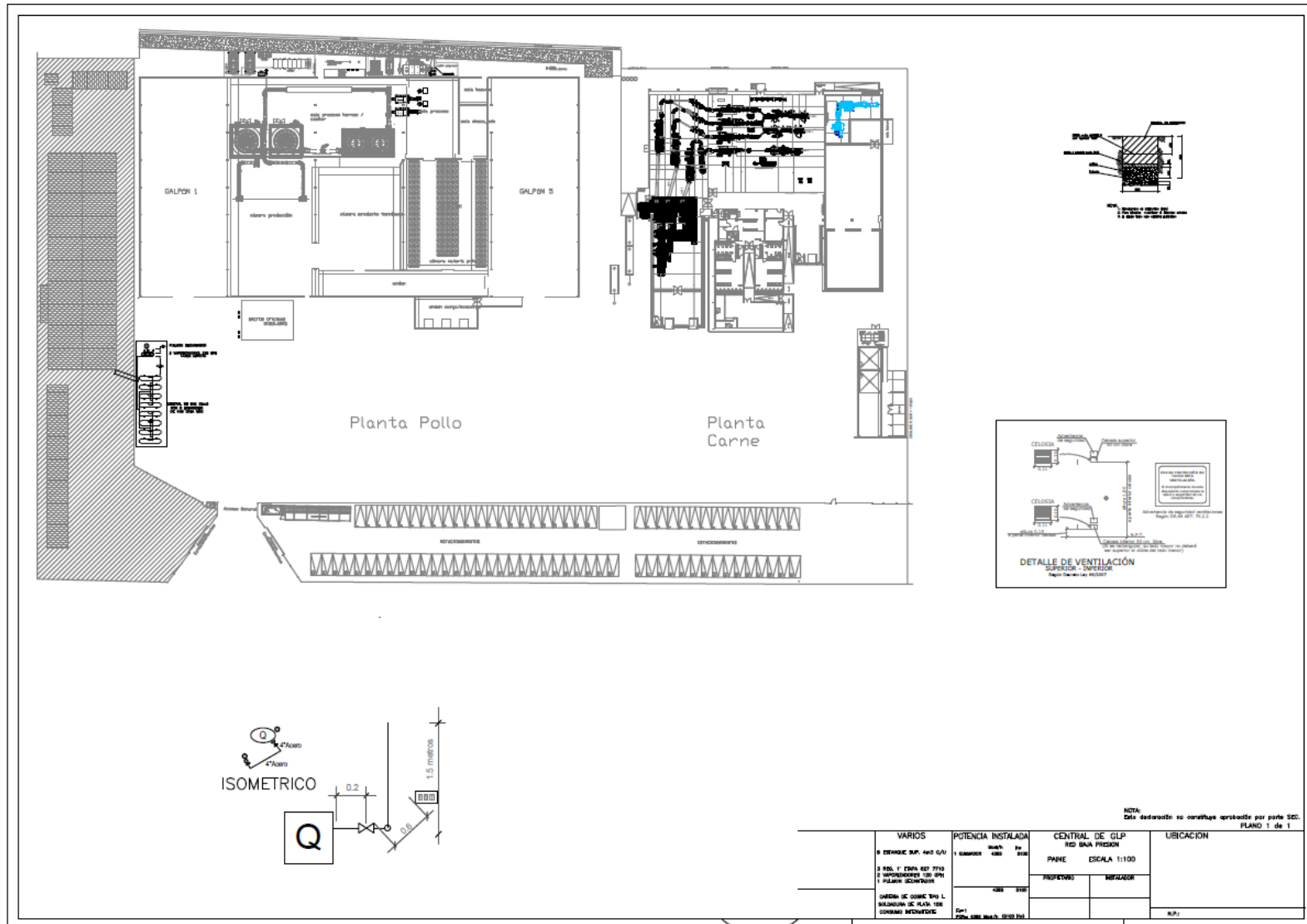
Anexo 1: Plano RED MEDIANA PRESIÓN



Anexo 2: Plano TC5 - Red Baja Presión



Anexo 3: Plano TC6 REG 1 - REG 2 Red Baja Presión



Anexo 4: Plano TC7 - Quemador Red Baja Presión