



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS
RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

Carrera de Ingeniería en Electromecánica

"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
CENTRALIZADO DE GLP PARA EL TALLER
MECÁNICO DEL AEIRNNR DE LA UNL"

Tesis de Grado previa la
Obtención del Título de
Ingeniero en Electromecánica

INTEGRANTES:

Luis Alberto Yunga Herrera

Servio Trajano Torres González

DIRECTOR:

Ing. Manuel Ignacio Ayala Chauvin

Loja – Ecuador

2010

CERTIFICACIÓN

Ing. Manuel Ignacio Ayala Chauvin

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación, bajo el tema “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE GLP PARA EL TALLER MECÁNICO DEL AEIRNNR DE LA UNL**”, previa a la obtención del título de **INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**, realizado por los **Señores Egresados: Luis Alberto Yunga Herrera, Servio Trajano Torres González**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, febrero de 2010

Ing. Manuel Ignacio Ayala Chauvin

DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Los integrantes del grupo de investigación nos responsabilizamos por, las ideas, hechos, principios, conceptos y resultados vertidos en el presente proyecto de tesis y autorizamos al Área de la Energía, las Industrias y Recursos Naturales no Renovables hacer uso del presente documento en lo conveniente.

Luis Alberto Yunga Herrera

Servio Trajano Torres González

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más profundo agradecimiento a la *Universidad Nacional de Loja*, al *Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables*, por habernos dado la oportunidad de seguir una carrera universitaria y concluir con la respectiva graduación, agradecimiento que también lo hacemos extensible a cada uno de los docentes y administrativos que en su momento nos brindaron sus conocimientos y apoyo para la formación como futuros profesionales. De manera especial queremos agradecer muy sinceramente al *Señor Ing. Manuel Ignacio Ayala Chauvin*, quien con su dirección y asesoramiento permanente nos incentivó a terminar nuestro trabajo de manera satisfactoria, sin escatimar su valioso tiempo y conocimiento.

DEDICATORIA

A mi esposa Marianita y a mí querida hija Danielita, por su generosidad, paciencia y colaboración brindada en el transcurso de mis estudios y mi vida. **GRACIAS**

Luis

El presente trabajo de tesis de grado dedico con todo cariño y afecto a mis queridos padres, quienes con su ejemplo son el pilar para mi constante superación.

Servio

ÍNDICE GENERAL

Certificación	ii	
Autoría	iii	
Agradecimiento	iv	
Dedicatoria	v	
Índice general	vi	
I	RESUMEN	14
II	INTRODUCCIÓN	16
III	REVISIÓN DE LITERATURA	22
3.1	PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS FLUIDOS	22
3.1.1.	Masa	22
3.1.2.	Densidad	22
3.1.3.	Presión	23
3.1.4.	Peso específico	24
3.1.5.	Volumen específico	24
3.1.6.	Densidad relativa	24
3.1.7.	Viscosidad	25
3.1.7.1.	Viscosidad absoluta o dinámica	25
3.1.7.2.	Viscosidad cinemática	25
3.1.8.	Masa en volumen	25
3.1.9.	Velocidad de flujo	26
3.1.10.	Caudal	26
3.1.11.	Longitud	28
3.2.	GAS IDEAL	28
3.2.1.	Leyes de los gases	30
a.	Primera ley (Boyle-Mariotte)	30
b.	Segunda ley (Gay Lussac).	31

c.	Tercera ley (Charles)	31
3.2.2.	Familia de gases	31
a.	Primera familia	31
b.	Segunda familia	32
c.	Tercera familia	32
3.3.	GAS LICUADO DE PETRÓLEO	33
3.3.1.	Definición	33
3.3.2.	Propiedades y características del gas licuado de petróleo	33
a.	Peso	33
b.	Peso específico relativo, gravedad específica en relación al agua	33
c.	Peso específico relativo, gravedad específica en relación al aire	34
d.	El punto de ebullición de una sustancia	35
3.3.3.	Presión de vapor	35
3.3.4.	Capacidad de vaporización	36
3.3.5.	Poder calorífico	36
3.3.6.	Características principales del GLP	37
a.	Corrosión	37
b.	Toxicidad	37
c.	Olor	37
d.	Contaminación	37
3.3.7.	Usos y aplicaciones	39
3.3.8.	Sistemas de almacenamiento	42
3.3.8.1.	Recipientes para gas licuado de petróleo	43
a.	Tanques	43
b.	Partes principales de un tanque	44
c.	Accesorios de un tanque	45
3.3.8.2.	Dimensionamiento de la capacidad de almacenamiento de gas licuado de petróleo	50
a.	Requisitos para la autonomía en la instalación en tanques	50
b.	Vaporización de tanques	51
c.	Autonomía del tanque	52

d.	Simultaneidad	53
e.	Diagrama de vaporización	54
3.3.9.	Instalación de gas licuado de petróleo	55
3.3.9.1.	Tipos de instalaciones para tanques	55
3.3.9.2.	Distancia de seguridad y condiciones de diseño	56
3.3.9.3.	Requisitos prácticos	57
3.3.9.4.	Inertización de tanques de almacenamiento de gas licuado de petróleo	58
3.3.9.5.	Corrosión y protección	59
3.3.9.5.1.	Protección catódica en tanques	59
a.	Corrosión	59
b.	Célula electroquímica	60
c.	Cátodo	60
3.3.9.5.2.	Protección estática para tanques	60
3.3.10.	Redes de distribución	62
3.3.10.1.	Tubería de cobre	63
a.	Ventajas de las propiedades del tubo de cobre	64
b.	Formas de suministro del tubo de cobre	64
c.	Dimensiones y pesos de tubos de cobre	65
3.3.10.2.	Instalación de tuberías de cobre	66
3.3.10.2.1.	Procesos de acoplamiento y conexiones	67
3.3.10.3.	Pruebas de estanqueidad para tuberías	70
a.	Pruebas de estanqueidad para redes de media presión	70
b.	Pruebas de estanqueidad para redes de baja presión	70
3.3.10.4.	Diámetro de la tubería a adoptar	70
3.3.10.5.	Pérdidas de carga	71
3.3.10.6.	Velocidad de circulación del gas	74
3.3.10.7.	Pérdidas totales en el sistema	74
3.4.	ACCESORIOS Y ELEMENTOS DE SEGURIDAD	75
3.4.1.	Contadores	75
a.	Requisitos que se deben tomar en cuenta en las instalaciones de contadores	76
3.4.2.	Reguladores	77

3.4.2.1.	Reguladores de acción directa	77
3.4.2.2.	Ubicación e instalaciones de reguladores	78
a.	Instalaciones alimentadas con GLP y regulación	78
3.4.2.3.	Válvula de exceso de flujo	79
3.4.2.4.	Válvula de seguridad	79
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	80
4.1.	NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 260:2008	81
4.1.1.	Disposiciones generales requeridas	90
4.1.2.	Clasificación de los gases combustibles	90
4.1.3.	Requisitos de una instalación de gas combustible	91
4.1.4.	Instalación de tuberías	93
4.1.5.	Limitaciones de presión	106
4.1.6.	Dispositivos de anclaje	107
4.1.7.	Protección contra la corrosión	107
4.1.8.	Instrumentos de control y medición	108
4.1.9.	Regulación de presión	109
4.1.10.	Mecanismos de control de sobrepresión	110
4.1.11.	Contadores	111
4.1.12.	Válvulas de corte	114
4.1.13.	Tanques destinados para almacenamiento	122
4.1.14.	Elementos complementarios en una instalación	129
4.1.15.	Requisitos de ventilación de los locales que contienen artefactos a gas	130
4.1.16.	Evacuación de los productos de la combustión de los aparatos conducidos	131
4.1.17.	Ensayos y verificaciones	133
4.1.18.	Pruebas previas a puesta en operación	134
4.1.19.	Inspección	135
4.1.20.	Rotulado	135
4.2.	DISEÑO DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE GLP	136
4.2.1.	Obtención del poder calorífico y presiones de funcionamiento	

	de los equipos	136
a.	Horno de tratamientos térmicos	136
b.	Horno de fundición	137
c.	Calderin o calentador acumulador de agua ultra rápido	139
d.	Calentador acumulador de agua ultra rápido	140
e.	Equipo de transferencia de calor	140
f.	Equipo de oxicorte	140
4.2.2.	Consumo total del sistema	141
4.2.3.	Selección del recipiente	142
4.2.4.	Presión total del GLP que se utilizara en nuestro proyecto	143
4.2.5.	Vaporización	146
4.2.6.	Autonomía de llenado	149
4.2.7.	Calcular los diámetros de tuberías de la red centralizada de GLP	150
4.2.8.	Análisis por tramos para media presión	156
4.2.8.1.	Análisis del tramo A-B (tanque al sistema de medición)	156
4.2.8.2.	Análisis del tramo B-C contadores horno de tratamientos	159
4.2.8.3.	Análisis del tramo C-D horno de tratamientos –horno de fundición	161
4.2.8.4.	Análisis del tramo C-E abastecimiento al horno de tratamientos térmicos	163
4.2.8.5.	Análisis del tramo D-F abastecimiento al horno de fundición de metales blandos	165
4.2.8.6.	Análisis del tramo D –J equipo de oxicorte	168
4.2.8.7.	Análisis del tramo J-K abastecimiento al equipo de oxicorte	170
4.2.9.	Análisis por tramos para baja presión	173
4.2.9.1.	Análisis del tramo B-C de sistema de contadores al Calderin o calentador instantáneo de agua	173
4.2.9.2.	Análisis del tramo C-D del Calderin al equipo de Transferencia de calor	175
4.2.9.3.	Análisis del tramo C-E alimentación de Calderin o calentador instantáneo de agua	177
4.2.9.4.	Análisis del tramo D-F alimentación del equipo de	

	transferencia de calor	180
4.2.10.	Sistema de acoplamiento de tuberías	182
4.2.11.	Selección de accesorios del sistema centralizado GLP	182
4.2.11.1.	Regulador de primera Etapa y regulación de sistemas de alto consumo	182
4.2.11.2.	Regulador de línea o regulación de sistemas de bajo consumo	183
4.2.11.3.	Regulador de segunda Etapa	183
4.2.12.	Sistema de medición	184
a.	Sistemas de alto consumo	184
b.	Sistemas de bajo consumo	184
4.2.13.	Sistema de seguridad y protección	184
4.3.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE GLP PARA EL TALLER MECÁNICO DEL AEIRNNR	185
4.3.1.	Adquisición del tanque	185
4.3.2.	Accesorios de tanque	186
4.3.3.	Ubicación del tanque	187
4.3.4.	Adquirir tubería, accesorios, y dispositivos de seguridad para instalar el sistema	188
4.3.4.1.	Tubería	188
4.3.4.2.	Accesorios de acoplamiento para tubería	188
4.3.4.3.	Dispositivos de seguridad	190
a.	Sistema de regulación de primera Etapa	190
b.	Regulador de línea	192
c.	Regulador de segunda etapa	192
4.3.5.	Contadores volumétricos de gas	193
4.3.6.	Válvula exceso de flujo	196
4.3.7.	Manómetros	196
4.4.	REALIZAR PRUEBAS DE HERMETICIDAD	197
4.4.1.	Realizar pruebas a accesorios de regulación	198
4.4.2.	Comprobación a accesorios de seguridad	198
V.	RESULTADOS	200

5.1.	INTERPRETAR LAS NORMAS INTERNACIONALES COMO LAS ESPAÑOLAS Y AMERICANAS.	200
5.1.1.	Disposiciones generales requeridas	200
5.1.2.	Clasificación de gas combustible a utilizar	200
5.1.3.	Rangos de presión	201
5.1.4.	Requisitos de una instalación de gas combustible	201
5.1.5.	Instalación de tuberías	201
5.1.6.	Distancias mínimas entre tuberías	202
5.1.7.	Dispositivos de anclaje	202
5.1.8.	Limitaciones de acuerdo a la máxima presión de operación permisible – MP(media presión) OP (baja presión)	202
5.1.9.	Instrumentos de control	203
5.1.10.	Mecanismos de control de sobrepresión	203
5.1.11.	Almacenamiento de GLP	204
5.1.12.	Protección contra el fuego	204
5.1.13.	Elementos complementarios en una instalación	205
5.1.14.	Ensayos y verificaciones	205
5.2.	DEMANDA REAL AL CUAL VA A ESTAR SOMETIDO EL SISTEMA CENTRALIZADO	205
5.3.	SELECCIÓN DEL DEPÓSITO Y AUTONOMÍA DE RECARGA	206
5.4.	ANÁLISIS DE LLENADO Y PRESIÓN DEL TANQUE DE ABASTECIMIENTO	206
5.5.	SELECCIÓN DE TUBERÍAS DE COBRE EN RELACIÓN A LA LONGITUD Y DEMANDAS MÁXIMAS DEL SISTEMA	207
5.6.	ANÁLISIS DE SISTEMAS DE REGULACIÓN DE ALTA PRESIÓN	208
5.7.	DATOS GENERALES DEL TANQUE SELECCIONADO	209
5.8.	VAPORIZACIÓN NATURAL DEL TANQUE DE 0,454 m³	209
5.9.	PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE GLP	210
5.10.	ANÁLISIS DE SISTEMAS DE REGULACIÓN DE BAJA	

	PRESIÓN	210
5.11.	VALIDAR LA NO EXISTENCIA DE FUGAS EN EL SISTEMA DE CONDUCCIÓN.	211
5.12.	ANÁLISIS DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN TODO EL SISTEMA	212
5.13.	FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE REGULACIÓN Y PROTECCIÓN	212
VI.	DISCUSIÓN	213
VII.	CONCLUSIONES	215
VIII.	RECOMENDACIONES	217
IX.	BIBLIOGRAFÍA	219
X.	ANEXOS	220
Anexo 1	Plano arquitectónico del sistema de gas centralizado	
Anexo 2	Esquema isométrico del sistema de gas centralizado	
Anexo 3	Inspección para instalaciones centralizadas por el Cuerpo de Bomberos de Loja	
Anexo 4	Permiso de conformidad emitido por el Cuerpo de Bomberos de Loja	
Anexo 5	Certificado de conformidad del tanque emitido por el INEN	
Anexo 6.	Características y dimensiones del recipiente	
Anexo 7.	Costos de construcción del Sistema Centralizado	
Anexo 8.	Fotografías del sistema	
Anexo 9.	Guía elección de diámetro de tubería y longitudes equivalente	
Anexo 10.	Proyecto de tesis	

RESUMEN

El presente proyecto está orientado a fortalecer la infraestructura del Taller Mecánico, mediante el diseño e implementación de un sistema centralizado de GLP para facilitar el funcionamiento eficaz de los laboratorios de: transferencia de calor, horno de tratamientos térmicos, horno de fundición para metales, una caldera y equipo de oxicorte.

La implementación del sistema centralizado se encuentra cumpliendo las regulaciones existentes para instalaciones de GLP, tanto en caudales como en presiones, de esta manera se provee los respectivos niveles de seguridad y eficacia. Para la puesta en marcha ha sido necesario contar con equipos que cumpla condiciones de fiabilidad y seguridad, los mismos que contribuirán a optimizar recursos energéticos en el Taller Mecánico. El sistema se compone de: tanque estacionario, instrumentos de medida y control, válvulas de seguridad, ductos de conducción y señalética.

ABSTRACT

The present project is guided to strengthen the infrastructure of the Mechanical Shop, by means of the design and implementation of a centralized system of GLP to facilitate the effective operation of the laboratories of: transfer of heat, oven of thermal treatments, foundry oven for metals, a boiler and you cut for oxidation team.

The implementation of the centralized system is completing the existent regulations for facilities of GLP, as much in flows as in pressures, this way it is provided the respective levels of security and effectiveness. For the setting in march has been necessary to have teams that it complete conditions of reliability and security, the same ones that will contribute to optimize energy resources in the Mechanical Shop. The system is composed of: stationary tank, measure instruments and control, valves of security, conduction ducts and to signpost.

INTRODUCCIÓN

El Gas Licuado de Petróleo, hace su aparición en los Estados Unidos de América entre los años 1900 y 1912, se comprobó que la gasolina natural no refinada tenía una gran tendencia a evaporarse, debido a la presencia de estos hidrocarburos ligeros. El GLP es la abreviatura de "gases licuados del petróleo", denominación aplicada a diversas mezclas de propano y butano que alcanzan el estado gaseoso a temperatura y presión atmosférica, y que tienen la propiedad de pasar a estado líquido a presiones relativamente bajas, propiedad que se aprovecha para su almacenamiento y transporte en recipientes a presión. En la actualidad se viene utilizando sistemas de gas centralizado, los mismos que permite tener una reserva y suministrar combustible a varios usuarios, con lo que se dejaría de lado los tanques pequeños usados comúnmente y que no son tan adecuados para el uso por el peligro que conlleva para la seguridad del ser humano.

El GLP se utiliza en el sector industrial para plantas de vapor, hornos especiales, y como componente químico; a nivel comercial su utilidad está dirigida a restaurantes, saunas, turcos, sistemas de calefacción, panaderías, calderas para piscinas y principalmente en el sector residencial para cocción de alimentos. Por ser un combustible limpio de alto poder calorífico y de fácil adquisición.

PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

La legislación ecuatoriana en el año 1996 (Decreto Ejecutivo 196), estableció que el subsidio del GLP es exclusivo para cilindros de 15 Kg, los cuales están dirigidos al uso familiar (cocción de alimentos). La utilización del GLP ha sido prohibida para la industria, hotelería, talleres y otros que deben adquirirlo sólo en envases de 45 Kg o a granel, como es lógico, en un mercado con precios subsidiados el 95.5% es comercializado al menor precio y de exclusividad para “cocción de alimentos”.

Las bombonas de GLP de 15 Kg y 45 Kg utilizadas en sector industrial y comercial, dan inconvenientes que afectan en el funcionamiento y rendimiento de equipos instalados, esto debido a su baja capacidad de vaporización que tienen las bombonas, una manera de evidenciar es observar las paredes de los cilindros mojadas y disminución de la presión interna del GLP en la bombona.

Hoy en día se está sustituyendo la utilización de las bombonas por redes centralizadas que no es más que llevar desde una batería de cilindros o tanque estacionario por medio de tuberías a los diferentes puntos de consumo, esto se lo realiza en cumplimiento a la norma NTE INEN 2-260

La relación de las bombonas de 15 Kg con respecto a los tanques estacionarios marca una gran diferencia en cuanto a la entrega constante de vapor, debido a que la vaporización del tanque es superior, ya que es directamente proporcional a su volumen. El tanque estacionario se encuentra provisto de un sistema de seguridad y

control, el mismo que nos permite obtener un suministro eficiente y una elevada seguridad.

Nuestra Universidad en el AEIRNNR actualmente el Taller Mecánico constituye un significativo apoyo didáctico para adquirir conocimientos teóricos-prácticos destinados a las carreras de: Ingeniería Electromecánica y Tecnología Eléctrica, cuenta con equipos especializados que en su mayoría han sido obtenidos a través de tesis o trabajos prácticos realizados por los señores estudiantes previo a la obtención de su título correspondiente, como: equipo para transferencia de calor, horno de tratamientos térmicos, horno de fundición para metales, una caldera y equipo de oxicorte. Los equipos antes mencionados funcionan con GLP los cuales necesitan caudales y presiones constantes, que garanticen el óptimo rendimiento para que realicen el trabajo con un alto grado de eficiencia y seguridad.

En este contexto surge el presente proyecto denominado **"Diseño e implementación de un sistema centralizado de GLP para el Taller Mecánico del AEIRNNR de la UNL"**, el mismo pretende fortalecer y dar calidad al proceso de enseñanza- aprendizaje en los diferentes niveles de formación con que cuenta el Área, por lo que es imprescindible que el Taller Mecánico este provisto de un sistema centralizado de Gas Licuado de Petróleo, para el funcionamiento los equipos especializados e indicados anteriormente, lo que repercutirá en la formación técnica de talentos humanos.

ENUNCIADO PROBLEMÁTICO:

"Suministro eficiente de GLP para los equipos especializados del Taller Mecánico del AEIRNNR de la UNL"

PROBLEMA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN.

Las instalaciones del Taller Mecánico del AEIRNNR, no disponen de un sistema centralizado de GLP que satisfaga las especificaciones técnicas de los equipos instalados, garantizando seguridad en la explotación, funcionalidad y eficiencia.

PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

- El diseño, construcción y funcionamiento de redes centralizadas de GLP en el municipio de Loja, no considera las normas internacionales y nacionales establecidas al efecto.
- El rendimiento de los sistemas centralizados de abastecimientos, se ve afectado por el mal uso del GLP tanto en caudales como en presiones de abastecimiento a los equipos especializados.
- Las especificaciones técnicas aplicadas en sistemas centralizados de abastecimientos, no observan las normas de seguridad requeridas al efecto.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

OBJETIVO GENERAL.

- Diseñar e implementar un sistema centralizado de GLP para el Taller Mecánico del AEIRNNR de la UNL.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar las normas internacionales y nacionales aplicables al funcionamiento de redes centralizadas de GLP, que avalen su adecuado diseño y construcción.
- Considerar en el diseño del sistema centralizado de GLP, los parámetros técnicos pertinentes tanto en caudales como en presiones del GLP para un óptimo rendimiento del sistema.
- Implementar estrictamente las especificaciones técnicas del sistema centralizado de GLP para el Taller Mecánico del AEIRNNR

PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

HIPÓTESIS GENERAL

- Si se diseña e implementa un sistema centralizado de GLP con presiones de abastecimiento en el orden de 10 PSI (68.9 KPa) y

caudales de 23 Kg/h (0.043...m³/h), se logrará un rendimiento no inferior al 80 %.

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Si se determinan las normas internacionales y nacionales aplicables al funcionamiento de redes centralizadas de GLP se garantizará un adecuado diseño y construcción de la misma
- Si se consideran en el diseño del sistema centralizado de GLP, los parámetros técnicos pertinentes tanto en caudales como en presiones del GLP, se logrará un óptimo rendimiento del sistema
- Si se aplican adecuadamente las especificaciones técnicas establecidas para sistemas centralizados de abastecimientos, se asegura el cumplimiento de las normas de seguridad requeridas al efecto.

REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS FLUIDOS

3.1.1. Masa

Masa es la cantidad de materia o sustancia que dicho cuerpo contiene. Se mide con la báscula, utilizando “pesas tipo” para comparación con ellas. La escala es en kilogramo (en la práctica a los kilogramos obtenidos se les relaciona equivocadamente al peso).

3.1.2. 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 son más ligeros que el agua).

Densidad de líquidos

$$\rho = \rho_L / \rho_{H_2O} = \rho_L / 1000 \text{ Kg/m}^3$$

ρ Densidad de líquidos

ρ_L Densidad de líquidos a comparar

ρ Densidad del agua 1000 Kg/m³

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).

$$\rho = \rho_G / \rho_{\text{aire}} = \rho_G / 1,293 \text{ Kg/m}^3$$

ρ Densidad de gases

ρ_G Densidad de gases a comparar

ρ Densidad del aire 1,293 Kg/m³

$$\rho = \frac{m}{v} = \left[\frac{Kg}{m^3} \right] \quad \text{Ecuación 3.1}$$

3.1.3. Presión

Es la fuerza ejercida por unidad de superficie. El gas contenido en un recipiente se encuentra sometido a presión, la que se aprovecha para trasladarlo a los aparatos de consumo a través de la conducción. Su valor puede reducirse mediante reguladores y aumentarse mediante bombas y compresores, se mide mediante manómetros en Pascales, pero al resultar una unidad muy pequeña, en la Unión Europea se ha generalizado el uso del bar, múltiplo del Pascal. El sistema anglosajón utiliza el PSI (lbf/in²)

Hemos de tener en cuenta la relatividad de la presión. La presión del gas se mide con relación a la atmosférica reinante en cada momento, obteniéndose valores relativos o manométricos, es decir, lo que medimos es la diferencia de presión con respecto a la atmosférica. Los valores absolutos (resultado de añadir la presión atmosférica a la relativa), se utilizan para expresar la tensión de vapor, para utilizar en las ecuaciones de los gases perfectos y en el cálculo de la velocidad del gas, entre otras.

$$P_{abs} = P_m + P_{atm} \quad \text{Ecuación 3. 2}$$

P_{abs} Presión absoluta

P_m presión manométrica o relativa

P_{atm} presión atmosférica

3.1.4. Peso específico

El peso específico, representa la fuerza ejercida por la gravedad sobre la unidad de volumen del fluido y se mide por lo tanto, en unidad de fuerza por unidad de volumen.

$$\gamma = \frac{g}{V} = \frac{N}{m^3} \quad \text{o} \quad \frac{Kgf}{m^3} \quad \text{Ecuación 3. 3}$$

γ Peso específico N/m³ o Kgf/m³

g Gravedad m/s²

V Volumen m³

3.1.5. Volumen específico

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 m³/Kg

3.1.6. 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.

$$\delta = \frac{\gamma_{gases}}{\gamma_{agua}} = \frac{\rho_{gases}}{\rho_{agua}} \quad \text{Ecuación 3. 4}$$

3.1.7. 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.

3.1.7.1. Viscosidad absoluta o dinámica

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 (PI).

3.1.7.2. Viscosidad cinemática

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).

3.1.8. 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)¹

3.1.9. 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"²

$$v = 378,04 \times \frac{Q}{P \times D^2} \quad \text{Ecuación 3.5}$$

Donde

v = Velocidad del gas en m/s

Q = Caudal en m³/h vapor

P = Presión en bar abs.

D = Diámetro en mm

3.1.10. Caudal (Q)

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.

¹ José E López. Manual de instalaciones de GLP. Madrid-España. Año 2001. CEPESA ELF GAS S.A. 299 pág.

² José E López. Manual de instalaciones de GLP. Madrid-España. Año 2001. CEPESA ELF GAS S.A. 299 pág.

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.

$$Qv = \frac{Qm}{\rho} \quad \text{Ecuación 3. 6}$$

Donde:

Qv = Caudal volumen (fase gaseosa) m³/h

Qm = Caudal masa en Kg/h o m³/h

ρ = Equivalencia de masa en volumen de propano (para efectos de cálculo se tomara 2 Kg/m³)

$$Q = A \times v \quad \text{Ecuación 3. 7}$$

Velocidad de salida (v), expresada en m/s. Se considera al volumen recorrido por un fluido en un tiempo determinado

$$v = \sqrt{2gh} \quad \text{Ecuación 3. 8}$$

$$v = \frac{Q}{A} \quad \text{Ecuación 3. 9}$$

Donde:

Q = Caudal

g = Aceleración de la gravedad

h = Altura

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{v \times \pi}} \quad \text{Ecuación 3.10}$$

3.1.11. Longitud

Se miden en metros (m). Se utiliza el milímetro, para medir los diámetros y espesores. En el sistema americano se utilizan las pulgadas (in) para expresar diámetros y el pie (ft) equivalente a 12 pulgadas

$$L_t = L_{real} + L_{eq} \quad \text{Ecuación 3. 11}$$

L_t = longitud total para el cálculo (m)

L_{real} = longitud Medida de todo el sistema (m)

L_{eq} = longitud equivalente en accesorios (m)

3.2. GAS IDEAL

Desde el punto de vista microscópico, definimos a un gas ideal haciendo las siguientes suposiciones, con lo que nuestra tarea será la de aplicar las leyes de la mecánica clásica, estadísticamente, a los átomos del gas y demostrar que nuestra definición microscópica es consecuente con la definición macroscópica de la sección precedente:

Un gas está formado por partículas llamadas moléculas. Dependiendo del gas, cada molécula está formada por un átomo o un grupo de átomos. Si el gas es un elemento o un compuesto en su estado estable, consideramos que todas sus moléculas son idénticas.

Las moléculas se encuentran animadas de movimiento aleatorio y obedecen las leyes de Newton del movimiento. Las moléculas se mueven en todas

direcciones y a velocidades diferentes. Al calcular las propiedades del movimiento suponemos que la mecánica newtoniana se puede aplicar en el nivel microscópico. Como para todas nuestras suposiciones, esta mantendrá o desechará, dependiendo de si los hechos experimentales indican o no que nuestras predicciones son correctas.

El número total de moléculas es grande. La dirección y la rapidez del movimiento de cualquiera de las moléculas pueden cambiar bruscamente en los choques con las paredes o con otras moléculas. Cualquiera de las moléculas en particular, seguirá una trayectoria de zigzag, debido a dichos choques. Sin embargo, como hay muchas moléculas, suponemos que el gran número de choques resultante mantiene una distribución total de las velocidades moleculares con un movimiento promedio aleatorio.

El volumen de las moléculas es una fracción despreciablemente pequeña del volumen ocupado por el gas, aunque hay muchas moléculas, son extremadamente pequeñas. Sabemos que el volumen ocupado por un gas se puede cambiar en un margen muy amplio, con poca dificultad, y que, cuando un gas se condensa, el volumen ocupado por el líquido puede ser miles de veces menor que el del gas, se condensa el volumen ocupado por el líquido que puede ser miles de veces menor que el del gas en estado natural. De aquí que nuestra suposición es posible.

No actúan fuerzas apreciables sobre las moléculas, excepto durante los choques. En el grado de que esto sea cierto, una molécula se moverá con velocidad uniforme entre los choques. Como hemos supuesto que las moléculas son tan pequeñas, la distancia media entre ellas es grande en comparación con el tamaño de una de las moléculas. De aquí que suponemos que el alcance de las fuerzas moleculares es comparable al tamaño molecular.

El comportamiento de un gas ideal en un sistema de conducción por tratarse de un compuesto estable tendrá pocas dificultades al ser transportado, en algunos casos se desprejará sus pérdidas por ser muy pequeñas, lo que nos permite calcular y conocer los regímenes tanto laminar como turbulento al que está sometido el fluido.

3.2.1. Leyes de los gases

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

a. Primera ley (Boyle-Mariotte)

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

b. 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.

c. Tercera ley (Charles)

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

3.2.2. Familia de gases

El gran número de cuerpos gaseosos combustibles de diverso origen y de distinta características ha hecho que se clasifiquen y agrupen en tres grandes familias:

a. Primera familia.- Constituidos por gases manufacturados, cuyo principal constituyente es el gas comúnmente llamado gas de la ciudad o de villa, que es el que se distribuye en las grandes ciudades procedente de una fábrica de gas por medio de canalizaciones enterradas y aéreas.

La producción de este gas se realiza mediante el reformado catalítico por vapor de naftas ligeras a elevadas presiones, en unidades integradas de procesos continuos, este se lleva a cabo la transformación de un

hidrocarburo líquido no adecuado para su aplicación en usos domésticos o comerciales, en otros gaseoso que es distribuibles, de fácil combustión y no contaminantes.

b. Segunda familia.- La formada por gases naturales y las mezclas equivalentes de otros gases (aire propanado y butanado) Se obtiene directamente de la tierra sin necesidad de ningún tipo de fabricación o destilación, se lo encuentra en forma gaseosa, en condiciones naturales es una combinación de hidrocarburos que se ha formado en el subsuelo y que a veces está mezclado con petróleo y otras veces se encuentra solo, su composición es variable esto depende del país donde se encuentre el yacimiento.

c. Tercera familia.- Formado por el butano y el propano como productos derivados de la destilación del petróleo y que se encuentran en estado líquido en depósitos y de lo cual se deducen las siglas que lo identifican GLP (gas licuado de petróleo), designados aquellos gases obtenidos como subproductos o derivados del petróleo, se conservan y se transportan en forma líquida y va acompañada siempre de una cámara de fase gaseosa.

3.3. GAS LICUADO DE PETRÓLEO

3.3.1. Definición

Son aquellos hidrocarburos en el cual sus principales componentes son propano y butano además de otros componentes en pequeñísimas cantidades como isobutano y butileno. Para efectos de trabajo y cálculos se lo conoce al gas licuado de petróleo como una mezcla de propano 70% y butano 30% proporcionando un rendimiento calorífico adecuado para los diferentes tipos de aplicaciones.

3.3.2. Propiedades y características del gas licuado de petróleo

a. **Peso.-** es la acción resultante de la gravedad sobre el hidrocarburo.

Tabla 3.1

Tabla 3.1. Peso de gases

MATERIAL	PESO POR LITRO
Propano (líquido)	0,508 Kg / litro
Butano (líquido)	0,584 Kg / litro
Mezcla propano70%-butano 30%	0,531 Kg/ litro

b. **Peso específico relativo, gravedad específica en relación al agua.**

Es la relación entre el peso de gas licuado de petróleo y el peso del agua.

Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Comparación de peso específico de gases con respecto al agua.

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO RELATIVO
Propano (líquido)	0,508
Butano (líquido)	0,584
Agua	1.000
Mezcla propano70%-butano 30%	0,531

Se puede apreciar que el gas licuado de petróleo es más liviano que el agua, sin embargo, si tomamos un litro de agua que pesa 1.000 gramos y lo comparamos con un litro de gas licuado de petróleo, este pesa 0,531 gramos.

c. **Peso específico relativo, gravedad específica en relación al aire.-** es la relación del peso específico relativo de un litro gas licuado de petróleo en estado vapor y el peso de un litro de aire. Tabla 3.3

Tabla 3.3. Peso específico de gases con respecto al aire.

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO RELATIVO
Propano vapor	1,522
Butano vapor	2,006
Aire	1,000
Mezcla propano70%-butano30%	1,667

Se puede apreciar que en este caso el gas licuado de petróleo es más pesado que el aire si sucede un escape en algún local cerrado puede acumularse en grandes cantidades provocando un evidente peligro ya que este desplazaría al aire.

d. **El punto de ebullición de una sustancia.**- es la temperatura la cual cambiará de estado de líquido a vapor.

Tabla 3.4. Punto de ebullición.

PUNTO DE EBULLICIÓN		
SUSTANCIA	°F	°C
Propano (líquido)	-43,7	-42,1
Butano (líquido)	+31,1	-0,5
Agua	+212	+100,0

Para la obtención adecuada de vapor del gas licuado de petróleo es necesario mantener su temperatura sobre la temperatura de ebullición ya que si estas, están por debajo de su punto de ebullición no se generará vapor y su presión será nula.

Debido a que las moléculas de un líquido siempre están en movimiento y si este se encuentra en un recipiente cerrado el movimiento de estas moléculas (vapor) queda configurada al espacio comprendido entre la superficie del líquido y las paredes del recipiente.

3.3.3. Presión de vapor

Cuando se mezclan dos líquidos diferentes, la presión de vapor de la mezcla resultante es diferente a la de cada uno de los líquidos considerándolos en forma diferente y su valor es proporcional a su porcentaje en la mezcla.

Ejemplo:

Presión de vapor del propano a 18 °C es igual a 100 PSI (6.89 bar)

Presión de vapor de butano a 18 °C es igual a 150 PSI (10.34 bar)

PRESIÓN TOTAL

$$P = \textit{propano } 70\% \times \textit{presión de propano a } 18\text{ °C} + \textit{butano } 30\% \times \textit{presión de butano a } 18\text{ °C}$$

$$P = 0.7 \times 100\text{ PSI} + 0.3 \times 150\text{ PSI}$$

$$P = 115\text{ PSI (7.92 bar)}$$

3.3.4. 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. Tabla 3.5

Tabla 3.5. Equivalencias aproximadas

Equivalencias aproximadas	
1 galón líquido de gas licuado de petróleo	= 1 m ³ de vapor
1Kg líquido de gas licuado de petróleo	= 0,5 m ³ de vapor
1lb líquido de gas licuado de petróleo	= 8 pie ³ de vapor

3.3.5. 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 litro y también en BTU (Bristish-thermal-unist) por libra.

Tabla 3.6. Equivalencias de poder calorífico

Unidad	Propano	Propano	mezcla (p-70)-(b-30)
Kcal/Kg (líquido)	13.005	11.780	11.900
BTU/Kg (líquido)	47.659	46.768	47.392
Kcal/litro (líquido)	6.105	6.910	6.347
BTU/litro (líquido)	24.238	27.432	25.196
Kcal/litro (vapor)	23	30	25
BTU/litro (vapor)	91	119	99
Kcal/galón (líquido)	23.108	26.153	24.022

3.3.6. Características principales del GLP

a. **Corrosión.** No corroen al acero, ni al cobre o sus aleaciones y no disuelven los cauchos sintéticos por lo que éstos materiales pueden ser usados para construir en las instalaciones de GLP. Por el contrario disuelven las grasas y al caucho natural.

b. **Toxicidad.** No son tóxicos. Los trastornos fisiológicos se producen cuando la concentración del gas en el aire es elevada y como consecuencia existe un desplazamiento de oxígeno

c. **Olor.** Carecen de color y de olor natural por lo que, para poder detectar por el olfato las eventuales fugas que pudieran ocasionarse, se les añade antes de su distribución un olorizante peculiar a base de mercaptanos.

El olor es sentido cuando todavía se encuentra la mezcla muy por debajo del límite inferior de inflamabilidad.

d. **Contaminación.** La energía del GLP es el combustible ecológicamente más respetuoso con la naturaleza, pues su combustión no

contamina la atmósfera. Al estar estos gases exentos de azufre, plomo y sus óxidos, la combustión es limpia, no produce olores ni residuos (hollín, ni humos). Los productos de la combustión son solamente CO_2 y H_2O .

El GLP se almacena en fase líquida a presión por la gran economía de espacio que ello supone. Un volumen en fase líquida se transforma en aproximadamente 262 volúmenes en fase gaseosa. Aunque el límite de inflamabilidad es muy bajo, se requiere revisar periódicamente la instalación en previsión de pequeñas fugas y así garantizar su estanqueidad.

El líquido que sale de un recipiente evaporándose rápidamente en la atmósfera libre. Como consecuencia de esta evaporación rápida, produce frío en su entorno, siendo peligroso el contacto personal con el líquido fugado. La propagación del gas en la atmósfera es en general lenta, excepto en presencia de viento.

El gas posibilita disponer de aparatos de alta potencia, lo que permite un rápido calentamiento. La producción de calor es inmediata en todos los aparatos que lo consumen. La temperatura deseada en cualquier aplicación se alcanza muy rápidamente, con inercia muy pequeña y en algunos servicios de forma instantánea.

El GLP supone una amplia oferta de energía, importante en la economía popular. Los GLP tienen un alto Poder calorífico. Cualquier llama o punto

caliente puede iniciar la combustión de una mezcla de GLP y aire, siempre que se encuentren en la proporción adecuada.

Una llama viva y azulada indica buena combustión, sin embargo la llama rojiza es señal de combustión defectuosa. Para asegurar una buena combustión, en los locales que contengan aparatos de consumo, se ha de asegurar una suficiente ventilación.

Al igual que ocurre con otros combustibles, una combustión incompleta produce monóxido de carbono cuya inhalación llega a ser mortal por asfixia química (intoxicación).

El GLP permite la utilización de modernos aparatos que se encienden y regulan de forma segura y automática. Es posible el control a distancia del funcionamiento de los aparatos mediante actuadores. La energía del gas es la más adecuada para suministrar los modernos aparatos de condensación en los que se obtienen rendimientos muy cercanos al 100 %.

3.3.7. Usos y aplicaciones

El gas licuado petróleo como combustible tiene muchas ventajas en comparación con otros combustibles como:

- Limpieza
- Economía
- Gran poder calorífico
- Fácil manejo
- Transporte
- Seguridad en su uso

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:

- a) Preparación de alimentos
- b) Calentamiento de agua
- c) Calentadores de ambiente
- d) Refrigeración
- e) 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 etc.

En la industria se ha logrado un mayor y marcado desarrollo en procesos de los distintos campos destacándose en: procesos de tratamientos térmicos debido a la facilidad y rapidez de obtener temperaturas estables y uniformes obteniendo productos económicos y de alta calidad.

Calentamiento directo de metales para trabajos de forja, corte de metales, obteniendo una mayor rapidez, altas temperaturas, economía, limpieza con

relación a otros combustibles ya que por cada cilindro de gas licuado de petróleo se puede consumir un aproximado de nueve cilindros de oxígeno.

En procesos de escarfig con sopletes alimentados por gas licuado de petróleo en la eliminación de fisuras y fracturas en planchones logrando obtener alta eficiencia y productividad.

En hornos de calentamiento de sílice para obtención del vidrio, ha permitido un mayor rendimiento por su bajo contenido de azufre en los procesos de combustión.

En la industria metal mecánica en procesos de fusión, aleación, moldeado, extrucción, laminación, normalización, recocido, temple, secado, recuperación de metales mediante la fundición, en secado de pintura, e innumerables procesos donde el calor es indispensable.

En laboratorios se aplica en hornos, mecheros y como propelente o agentes que aportan la presión en remplazo freón.

En cerámica, en los productos que se fabrican con arcilla como es el caso de ladrillos, tejas, productos sanitarios, procesos que requieren moldeado, secado, horneado, endurecimiento y cristalización donde se obtiene resultados insustituibles.

En procesos de galvanización se utiliza para el calentamiento de piezas que reciben baños de zinc como capas protectoras, láminas planas, corrugadas y alambres.

3.3.8. Sistemas de almacenamiento

Los proceso de almacenamiento de gas licuado de petróleo se ha desarrollado en ritmos sostenidos debido a los costos, este combustible se adapta a todo recipiente para ser transportado y almacenado en grandes volúmenes (tanques fijos, auto tanques a granel, camiones de reparto, cilindros).

El gas licuado de petróleo está comprendido en recipientes en fase líquida, este combustible tiene la propiedad de multiplicarse al cambiar de estado (líquido a gaseoso) en 262 veces su volumen, esta característica ofrece innumerables ventajas ya que al ser almacenado en recipientes pequeños pueden contener energía para abastecer un sistema por un buen periodo de tiempo.

Existen en algunos países, industrias dedicadas a la fabricación y reparación de envases para gas licuado de petróleo, cuyas actividades están regidas por normas estrictas y supervisadas sigilosamente por organismos del Estado, garantizando seguridad tanto en el transporte como para el consumo al usuario.

3.3.8.1. Recipientes para gas licuado de petróleo

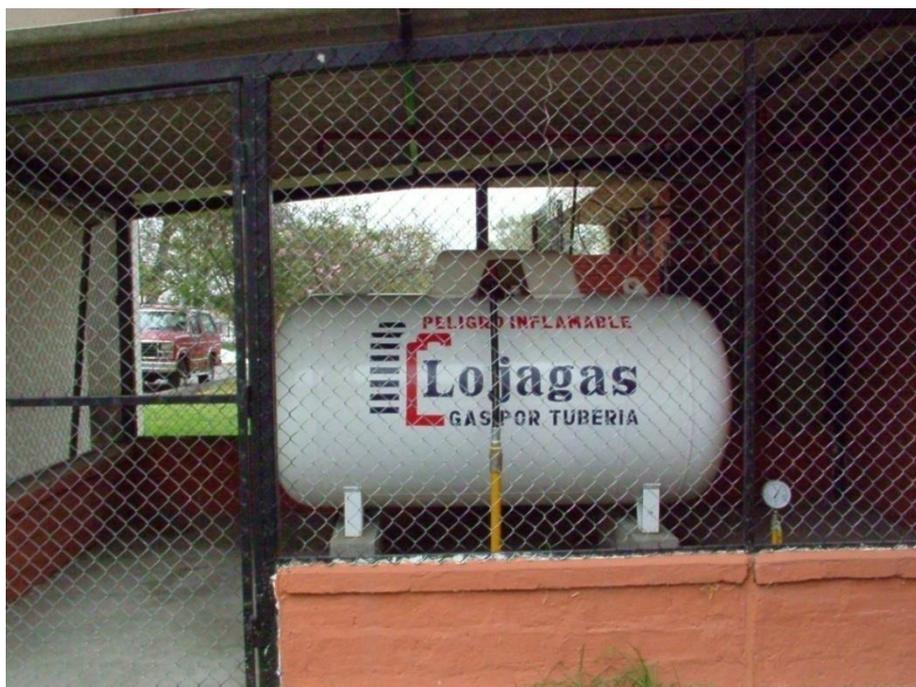


Gráfico 3.1. Tanque de almacenamiento

Los recipientes que contendrán el combustible deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Los envases deben ser diseñados, construidos, autorizados para contener gas licuado de petróleo.
- Cuando un recipiente no especifique su capacidad este se referirá al volumen de agua que pueda contener.

Los recipientes más usados son tanque y cilindros.

a. **Tanques.**-Son recipientes fijos o móviles que tienen la capacidad de almacenamiento superior a la de los cilindros. Debido a que estos se encuentran en

lugares fijos, son llenados en el sitio donde se encuentran instalados y están provistos de una serie de accesorios de protección, seguridad y servicio.

Todos los recipientes se someten en fabricación a una prueba hidrostática de 26 Kg/cm^2 (2,55 MPa), todo este procedimiento se realiza por una entidad de verificación designada por el estado. Existen dos tipos de recipiente para almacenaje de gas licuado de petróleo:

- **Recipientes aéreos.**- irán pintados de blanco reflectante y con su debida conexión para descarga estática.
- **Recipientes enterrados.**- estos deben estar protegidos mediante un revestimiento a base de brea o de hulla, betún de petróleo, materias plásticas y otros materiales que ejerzan la misma función protectora, irán provistas de protección catódica. Los recipientes se pueden colocar dentro de una fosa con paredes prefabricadas o directamente enterrados, pero en los dos casos deberán estar perfectamente anclados.

b. **Partes principales de un tanque**

- **Cuerpo y casquetes.**- están contruidos por un cilindro de acero de bajo contenido de carbono con un cordón de soldadura (arco sumergido) longitudinal, cerrado en sus extremos por dos casquetes de soldados.

- **Bases.-** Consisten en cuatro piezas de metal soldado sobre el cuerpo del tanque, destinado a darle firmeza, mantenerlo fijo y evitar el contacto con la humedad.
- **Capuchón de protección.-** este tiene como misión proteger los accesorios del tanque de golpes o agentes externos que los pueden dañar, se sitúa en la parte superior del tanque sobre un eje horizontal o bisagra para permitir el acceso a los distintos accesorios.

c. Accesorios de un tanque

Estudiaremos todos los accesorios que componen el tanque tanto de servicio como seguridad y estos son:

Dispositivo de salida de gas licuado de petróleo o multiválvulas.- Son un conjunto de accesorios compactos que incluyen la casi totalidad de válvulas precisas para el correcto funcionamiento del tanque estas se componen de:

- **Válvula de purga o indicador de nivel fijo.-** señala el porcentaje máximo de llenado de un tanque, consiste en un tubo de profundidad fijo con un sistema de purga, por medio de este dispositivo se puede conocer si el líquido en el tanque a llegado a su límite máximo.

Se emplea la siguiente fórmula:

$$L = 0,207 \times D \quad \text{Ecuación 3. 12}$$

Siendo:

L = Longitud útil del tubo sonda medida desde la pared del tanque en mm

D = Diámetro del depósito en mm

0,207=Constante



Gráfico 3.2 Indicador de nivel fijo

- **Válvula de servicio.**- es aquella que permite entregar el gas licuado de petróleo en fase gaseosa al usuario.



Gráfico 3.3. Válvula de servicio.

- **Válvula de extracción de fase líquida.**- esta tiene dos funciones, la una de poder extraer el total del líquido que se encuentra en el tanque cuando éste ha sufrido algún defecto y se tenga que evacuarlo en forma emergente por medio del carro repartidor y la otra de proveer de gas licuado de petróleo en fase líquida a equipos especiales que lo utilizan al combustible como componente químico.

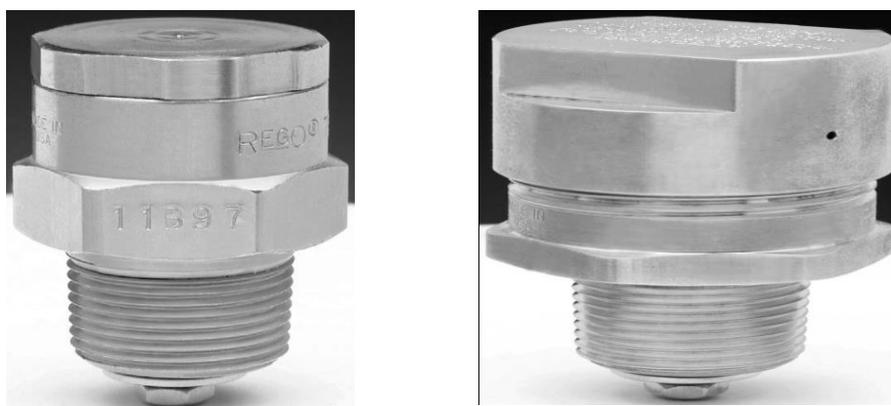


Gráfico 3.4. Válvula de extracción de líquidos

- **Válvula de llenado.**- es un dispositivo especial que permite el paso del gas licuado de petróleo en un solo sentido ya que posee dos válvulas de retención que impide el regreso del líquido cuando el carro repartidor se conecta para el llenado del tanque.



Gráfico 3.5. Válvula de llenado

- **Válvula 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 la misma y se puede calcular utilizando:

$$G = 10,6552 \times S^{0,82} \quad \text{Ecuación 3. 13}$$

Siendo

G=Caudal del aire en m³/min a 15 °C

S=La superficie del tanque expresado en m²



Gráfico 3.6. Válvulas de seguridad para tanques

- **Indicador de nivel magnético 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%).



Gráfico 3.7. Indicador magnético

- **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).

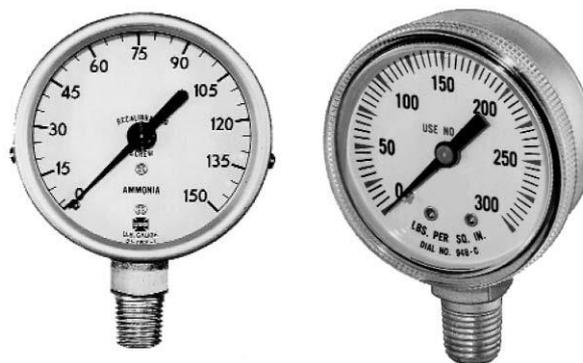


Gráfico 3.8. Manómetro

3.3.8.2. Dimensionamiento de la capacidad de almacenamiento de gas licuado de petróleo

El tamaño de los tanques fijos se selecciona a partir de dos condiciones esenciales:

- Autonomía de la instalación(TANQUES)
- Capacidad de vaporización

a. Requisitos para la autonomía en la instalación en tanques

Es el tiempo mínimo en que el tanque se debe recargar tomando en cuenta las temporadas de mayor consumo. Para realizar el cálculo de la autonomía hay que tener en cuenta la cantidad máxima del producto que se puede consumir del tanque que será la cantidad que se restituye en cada llenado.

Se debe tomar en cuenta que los tanques, según norma de INEN 2-260³, deben llenar máximo el 85% de su volumen total y por otra parte el tanque

³ Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma técnica

no se puede vaciar más del 20% por tanto el volumen útil será de 65% de su volumen geométrico.

Para realizar el cálculo tenemos:

$$Vu(m^3) = 0,65 \times Vt(m^3) \quad \text{Ecuación 3. 14}$$

$$Cu(Kg) = 0,65 \times 510 \times Vt = 331,5 \times Vt(m^3) \quad \text{Ecuación 3. 15}$$

$$Vt(m^3) = \frac{Cu(Kg)}{331,5} \quad \text{Ecuación 3. 16}$$

Vt =Volumen total del depósito en m³

Cu =Capacidad útil de almacenamiento de gas licuado de petróleo (propano) en Kg

Vu=Volumen útil de almacenamiento de gas licuado de petróleo (propano) en Kg

Y = Masa volumétrica del propano comercial 510 Kg/m³

b. Vaporización de tanques

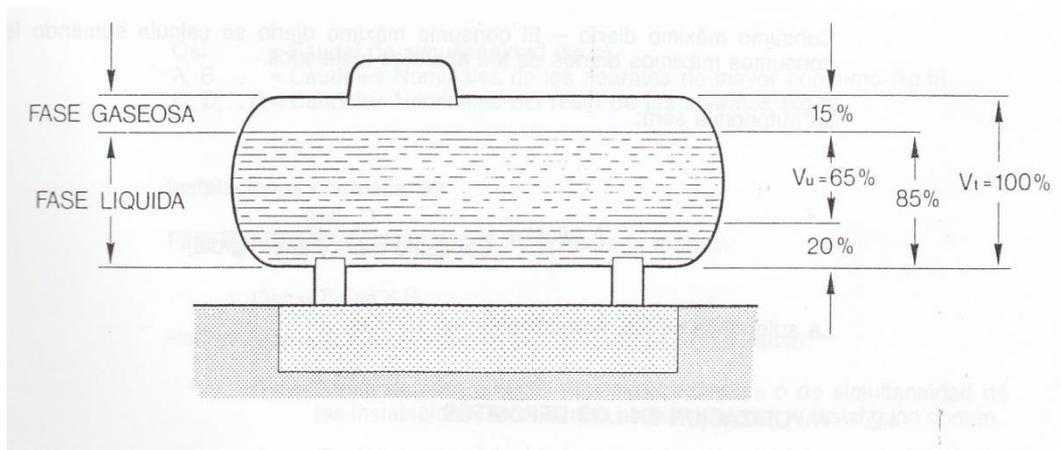


Gráfico 3.9. Porcentajes de vaporización del tanque

Cualquier recipiente depende fundamentalmente del calor absorbido, de las paredes del tanque, ya que el gas licuado de petróleo en fase líquida para vaporizarse necesita aporte de calor. Es importante que el fabricante indique por medio de tablas o gráficas la capacidad de vaporización de cada tanque diseñado en función de la superficie en m².

Los tanques deben tener la capacidad de vaporización de gas licuado de petróleo en fase gaseosa necesaria para el correcto funcionamiento de los aparatos de consumo que componen las instalaciones receptoras.

Para la selección adecuada del tanque y su vaporización debemos conocer el consumo total ocupado de los aparatos receptores. Para lo cual ocupamos las siguientes fórmulas:

$$Q = \frac{\text{Gasto calorífico nominal}}{\text{Poder calorífico nominal}} \quad \text{Ecuación 3.17}$$

Siendo:

Q=Consumo nominal Kg/h

P.C.S=Poder calorífico superior Kcal/kg

G.C.N=Gasto calorífico nominal Kcal/h

El caudal de simultaneidad viene definido por la fórmula:

$$Q_{si} \left(\frac{Kg}{h} \right) = A + B + \frac{C+D+\dots+N}{2} \quad \text{Ecuación 3.18}$$

Q_{si}=Caudal de simultaneidad en kg/h

A,B =Caudal nominales de los aparatos de mayor consumo Kg/h

C,D,.....N=Caudales nominales de resto de los aparatos Kg/h

c. Autonomía del tanque

Para el total de equipos que se instalen se necesita una vaporización natural generada por el tanque llenado máximo al 85%, y con una carga mínima del 30% viene dado por las siguientes expresiones:

$$A(\text{días}) = \frac{Cu(\text{Kg})}{\text{Consumo máx. diario} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{día}}\right)} \quad \text{Ecuación 3.19}$$

El consumo máximo se lo calcula por la suma total de los caudales de equipos instalados tomando en cuenta el tiempo de funcionamiento durante todo el día.

d. Simultaneidad

Cuando existen más de dos aparatos en una instalación individual, el caudal resultante no se puede considerar como la suma de todos ellos, puesto que no es previsible que se utilicen necesariamente a la vez.

Siendo las potencias nominales de los aparatos PA, PB, PC, PD..., los caudales nominales respectivos serán:

$$QA = \frac{PA}{Hs} \quad QB = \frac{PB}{Hs} \quad QC = \frac{PC}{Hs} \quad QD = \frac{PD}{Hs}$$

El caudal resultante se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$Q_{si} = QA + QB + \frac{QC+QD+\dots+QN}{2} \quad \text{Ecuación 3.20}$$

Donde:

Hs = Poder calorífico

Q_{si} = es el caudal máximo probable o de simultaneidad (en m³/h o en Kg/h).

QA, QB = son los caudales nominales de los aparatos de mayor consumo (en m³/h o en Kg/h).

QC, QD, QN = son los caudales nominales del resto de los aparatos (en m³/h o en Kg/h).

e. Diagrama de vaporización

Estos diagramas de vaporización son empleados para cálculos de los depósitos aéreos y enterrados, aunque siempre es recomendable solicitar estos datos a la empresa fabricantes de los tanques.

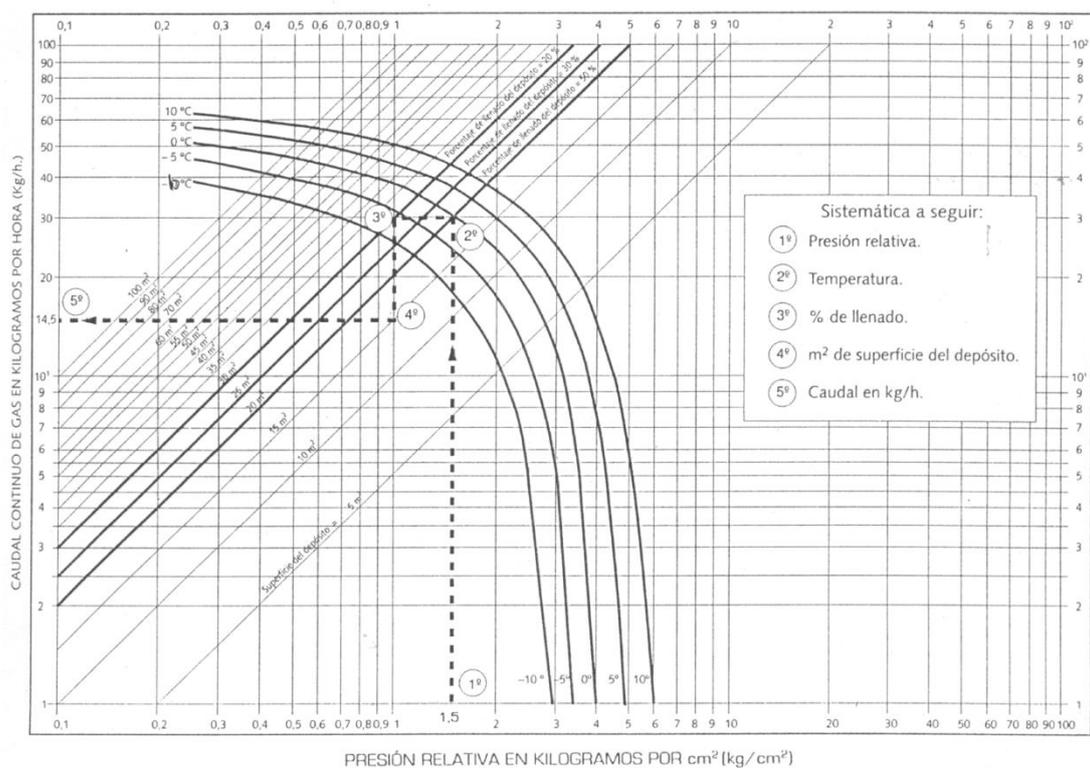


Gráfico 3.10. Diagramas de vaporización de tanques aéreos

La vaporización de estos tipos de tanques depende de:

- Composición del producto
- Presión relativa de salida (la que nos da el manómetro colocada a la salida de servicio del tanque)
- Porcentaje de llenado del tanque
- Temperatura ambiente que rodea al tanque
- Superficie total del tanque

- Velocidad del viento

3.3.9. Instalación de gas licuado de petróleo

Comprende la instalación del tanque de almacenamiento de gas licuado de petróleo con sus equipos complementarios (válvula de llenado, válvula de salida, reguladores, conducción, etc.). Estos se ubican de acuerdo a los reglamentos estatales e internacionales que rigen para este tipo de instalaciones.

Cabe destacar que el gas licuado de petróleo se encuentra en fase líquida como en fase vapor, encontrándose esta dos fases en equilibrio a la fase de vapor correspondiente a la temperatura del ambiente que rodea el tanque, la extracción siempre se la realiza en fase vapor, pero si la demanda es superior a la capacidad de vaporización natural del tanque, se recurrirá a vaporizadores, que son equipos que aumenta la vaporización del gas licuado de petróleo en fase líquida por medio de calor. Las instalaciones se complementan con válvulas de corte, equipos de control, regulación y medida.

3.3.9.1. Tipos de instalaciones para tanques

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

- Instalaciones aéreas o superficiales.- son aquellas que su generatriz inferior (bases) se encuentran situadas sobre el terreno
- Instalaciones enterradas.- son aquellas que su generatriz superior se encuentra situado por debajo del nivel del terreno.
- Instalaciones semienterradas.- son aquellas que su generatriz está por debajo del nivel del terreno pero por circunstancias ajenas (roca, nivel freático, pendiente, etc.) no puede 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 el volumen máximo de almacenamiento, será de 5 m³, y tendrá la certificación de un técnico titulado competente que la edificación soporte el peso del tanque en condiciones de cargas máximas (llenado y pruebas hidrostáticas)

3.3.9.2. Distancia de seguridad y condiciones de diseño

Estos deben cumplir una distancia de seguridad a ciertos elementos que vienen señalados en el cuadro siguiente, tomados del reglamento sobre

instalaciones de almacenamiento de gas licuado de petróleo en depósitos fijos.

Tabla 3.7. Distancia de seguridad y condiciones de diseño

Clasificación	INSTALACIONES SOBRE NIVEL DEL TERRENO														INSTALACIONES ENTERRADAS				
	A-A		A-0		A-1		A-2		A-3		A-4		A-5		E-E	E-0	E-1	E-2	E-3
Volúmen V m ³	0,11<V≤1		1<V≤5		5<V≤10		10<V≤20		20<V≤100		100<V≤500		500<V≤2000		0,11<V≤1	1<V≤5	5<V≤10	10<V≤100	100<V≤700
Distancias (S o S1)	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1					
Referencia 1	-	-	-	0,6	-	0,6	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-	2,0	-	0,8	0,8	0,8	0,8
Referencia 2	-	-	-	1,3	-	1,3	-	1,3	-	2,0	-	5,0	-	15,0	-	1,5	2,5	5,0	7,5
Referencia 3	-	-	-	0,6	-	0,6	-	1,0	-	5,0	-	5,0	-	10,0	-	0,8	1,0	2,5	5,0
Referencia 4	3,0	-	3,0	2,0	5,0	3,0	7,5	5,0	10,0	7,5	15,0	10,0	30,0	20,0	3,0	3,0	4,0	5,0	10,0
Referencia 5	6,0	-	6,0	-	10,0	-	15,0	-	20,0	-	30,0	-	60,0	-	6,0	6,0	8,0	10,0	20,0
Referencia 6	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0

S: Distancia desde válvula de alivio de presión del tanque.
S1: Distancia desde las paredes del tanque (s).

Referencia 1.- Espacio libre alrededor de la proyección sobre el terreno del depósito.
 Referencia 2.- Distancia al cerramiento de la estación.
 Referencia 3.- Distancia a muros o paredes ciegas (RF-120).
 Referencia 4.- Distancias a límites de propiedad habitada, aberturas de inmuebles, focos fijos de inflamación, motores de explosión, vías públicas, férreas o fluviales, proyección de líneas aéreas de alta tensión, equipos eléctricos no protegidos, sótanos, alcantarillas y desagües.
 Referencia 5.- Distancias a aberturas de edificios para uso docente, sanitario, hospedaje, culto, esparcimiento o espectáculo, acuartelamientos, centros comerciales, museos, bibliotecas o lugares de exposición públicos. Estaciones de Servicios (Bocas de almacenamiento y puntos de distribución).
 Referencia 6.- Distancia de la boca de carga al tanque cisterna.

3.3.9.3. Requisitos prácticos

Definida la ubicación del tanque, se lo anclará con una pequeña inclinación hacia el orificio de drenaje para facilitar la salida del agua cuando se realice las pruebas hidrostáticas correspondientes así como para purgas que se realizan al tanque.

Para un buen acoplamiento de los tanques durante el montaje es necesario preparar unos cajetines coincidentes con los puntos de anclaje del tanque

que se acoplan con pernos y el espacio libre se lo rellena con hormigón rico, garantizando una mejor fijación del tanque.

3.3.9.4. Inertización de tanques de almacenamiento de gas licuado de petróleo

Luego de haberse realizado las debidas pruebas hidrostáticas y vaciado del agua del tanque y quedar listo para ser llenado con gas licuado de petróleo hay que disminuir la cantidad de oxígeno que estos contienen para evitar la formación de mezclas explosivas para estos hay que introducir al tanque gases inertes como nitrógeno o anhídrido carbónico.

El proceso de inertización se lleva a cabo en dos etapas:

- Se introduce lentamente gas inerte hasta la mitad, habiéndolo vaporizado anteriormente en el exterior, para evitar enfriamientos excesivos que puedan fragilizar el material y se deja reposar durante cuatro horas y luego se lo evacua al exterior por medio de la válvula de servicio hasta alcanzar la presión atmosférica y luego cerrarla. Si se introduce anhídrido carbónico CO_2 se abrirá la fase gaseosa del tanque y si se ha usado nitrógeno N_2 , se abrirá la fase líquida ya que el CO_2 es más pesado que el aire y N_2 es más liviano.
- Al depósito se debe añadir metanol anhidro en porciones de 1,25 litros por m^3 de capacidad. El metanol por su gran solubilidad con el agua, elimina el resto de humedad que se hubiere quedado

impregnado en las paredes del tanque y su principal misión es evitar la formación de hielo en los elementos de regulación.

3.3.9.5. Corrosión y protección

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

3.3.9.5.1. Protección catódica en tanques

Es un método electrolítico de control de la corrosión, consiste en hacer pasar una corriente continua desde los electrodos instalados en el electrolito al elemento metálico a proteger. La corrosión queda contrarrestada, cuando la corriente es de magnitud suficiente y esta adecuadamente distribuida. Para poder comprender los principios de la protección catódica debemos conocer algunos conceptos básicos sobre mecanismos de corrosión.

a. Corrosión.- es un fenómeno electroquímico en el cual intervienen metales, productos químicos y agua, los que se combinan para formar pilas capaces de generar electricidad debido a esto, los metales vuelven a su estado de compuestos naturales.

b. **Célula electroquímica.**- contiene cuatro componentes fundamentales:

- **Electrolito.**- disolución o medio conductor como el suelo que contiene agua, oxígeno, productos químicos disueltos.
- **Ánodo.**- electrodo metálico que se corroe en contacto con el electrolito.

c. **Cátodo.**- electrodo metálico que está en contacto con el electrolito y está protegido contra la corrosión siempre que alcance el potencial de inmunidad preciso.

Circuito externo.- conducto metálico que conecta el ánodo y el cátodo.

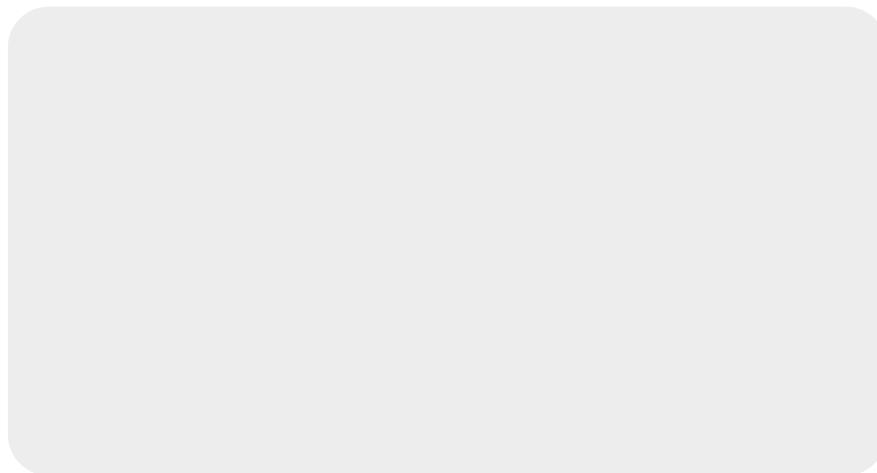


Gráfico 3.11. Protección catódica por ánodos de sacrificio

3.3.9.5.2. Protección estática para tanques

Todo cuerpo material contiene un número de partículas cargadas, protones cargados positivamente en los núcleos de sus átomos y electrones cargados negativamente fuera del núcleo. Cuando el número total de protones es igual a de electrones el cuerpo en conjunto es eléctricamente neutro, la descarga

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

Los riesgos a los que se encuentran expuestos los tanques de almacenamiento de gas licuado de petróleo, es que, una chispa producida por una descarga eléctrica estática puede inflamar mezcla de gas con aire, cuando estos se encuentran dentro de los límites de inflamabilidad.

Una de las formas de evitar los riesgos de electricidad estática, es reducir la carga de los cuerpos antes de que esta sea suficientemente elevada como para producir chispa con la energía suficiente para inflamar mezclas, para esto los tanques de almacenamiento deben estar conectados a tierra con materiales de buena conducción eléctrica.

Las corrientes producidas por descargas eléctricas son del orden de microamperios por lo tanto los cables a emplearse para la puesta a tierra no precisan de diámetros importantes y son condicionados por su resistencia mecánica y la corrosión. En general se recomienda una sección mínima de 4 mm² (THHN # 10).

La toma de tierra debe tener una reducida resistencia que facilite la descarga de la electricidad estática del elemento que se desea proteger, la resistencia máxima debe tener la conexión será de 20 Ω .

3.3.10. Redes de distribución

Es el conjunto de tuberías que enlazan los centros de almacenamiento de GLP y los puntos de consumo en fábricas, viviendas, etc.

Las redes derivan ramificaciones en circuitos abiertos o cerrados formando anillos y el diámetro de las tuberías será uniforme o variable de acuerdo con las longitudes de aquellas y del caudal de gas a transportar.

Los materiales de que están construidas las canalizaciones varían con la naturaleza del gas a transportar y las condiciones que están situadas.

Las canalizaciones y acometidas deben cumplir lo determinado en las respectivas instrucciones técnicas complementarias.

A estos efectos se clasifican aquellas según presión⁴ del gas:

- Presión alta B: mayores a 16 bar

⁴ NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 260:2008 Sistemas de fluidos y componentes para uso general, componentes de tuberías y tuberías para productos del Petróleo y gas natural, sistemas de distribución. Primera edición. Quito - Ecuador

- Presión alta A: entre 4 y 16 bar
- Presión media B: entre 0.4 y 4 bar
- Presión media A: entre 0.050 y 0.4 bar
- Presión baja: menor de 0.050 bar

Según las instrucciones técnicas vigentes se puede utilizar: acero, cobre y polietileno de alta densidad.

3.3.10.1. Tubería de cobre

Se utilizarán para gases de la 1ª, 2ª y 3ª familia. La composición y el espesor de la pared cumplirán con las normativas vigentes, tanto nacionales como internacionales.

Por sus particulares características físicas, el cobre es el metal más apropiado para la fabricación de tubos. Los tubos de cobre son utilizados en diversos tipos de aplicaciones del área de la construcción, muy especialmente, en lo referente a las instalaciones hidráulicas y sanitarias.

Las razones de este empleo se deben a las propiedades que presenta el tubo de cobre. Entre sus principales propiedades se pueden mencionar las siguientes:

- Presenta gran maleabilidad al trabajarlo.
- Tiene alta resistencia a la corrosión.
- Experimenta baja pérdida de carga por la superficie lisa de sus paredes internas.
- Posee considerable resistencia a presiones interiores.

a. Ventajas de las propiedades del tubo de cobre

Poseer las propiedades del tubo de cobre, significa tener una ventajosa superioridad, si se la compara con otros tubos de diferente material.

Respecto a las ventajas se citan:

- La facilidad y rapidez de preparación y de colocación del tubo. Ello debido a la maleabilidad del metal.
- La ejecución de las uniones en un tiempo mínimo, utilizando fittings soldados por capilaridad.
- El excelente comportamiento frente a la mayoría de los materiales de la construcción y de los fluidos que transporta.
- El empleo de tubos de pared delgada, aprovechando la alta resistencia del tubo de cobre a presiones interiores.

Los tubos de cobre son resistentes a las mayores presiones de distribución, soportando el efecto de la congelación sobre las conducciones de agua, aún en climas con inviernos rigurosos.

b. Formas de suministro del tubo de cobre

Los tubos de cobre empleados en las instalaciones de la edificación se encuentran de dos formas:

- En rollos, y
- En tiras rectas

Los tubos de cobre, suministrados en rollos, tienen normalmente una longitud de 18 metros. En caso de sobre pedido puede tener una longitud mayor. Los

rollos se entregan, en general, en estado recocido. En algunos casos de sobre pedido especial, los rollos pueden ser entregados en estado semi-duro.

En el estado recocido o ligeramente duro, el tubo de cobre en rollo es fácilmente curvable, siempre que no se le exponga a curvas pronunciadas.

Esto se puede realizar sin necesidad de herramientas de curvado. Los tubos en rollos se usan especialmente en las instalaciones de:

- Tuberías de gran longitud
- Tuberías empotradas
- Derivaciones enterradas
- Recorridos sinuosos (torcidos)

Los tubos en rollos se encuentran en el comercio en los tipos **K, L y M**.

c. Dimensiones y pesos de tubos de cobre

Las dimensiones y los pesos de los tubos de cobre están adscritas a las normas internacionales que las rigen (ASTM B 88⁵) y a normas nacionales equivalentes. (NTE INEN 2 260)

Estas normas establecen las dimensiones que deben tener los diferentes tipos de tubos, en cuanto a diámetro nominal y efectivo, espesor de pared, presión máxima permitida, peso, etc., considerando si éstos son suministrados en tiras rectas o en rollos.

⁵ **Norma Chilena.** Especificaciones para tuberías de cobre sin costura

Según el tipo de tubo de cobre, a iguales diámetros tienen distintos pesos y espesores de pared, por metro lineal. Tabla 3.8

Tabla 3.8 Dimensiones y pesos de tubos de cobre

TIPOS DE CAÑERÍA	DIÁMETRO NOMINAL	ESPESOR DE PARED (mm)	PESO (Kg/m) METRO LINEAL
K	1 1/4"	1.65	1.537
L	1 1/4"	1.40	1.314
M	1 1/4"	1.07	1.390
DWV	1 1/4"	1.02	0.968

Las uniones se realizarán con soldadura de tipo fuerte

3.3.10.2. Instalación de tuberías

Las condiciones de operación de estas tuberías que transportan GLP a media presión son distintas en función de que las instalaciones receptoras que están conectadas a una red de distribución o estén alimentadas desde depósitos (tanques), su presión máxima de trabajo será de 2 bares (0,2MPa).

Su recorrido siempre se lo realizará por el exterior de la edificación o por patios de ventilación, cuando no se logre cumplir estas condiciones se alojarán en vainas de acero cuyos extremos se encuentren abiertos comunicados con el exterior de la edificación.

Se podrá prescindir de las vainas en el interior de las viviendas o de locales en el caso de que en las mismas exista un regulador de media presión que este instalado lo más cerca posible de la entrada de la conducción de GLP.

Para la instalación de tuberías empotradas, este procedimiento se lo realizara cuando se deba rodear obstáculos o conectar dispositivos alojadas en cajetines dentro de una pared o muro.

En el caso de tuberías enterradas, se lo realiza cuando la tubería está alojada en el subsuelo cumpliendo en estos casos las normas nacionales como internacionales. Los materiales que se deben emplear en los tramos enterrados son:

- Cobre.- se utilizará tubos estirados con soldadura fuerte
- Polietileno.- debido a sus especiales características, precisa para su manipulación, el estricto cumplimiento de las reglas que lo especifican

3.3.10.2.1. Procesos de acoplamiento y conexiones

Se emplea diferentes métodos para efectuar el acoplamiento de tubos y conexiones usados en GLP.

- a) Uniones por compresión o autosellantes.- los acoples entre tubos de cobre y las conexiones logran la hermeticidad mediante el apriete ejercido con la rosca, aprovechando la maleabilidad y ductividad del cobre. No es necesario el empleo de aditamentos para sellado. Se empleará soldadura fuerte que consiste en la unión de dos metales mediante el uso de calor y de una aleación de aporte cuyo punto de

fusión supera los 450 °C, sabiendo que el punto de fusión es más bajo que el punto de fusión de los metales.

En el comercio la soldadura fuerte se encuentra en forma de varillas desnudas o revestidas de fundentes.

Elas se pueden dividir en dos clases:

- ✓ Aleaciones con alto contenido de plata
- ✓ Aleaciones cobre-fósforo-plata

Ambas clases de aleaciones tienen características muy diferentes especialmente en lo que se refiere a fluidez y temperatura de fusión.

Las primeras (con elevado contenido de plata) tienen un intervalo de fusión según las aleaciones: Cu-Ag-Zn-Cd o Cu-Ag-Zn entre 600 °C y 775 °C.

Las de segunda clase, aleaciones de Cu-Ag-P, Cu-P tiene un intervalo de fusión entre 650 °C a 820 °C. Es necesario indicar que la plata aleada con otros elementos igualmente puros, producen aleaciones de aporte.

La soldadura fuerte empleada en instalaciones de gas en baja y media presión es la platex AG 150 F esta tiene el 15% de Ag y el punto de fusión es de 650 °C .

En alta presión se utiliza platex AG 140 Cd o platex AG 400 Cd estas tienen el 34% y 40% de Ag.

La temperatura de fusión que se necesita se logra con un soplete de gas, oxiacetilénica o bien oxipropano.



Gráfico 3.12. Equipo de soldadura

- b) Uniones por conexiones roscadas.- las tuberías de acero desnudo (hierro negro o galvanizado) se acoplan mediante conexiones roscadas, pero la hermeticidad se logra mediante el uso de aditamentos como sellantes anaeróbicos.

3.3.10.3. Pruebas de estanqueidad para tuberías

Las pruebas se realizarán siempre con aire o gas inerte.

a. **Pruebas de estanqueidad para redes de media presión.-** se realiza a una presión efectiva de 5 Bar (0,5 MPa), la cual deberá ser verificada a través de un manómetro de escala adecuada y precisión de 0,1 Bar (0,01 MPa), la prueba se dará como concluida si no se observa una disminución de la presión en un tiempo no inferior a una hora.

b. **Pruebas de estanqueidad para redes de baja presión.-** se la someterá a una presión de 1 Bar (0,1MPa) durante una hora como mínimo , en caso que no se pudiera realizar con gas inerte, se realizará con la presión del gas de servicio, pero comprobando todas las juntas con agua jabonosa u otros medios .

3.3.10.4. Diámetro de la tubería a adoptar

Los factores que inciden para la selección de tuberías serán:

- La naturaleza del gas con su densidad característica
- La caída de presión que admitamos, la cual vendrá influenciada por el caudal y la presión de trabajo

Todos estos factores forman parte determinante para la selección del diámetro de la tubería a instalarse.

3.3.10.5. Pérdidas de carga

La presión del gas en el origen o inicio de una red decae o pierde valor conforme avanza a lo largo de la misma por efectos de frotamiento con las paredes y los accesorios, así como el efecto de pérdidas de energía por cambios de sección de la tubería.

El efecto es como decimos, una caída o pérdida de presión que se conoce como pérdida de carga.

Las fórmulas que dan las pérdidas de carga y se utilizan generalmente para el manejo de los gases usuales varían con la presión del gas en cuestión, son debidas a RENOARD y son válidas si se cumplen las siguientes condiciones:

El coeficiente Q/D sea menor a 150, siendo Q el caudal transportado en m^3/h a $15\text{ }^\circ\text{C}$ y presión atmosférica y el diámetro interior real de la tubería en mm.

$$\frac{Q}{D} < 150 \quad \text{Ecuación 3. 21}$$

- El llamado número de REYNOLDS dado por:

$$R = T \left(\frac{Q}{D} \right)$$

En donde

T = Constante para familia de los gases

16000 para gases de la primera familia

22300 para gas metano y gas natural

24300 para aire

72000 para propano

Q = caudal en m³/h

D = diámetro en mm

El número de Reynolds debe ser igual o menor a 2.000.000

Las fórmulas de RENOARD para determinación de pérdidas de carga son:

Para presiones medias y altas de 0,05 a más de 4 bars

$$P_A^2 - P_B^2 = 48.600 \times ds \times L \times \frac{Q^{182}}{D^{482}} \quad \text{Ecuación 3. 22}$$

Para presiones bajas 0,05 bar

$$P_A - P_B = 232.000.000 ds \times L \times \frac{Q^{182}}{D^{482}} \quad \text{Ecuación 3. 23}$$

Siendo:

$P_A^2 - P_B^2$.-son presiones absolutas, (la relativa o de un manómetro) en bares, en el origen y en el extremo del tramo de la tubería cuya pérdida de carga deseamos hallar.

Obsérvese que dichas presiones están en esta fórmula elevadas al cuadrado y por lo tanto da la misma diferencia de los cuadrados de esas presiones.

$P_A - P_B$.- presiones expresadas en mmca También para el origen y el extremo respectivamente. Su diferencia es precisamente el valor buscado de pérdidas de carga o diferencia de presiones.

d_s = densidad ficticia o aparente que es un valor que depende de la densidad relativa.

Como valor ficticio podemos utilizar la tabla 6.5:

Tabla 3.9. Tabla de valores d_s

Gas	Valor de d_s
Gas ciudad	0,50
Gas natural	0,54 a 0,61
Aire butanado (6300 Kcal/Nm ³)	0,94
Aire propanado (6500 Kcal/Nm ³)	1,00
Aire propanado (13500 Kcal/Nm ³)	1,11
Gas propano	1,16
Gas butano	1,44

El valor se puede expresar también por la fórmula de Reynolds

$$R = \frac{VD}{\nu} \quad \text{Ecuación 3. 24}$$

Donde:

V= velocidad

D=diámetro

ν = viscosidad cinemática

3.3.10.6. Velocidad de circulación del gas

Si para los líquidos la cifra es de 1 m/s por lo que esta velocidad debe ser lenta, para evitar el depósito de sedimentos y para no producir el temible golpe de ariete al cerrar bruscamente una llave y evitar ruidos y turbulencias en los gases que son comprensibles, la cifra puede ser más alta aunque con ciertos límites, de los valores aconsejables para el cálculo se podrá utilizar presiones desde 1 m/s hasta 30 m/s pero es recomendable utilizar una velocidad media de 15 m/s como límite superior para el cálculo del diámetro de la tubería. Para el cálculo tenemos la siguiente formulación:

Velocidad del gas

$$V \text{ (m/h)} = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/h)}}{S \text{ (m}^2\text{)}} \quad \text{Ecuación 3. 25}$$

Sección de la tubería

$$S \text{ (m}^2\text{)} = \frac{3.14D^2}{4} \quad \text{Ecuación 3. 26}$$

S Para D en m

3.3.10.7. Pérdidas totales en el sistema

$$P_A^2 - P_B^2 = 48,6 \times dc \times lc \times Q^{1,82} \times D^{-4,82} \quad \text{Ecuación 3. 27}$$

Donde:

$P_A^2 - P_B^2$ = Presiones absolutas en el origen y final del tramo expresado en bar absolutos obtenido al sumar el valor relativo y la presión atmosférica (1,01325 bares)

d_c = Densidad corregida de GLP (1,66)

l_c = Longitud m

$Q^{1,82}$ = Caudal del en los tramos m^3/h

$D^{4,82}$ = Diámetro interior de la tubería en mm

3.4. ACCESORIOS Y ELEMENTOS DE SEGURIDAD

Son el conjunto de componentes que forma parte importante en lo que se refiere a confiabilidad y seguridad en los sistemas centralizados de GLP.

3.4.1. Contadores

Son aparatos que registran el consumo de gas realizado por los usuarios

Instalaciones de contadores.- los recintos destinados a la ubicación de los contadores deberán estar adecuados, ventilados, tendrán las dimensiones necesarias para permitir su correcto mantenimiento y estarán construidos 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 los mismos, se consultará con la empresa suministradora.

Ventilación.- la superficie de entrada como salida de aire (S) en cm^2 será igual a 10 veces la superficie (A) del recinto en m^2 y como mínimo de 200 cm^2

$$S(\text{cm}^2) = 10 \times A(\text{m}^2) \quad \text{Ecuación 3. 28}$$

a. Requisitos que se deben tomar en cuenta en las instalaciones de contadores.

La puerta deberá abrirse hacia afuera y estar provista de una cerradura normalizada por la empresa suministradora.

La parte externa de la puerta de acceso deberá contar con un letrero con las siguientes inscripciones:

- GAS
- Prohibido fumar en el local o entrar con llama

Junto a cada llave del contador deberá fijarse una placa que lleve grabada de forma indeleble la indicación del piso o equipo, dicha placa deberá ser metálica o de plástico rígido.

3.4.2. Reguladores

La diferencia entre la presión de 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
- 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, estanqueidad del cierre, las cuales nos indican la calidad del regulado.

3.4.2.1. Reguladores de acción directa.- son aquellos en que la presión del gas de salida actúa sobre la membrana principal opuesta al muelle de mando y mueve el obturador hasta que alcance el equilibrio entre ambos elementos. Se construyen para una presión fija o bien para una presión regulable que pueden ajustarse o modificarse a voluntad entre los límites propios del regulador.

Los reguladores de acción directa se fabrican para alta, media o baja presión. La presión de estos reguladores dentro de la gama de caudales para la cual han sido diseñados, es del orden de $\pm 5\%$ de la presión de tarado. Sus ventajas más interesantes son la rapidez de respuesta, la sencillez de su mecanismo y su fácil regulación.

3.4.2.2. Ubicación e instalaciones de reguladores

Cuando sea necesario el uso de reguladores, el diseñador de la instalación deberá consultar con la empresa suministradora tanto el tipo de regulador como el de las válvulas de seguridad que deberán instalarse para que este se adapte correctamente a las características de la distribución.

Los reguladores deberán situarse perfectamente en zonas de la edificación que se hallen al aire libre tales como pre vestíbulos, soportales, fachadas, muros, azoteas.

a. Instalaciones alimentadas con GLP y regulación.

Las instalaciones alimentadas desde depósitos (tanques) contarán con un primer regulador que garantiza la presión de entrada en la línea que no pueden alcanzar valores mayores a 2 bares (0,2 MPa).

La reducción de la presión hasta la utilización en baja presión se realiza por medio de un solo regulador o bien con un regulador a la entrada de cada equipo

3.4.2.3. Válvula de exceso de flujo

Tiene por objeto cerrar o cortar el flujo de gas cuando este es superior al de su diseño. Este dispositivo de seguridad actúa en caso de que ocurriera algún accidente de ruptura de la tubería que sale del tanque, esta válvula de exceso de flujo actúa evitando la fuga del combustible

3.4.2.4. Válvula de seguridad

Se encuentra ubicado cerca del regulador de primera o media presión, su misión es, desalojo de gas por sobre presión en la línea, garantizando el buen funcionamiento de los reguladores

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación la hemos realizado mediante un estudio teórico-bibliográfico, el cual nos permitió determinar y elaborar un marco teórico conceptual, mediante la revisión de las normas técnicas, manuales de instalación de GLP, catálogos (reguladores, contadores y tanques de almacenamiento) nos ha permitido conocer las bases conceptuales para el diseño e implementación del sistema de gas centralizado en el Taller Mecánico.

Mediante los métodos científico, inductivo y deductivo⁶, han posibilitado la mejor comprensión de la problemática de diseño e implementación del sistema de gas centralizado en donde se han dado las siguientes etapas: Almacenamiento, regulación, medición, transporte o conducción y sistemas de seguridad, para obtener y garantizar funcionalidad y eficiencia en la explotación del sistema.

⁶ **El Método Científico**, permite ordenar la información con secuencia lógica de lo general a lo particular.

Método Deductivo: Sirve para establecer las hipótesis a partir de definición de la fundamentación teórica y establecer las relaciones lógicas entre las variables, con el objeto de llegar al cumplimiento de los objetivos.

Método inductivo: A partir del diseño e implementación del sistema de gas centralizado, y luego de realizar las pruebas respectivas al sistema se comprobó su validez, seguridad y confiabilidad.

Finalmente, se ha utilizado la técnica de observación a las instalaciones construidas por la empresa MASTER CONTROL S.A. dirigida por el Ing. Daniel Vizuite en la ciudad de Quito, para una mejor fundamentación del diseño del sistema de GLP.

Para nuestro trabajo analizamos e interpretamos la normativa "NTE INEN 2260"⁷ que ha sido elaborada en base a Normas Internacionales como la "NFPA A58 y A54"⁸, Normas de manejo de GLP en varios países (Españoles SEDIGAS), y sobre todo ha sido elaborada considerando la experiencia de profesionales ecuatorianos en el campo de las instalaciones centralizadas.

4.1. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 260:2008

Quito - Ecuador

DESCRIPTORES: Sistemas de fluidos y componentes para uso general, componentes de tuberías y tuberías para productos del Petróleo y gas natural, sistemas de distribución.

PE 04.08-402

CDU: 696.2

CIIU: 4102

ICS: 23.040:75.200

⁷ **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 260:2008** Sistemas de fluidos y componentes para uso general, componentes de tuberías y tuberías para productos del Petróleo y gas natural, sistemas de distribución. Primera edición. Quito - Ecuador

⁸ **NFPA. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION.** Código nacional del gas combustible de los estados unidos. sexta edición. Julio de 1996. 242 pág.

A54 Criterios generales referentes a la instalación y operación de gas combustible por tuberías y aparatos en aplicaciones residenciales e industriales.

A58 Requisitos de seguridad para aplicaciones en industrias

OBJETO

El análisis de esta norma que rige en el territorio Ecuatoriano establece los requisitos técnicos y las medidas de seguridad mínimas que deben cumplirse al diseñar, construir, ampliar, reformar, revisar y operar las instalaciones de gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial; así como las exigencias mínimas de los sitios donde se ubiquen los equipos y artefactos que consumen gases combustibles, las condiciones técnicas de su conexión, ensayos de comprobación y su puesta en marcha

DEFINICIONES

Para la familiarización de algunos términos analizaremos algunos conceptos importantes:

Accesibilidad grado 1. Se entiende que un dispositivo tiene accesibilidad grado 1 cuando su manipulación puede realizarse sin abrir cerraduras, y el acceso o manipulación, sin disponer de escaleras o medios mecánicos especiales.

Accesibilidad grado 2. Se entiende que un dispositivo tiene accesibilidad grado 2 cuando está protegido por armario, registro practicable o puerta, provistos de cerradura con llave normalizada. Su manipulación debe poder realizarse sin disponer de escaleras o medios mecánicos especiales.

Accesibilidad grado 3. Se entiende que un dispositivo tiene accesibilidad grado 3 cuando para la manipulación se precisan escaleras o medios mecánicos especiales.

Accesorios. Elementos utilizados para unir las tuberías para conducción de gas; usados para hacer cambios de dirección, de nivel, ramificaciones, reducciones o acoples de tramos de tubería.

Acometida. Conjunto de tuberías, equipos y accesorios requeridos para la entrega de gas combustible a uno o varios usuarios, es decir, es la parte de la

canalización de gas comprendida entre la red de distribución o la válvula de salida en el caso de depósitos de almacenamiento de gases licuados fijos o móviles, y la válvula de acometida incluida ésta.

Acometida exterior. Es la parte de la canalización de gas comprendida entre la red de distribución o la válvula de salida en el caso de tanques de almacenamiento de gases fijos o móviles, y la válvula de distribución hacia los puntos de consumo.

Acometida interior. Es el conjunto de tuberías y accesorios comprendidos entre la válvula de distribución, y válvula o válvulas del edificio.

Aparato a gas. Son aquellos en los cuales se desarrolla la reacción de combustión, utilizando la energía química de los combustibles gaseosos que es transformada en calor, luz u otra forma de energía.

Armario. Es aquel recinto con puertas cuyo espacio se limita a contener las válvulas, contadores y/o reguladores de gas y su instalación. Tendrá las dimensiones suficientes para poder instalar, mantener y sustituir los elementos.

Autoridad competente. Es la organización, institución o persona responsable de la aprobación o certificación de un tanque, una instalación o un procedimiento, que ha sido designada para el efecto.

Certificado de conformidad con norma. Es el documento emitido por la autoridad competente, de acuerdo con un sistema de certificación, en el cual se manifiesta adecuada confianza de un producto, proceso o servicio debidamente identificado, que está conforme con una norma técnica.

Certificado de conformidad con reglamento. Es el documento emitido por la autoridad competente, de acuerdo con un sistema de certificación, en el cual se manifiesta adecuada confianza de un producto o servicio debidamente identificado, que está conforme con un reglamento técnico.

Comercializadora de gas. Es la persona natural o jurídica nacional o extranjera, o asociaciones de estas, calificada y autorizada por el Ministro de Minas y Petróleos, para ejercer las actividades de comercialización de gas licuado de petróleo.

Condiciones de Referencia. Son las condiciones de presión y de temperatura a las cuales se refieren a los volúmenes del gas combustible. Como condiciones de referencia se toman los valores convencionales equivalentes a una temperatura de 15,6 °C, y una presión de 101,3 KPa (1,013 bar)

Conjunto de regulación. Son los accesorios que se instalan conjuntamente con el regulador, incluido éste, tales como válvulas de corte, filtro, tomas de presión, tubería de conexión, etc.

Cuando este conjunto va alojado en el interior de un armario se le denomina armario de regulación.

Dispositivo de alivio de presión. Dispositivo diseñado para abrir, evitando una elevación excesiva de la presión interna del fluido por encima de un valor específico, debido a condiciones de emergencia o a condiciones anormales.

Empotrado. Cuando los elementos de la instalación se encuentran dentro de partes estructurales de los edificios.

Edificación. Cualquier construcción para uso residencial, comercial o industrial. En el caso de uso residencial puede ser unifamiliar, multifamiliar.

Factor de simultaneidad. Relación existente entre la máxima demanda probable y la máxima potencia de gas.

Familia de gases. Según el índice de Wobbe: La primera familia para el gas de ciudad; la segunda para el gas natural y la tercera para los gases licuados de petróleo, GLP.

Gas combustible. Todo fluido gaseoso combustible que se transporta o distribuye a través de redes de tuberías, ya sea gas de ciudad, gas natural o gas licuado de petróleo, en fase gaseosa y cualquier otro tipo o mezcla de los anteriores.

Gas licuado de petróleo, GLP. Está constituido por mezclas de hidrocarburos extraídos del procesamiento del gas natural o del petróleo que se licúa fácilmente por enfriamiento o por compresión, constituidos fundamentalmente por propano y butano.

Instalaciones para suministro de gas. Conjunto de tuberías, equipos (tanques, reguladores, contadores, etc.), y accesorios requeridos para la conducción del gas a edificaciones de uso residencial, comercial e industrial.

Instalación estacionaria (permanente). Instalación de recipientes de gas combustible, tuberías y equipos para uso permanente en una ubicación en particular.

Instalación receptora de gas. Es el conjunto de tuberías y accesorios comprendidos entre la válvula de acometida, excluida ésta, y las válvulas de conexión al aparato, incluidas éstas.

- a) No tendrán el carácter de instalación receptora, las instalaciones alimentadas por un único cilindro o depósito móvil de gases licuados del petróleo de contenido unitario igual ó inferior a los 15 Kg, conectados por tubería flexible o acoplado directamente a un solo aparato de utilización móvil.
- b) Una instalación receptora puede suministrar a varios edificios, siempre y cuando éstos estén ubicados en terrenos de una misma propiedad.
- c) En el caso más general, una instalación receptora se compone de: la acometida interior, las instalaciones comunales y las instalaciones individuales de cada usuario.

Instalador de gas. Es la persona natural o jurídica legalmente establecida que incluye en su objeto social las actividades de diseño, montaje, reparación,

mantenimiento y revisión de instalaciones de gas, que cumpla con los requisitos mínimos establecidos y esté acreditada mediante el correspondiente certificado, emitido por la autoridad competente; se encuentre inscrita en el registro correspondiente o en su defecto de acuerdo con las reglas de una buena actuación profesional.

Norma de reconocido prestigio. Tendrán la consideración de normas de reconocido prestigio las normas ISO, CEN, NF, BS, DIN, UNE, NFPA, IRI y aquellas otras aceptadas por la autoridad competente que han sido aprobadas por un organismo internacional o nacional especializado en normalización.

Presión de servicio de los aparatos. Presión estática medida en la conexión de entrada del gas al aparato cuando éste se encuentra en funcionamiento. Se expresa en KPa o en milímetros de columna de agua (mmca).

Presión de Diseño. Es la máxima presión permisible prevista por las normas de construcción, aplicables a cada recipiente o sistema de tuberías, determinada mediante los procedimientos de diseño establecidos para el tipo de materiales en que estén contruidos.

Presión mínima de operación. Es la mínima presión efectiva de operación que puede presentarse dentro de un sistema de tubería para la conducción del gas, bajo condiciones normales de servicios.

Presión de servicio. Es la presión a la cual trabaja una instalación receptora en un momento determinado. Su valor no puede exceder a la presión máxima de servicio.

Presión máxima de servicio. Es la presión máxima a la cual puede trabajar un tramo y/o la totalidad de la instalación receptora en función de su diseño.

Presión de calibración. Es aquella presión preestablecida a la que se ajusta cada una de las funciones de un regulador o válvula de seguridad.

Recipiente. Cualquier depósito (incluidos: cilindros, tanques móviles, portátiles y fijos) utilizado para transportar o almacenar gas combustible.

Regulación de la presión. Proceso que permite reducir y controlar la presión del gas en un sistema de tubería, hasta una presión específica para el suministro. La regulación puede efectuarse en una o varias etapas.

Regulador de presión. Dispositivo que permite abatir y controlar la presión del fluido de gas en un sistema de tuberías.

Regulador AP. Regulador de presión que permite reducir la presión desde una AP a una presión inferior.

Regulador MP. Regulador de presión que permite reducir la presión desde una MP a una presión inferior.

Regulador BP. Regulador de presión que permite reducir la presión desde una BP a una presión inferior.

Salida de gas. Extremo terminal de una instalación individual para suministro de gas, donde está prevista la conexión de aparatos.

Sellante. Sustancias o elementos destinados a garantizar la hermeticidad en montajes mecánicos para las uniones entre tuberías y accesorios.

Sistema de GLP. Conjunto que consiste en uno o más recipientes, con un medio para llevar GLP (de modo continuo o intermitente) desde el o los recipientes hacia dispositivos surtidores o de consumo, y que incorpora componentes con el objeto de lograr el control de la cantidad, flujo, presión o estado (líquido o vapor).

Sistema contra incendios. Es el conjunto de tubería y equipos diseñados y construidos para atender los conatos de incendio.

Sistema fijo de tuberías. Conjunto integrado por tuberías, válvulas y accesorios instalados en una ubicación permanente, que conectan la fuente de GLP a su equipo de utilización.

Soldadura fuerte. Es aquella soldadura en la que la temperatura de fusión del metal de aporte es igual o superior a 500°C.

Tanque fijo o estacionario. Recipiente que por su capacidad volumétrica total, su tamaño y peso, debe permanecer fijo en el sitio de emplazamiento. Su diseño y construcción debe cumplir con las especificaciones de la NTE INEN 2-260 y tener la certificación de conformidad con norma.

Tuberías. Tuberías rígidas o flexibles, metálicas o no metálicas para llevar gas combustible desde un punto a otro.

Tubería vista. Tubería instalada sin protección.

Tubería de venteo. Tuberías conectadas al orificio de las válvulas de alivio (reguladores, válvulas), usadas para conducir a la atmósfera o a sitios ventilados los posibles escapes de gas, producidos por una sobrepresión en el sistema.

Tubería enterrada. Tubería instalada bajo suelo y recubierta con materiales de fácil remoción y que no cause ataques corrosivos a ésta.

Tubería embebida. Tubería de gas combustible instalada en pisos y paredes (hormigón o mampostería) recubiertas con material de fácil remoción.

Tubería oculta. Es aquella tubería sobre la cual no hay una percepción visual directa. Puede ser: embebida, enterrada o por ductos.

Tubería por ducto. Tubería instalada en el interior de ductos exclusivos o generales.

Tubería flexible. Es aquel tubo que se puede doblar o estirar fácilmente sin que se alteren sus características mecánicas.

Usuario. Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación del servicio de distribución de gas, bien como propietario del inmueble o como receptor directo del servicio.

Válvula de Alivio-seguridad (VAS). Dispositivo que tiene por función reducir la presión interna por evacuación directa de gas al exterior cuando esta supere un valor predeterminado.

Válvula de cierre de emergencia. Válvula de cierre que incorpora medios de cierre térmico y/o manuales y que también dispone de medios de cierre a distancia.

Válvula de conexión al aparato. Es el dispositivo de corte que formando parte de la instalación individual está situado lo más próximo posible a la conexión de cada aparato y que puede interrumpir el paso del gas al mismo. Debe estar ubicada en el mismo local que el aparato.

1. La válvula de conexión al aparato no debe confundirse con la válvula o válvula de mando de corte que lleva incorporado el propio aparato. La válvula de conexión al aparato debe existir en todos los casos salvo que se trate de instalaciones individuales en las que se utilice un cilindro móvil de gas licuados del petróleo, de contenido igual ó inferior a 15 Kg equipado de un regulador con dispositivo de corte incorporado y acoplado a un solo aparato situado en el mismo local que el cilindro.

Válvula de regulador. Es aquella que situada muy próxima a la entrada del regulador permite el cierre del paso del gas al mismo.

4.1.1. DISPOSICIONES GENERALES REQUERIDAS

- A. Los tanques, tuberías y las válvulas que se utilicen en las instalaciones centralizadas de gas deben tener certificados de conformidad con norma emitidos por el fabricante o por un organismo certificador.
- B. Los accesorios, contadores, reguladores, válvulas, etc., que se utilicen en las instalaciones centralizadas de gas deben ser especificadas para uso con el gas a utilizarse en el proyecto.
- C. Las empresas y el personal que realice instalaciones de gas, deben estar calificados de acuerdo con la NTE INEN.

4.1.2. Clasificación de los gases combustibles

Gases de la primera familia

Incluye los gases manufacturados, gas de coquería y mezclas hidrocarburos aire

(Aire propanado y aire metanado) de bajo poder calorífico entre 4,65 y 5,5 KW/m³

Gases de la segunda familia

La segunda familia incluye los gases naturales, gas natural sintético y las mezclas hidrocarburo aire (aire propanado) de poder calorífico entre 9,3 y 14 KW/m³

Gases de la tercera familia

La tercera familia incluye los gases licuados de petróleo (GLP): propano y butano, con poder calorífico entre 27,9 y 36 KW/m³

Presiones de trabajo según su familia

Las presiones de uso normal en los aparatos según las familias del gas son las siguientes:

- a) 1ª Familia: de 0,6 KPa a 1,2 KPa.
- b) 2ª Familia: de 1,7 KPa a 2,2 KPa.
- c) 3ª Familia: Butano: de 2,0 KPa a 2,8 KPa

Propano: de 2,5 KPa a 3,7 KPa

Butano/Propano: de 2,5 KPa a 3,7 KPa

Clasificación de las instalaciones centralizadas de GLP

Las instalaciones de gas se clasifican de acuerdo a la forma de suministro y son de dos clases:

- 1) Suministradas desde una red de distribución (canalizado).
 - a) Tanques fijos o estacionarios para GLP,
 - b) Tanques semiestacionarios para GLP (0,11 a 0,5 m³)

- 2) Los elementos de regulación, seguridad, válvulas y demás accesorios que se utilicen en una instalación de gas combustible, en canalizaciones y acometidas deben ser diseñados tomando en cuenta los valores máximos del rango de la Presión Máxima de Operación.

Tabla 4.1. Rangos de presiones

Rangos de presión	
AP (Alta presión)	140 KPa < PMO ≤ 400 KPa
AP (Alta presión)	140 KPa < PMO ≤ 200 KPa (GLP)
MP (Media Presión)	16 KPa < PMO ≤ 140 KPa
BP (Baja Presión)	PMO < 16 KPa

4.1.3. Requisitos de una instalación de gas combustible

El diseño, dimensiones, materiales, accesorios y sistemas de unión de la instalación de gas combustible serán tales que garanticen el adecuado flujo de gas para atender las necesidades de los aparatos que deban conectarse, así como la seguridad en la conducción del gas hasta los mismos.

El diseño de una instalación debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a. Familia y denominación del gas.
- b. Poder calorífico superior.
- c. Densidad relativa.
- d. Caudal, presiones máximas y mínima en tuberías de conducción y artefactos de gas.
- e. Presencia eventual de condensados.
- f. Medio exterior con el que esté en contacto.
- g. En el caso de uso de medidores se debe especificar el factor de conversión volumen-masa.
- h. El factor de simultaneidad de operación.
- i. Considerar uno o más dispositivos de evacuación de condensados, cuando el trazado de la instalación y las características del gas lo hagan necesario.

Condiciones generales de la instalación

Las instalaciones para suministro de gases combustibles deben contemplar como mínimo los siguientes aspectos básicos:

- a) Como criterio 1 las instalaciones de gas se deben construir de tal forma que todas las partes constitutivas sean accesibles para ser reparadas o sustituidas, total o parcialmente en cualquier momento de su vida útil.
- b) La máxima presión de operación permisible en sistemas de tuberías instaladas en el interior de las viviendas (departamentos, casas), debe ser hasta 16 KPa
- c) El sistema de tuberías en el interior de viviendas (departamentos, casas) debe construirse de acuerdo a lo especificado en la tabla 3. Si son soldadas el proceso de soldadura y los soldadores deben estar calificados, según Código ASME Sección IX ó ANSI/AWS A 5.8 y/o NTE INEN 128.

4.1.4. Instalación de tuberías

Estas deben resistir la acción del gas combustible y del medio exterior, al que deben estar protegidas, mediante un sistema eficaz.

Los espesores de las paredes de las tuberías, deben cumplir como mínimo con las condiciones de ensayo de presión impuestas a estas instalaciones, y deben tener una resistencia mecánica que cumpla con los requisitos de las normas de cada tipo de tubería.

Las tuberías vistas deben ser señalizadas e identificadas con los colores

TIPOS DE TUBERÍAS

Los tipos de tubería que se pueden utilizar son: metálicas y plásticas.

Tuberías metálicas.- deben ser de acero al carbono, acero inoxidable o cobre, cuya composición química no sea atacada por el gas combustible, ni por el medio exterior con el que estén en contacto. Para la conducción de gas combustible, en ningún caso se debe utilizar tubería de hierro fundido. Los tipos de tubería metálica que pueden ser utilizados en las instalaciones para suministro de gas son:

- A. Tubería de acero al carbono, mínimo cédula 40 y de acuerdo con las siguientes normas: ASTM A 53 (grado A y B) ó ISO 65 (serie Heavy); negro o galvanizada por inmersión en caliente.
- B. Tuberías de cobre rígida o flexible, sin costura, según las normas: ISO 1635 o ASTM B 88 de tipo K o L.
 - No se debe emplear tuberías de cobre si el contenido de sulfuro de hidrógeno por cada metro cúbico del combustible gaseoso es superior a 7 mg en condiciones normales.

- Se debe utilizar tubo rígido (temple duro) con un espesor mínimo de 0,89 mm pudiéndose utilizar tubo flexible con un espesor mínimo de 1,2 mm y un diámetro exterior máximo de 28,58 mm (en estado recocado).
- C. Tubería flexible corrugada de acero inoxidable tipo CSST fabricada según las especificaciones de la norma ANSI/AGALC1
- D. Tubería rígida de acero inoxidable tipo AISI 304 L y AISI 316 L según ASTM A 240, fabricada según las especificaciones dimensionales y de presión de las normas JIS G 3448 o UNE 19-049-1, ASTM A 312 M, hasta que se elabore la norma NTE INEN correspondiente.

Tuberías Plásticas

Tuberías plásticas de Polietileno (PE) de calidad PE 2406 (PE 80) o PE 3408 (PE 100), deben ser utilizadas exclusivamente en instalaciones enterradas, salvo las excepciones de la tabla 3 y deben cumplir con lo establecido en la norma ISO 4437 ó ASTM D2513.

Uniones para tubería, elementos y accesorios. Las uniones de los tubos entre sí y de éstos con los accesorios y elementos de las instalaciones, se deben hacer de forma que el sistema utilizado asegure la estanqueidad, sin que esta sea afectada por los distintos tipos y presiones de gas que se puedan suministrar, ni por el medio exterior que estén en contacto.

Uniones mediante soldadura.

Los procesos de soldadura utilizables dependen de los materiales de los tubos y/o accesorios a unir y del material.

En general las técnicas de soldadura y, en su caso, los materiales de aportación para su ejecución, deben cumplir con unas características mínimas de temperaturas y tiempo de aplicación, resistencia a la tracción, resistencia a la presión y al gas distribuido y deben ser adecuadas a los materiales a unir. El proceso de soldadura y los soldadores que lo apliquen deben estar

calificados, según Código ASME Sección IX o ANSI/AWS A 5.8 o NTE INEN 128.

En la realización de las soldaduras se deben seguir las instrucciones del fabricante de los tubos, de los accesorios y del material de aporte, teniendo especial precaución en la limpieza previa de las superficies a soldar, en la utilización del decapante adecuado al tipo de soldadura y en la eliminación de los residuos del fundente.

Las uniones soldadas deben ser siempre por soldadura fuerte para presiones de operación hasta 400 KPa.

Unión Polietileno polietileno

Las uniones de los tubos y accesorios de PE deben realizarse mediante soldadura por electrofusión o termofusión, que sean compatibles con los tubos y accesorios a unir. Para hacer una transición de polietileno a metal o viceversa se podrá usar accesorios mecánicos de tipos por compresión o accesorios de transición ensamblados en fábrica.

Unión cobre-cobre

Las uniones de tubos de cobre se deben realizar mediante soldadura por capilaridad, a través de accesorios de cobre o de aleación de cobre y utilizando materiales de aporte clasificados como soldadura fuerte.

Se denomina soldadura fuerte, cuando los materiales de aporte se funden a Mínimo 500°C

Para la soldadura fuerte por capilaridad, el material de aporte debe cumplir con los parámetros de la norma ANSI/AWS A 58

Unión acero-acero

Las uniones de los tubos y accesorios de acero deben realizarse mediante soldadura eléctrica al arco. Para diámetros nominales, (DN), inferiores o iguales a 50 mm, se podrá utilizar soldadura oxiacetilénica.

Unión acero inoxidable acero inoxidable

Las uniones de los tubos de acero inoxidable deben realizarse mediante capilaridad, a través de accesorios de acero inoxidable o de aleación de cobre, ó bien a tope directamente entre tubos y utilizando materiales de aporte en soldadura fuerte. No se debe utilizar el abocardado del tubo para soldar por capilaridad, excepto en la construcción de baterías de contadores centralizados, siempre que una vez realizada la unión soldada, el espesor resultante sea como mínimo el espesor del tubo.

Unión cobre o bronce-acero

No se permite la unión directa de tubos de cobre y acero. La unión de un tubo o accesorio de cobre con un tubo o accesorio de acero se debe realizar intercalando un accesorio de bronce. La unión de dicho accesorio de bronce con un tubo o accesorio de acero, debe realizarse por soldadura fuerte a tope, con material de aporte de aleación de cobre y punto de fusión mínimo de 850°C.

Unión cobre-acero inoxidable

No se deben unir de forma directa tubos de cobre y de acero inoxidable. La unión de un tubo ó accesorio de cobre con un tubo o accesorio de acero inoxidable, se debe realizar intercalando un accesorio de bronce.

Unión y accesorio polietileno-aluminio-polietileno

Las uniones y accesorios para tuberías de polietileno-aluminio-polietileno, PE-AL-PE, deben cumplir y tener certificado de conformidad con la norma ASME 4176 o la norma ISO 17484-1, hasta que se elabore la norma NTE INEN correspondiente.

Cuando estas uniones se utilicen en instalaciones interiores de los edificios deben cumplir con:

- Presión máxima de operación 6,92 KPa
- Estar instalada dentro de un ducto de ventilación exclusivo, canalizado al exterior de la edificación.
- Este tipo de uniones no se utilizarán en tuberías que conduzcan GLP en fase líquida.

Uniones roscadas

Las uniones roscadas se deben realizar únicamente sobre tubos de acero mínimo cédula 40 ó de espesor superior. Debe asegurarse la estanqueidad mediante un compuesto anaeróbico, o un compuesto no endurecible, o bien con cinta de estanqueidad de politetrafluoroetileno PTFE. La rosca de la unión debe ser del tipo cónico y debe cumplir con los parámetros de la NTE INEN ó ANSI/ASME.

En las conexiones roscadas se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las uniones entre tuberías, en instalaciones interiores, pueden ser roscadas cuando la presión de servicio no exceda de 34 KPa.
- Las uniones entre tuberías, en instalaciones exteriores pueden ser roscadas cuando la presión de servicio no exceda de 68 KPa.
- No deben usarse uniones de tipo roscado para tuberías de diámetro nominal (DN) mayor que 50 mm.
- Los accesorios deben ser de acero, bronce, cobre, fundición maleable, fundición dúctil (modular). No deben utilizarse accesorios roscados para unión de tuberías (eles, tees, cruces, acoplamientos, uniones, bridas y tapones) de hierro fundido.

Las instalaciones de tuberías de distribución de gas combustible para uso residencial, comercial o industrial pueden ser: vistas y ocultas (embebidas, enterradas y por ductos), deben cumplir con lo especificado en la tabla 4.2

TABLA 4.2. Limitaciones en la instalación de tuberías

TIPO DE TUBERÍA LUGAR DE INSTALACIÓN	POLIETILENO	POLIETILENO-ALUMINIO-POLIETILENO	COBRE	ACERO	ACERO INOXIDABLE RÍGIDO	ACERO INOXIDABLE CORRUGADO
AL INTERIOR DE LA EDIFICACIÓN	PROHIBIDO	ACEPTADO (ver requisito adicional nota 8)	ACEPTADO (ver requisito adicional nota 8)	ACEPTADO (ver requisito adicional nota 8)	ACEPTADO (ver requisito adicional nota 8)	ACEPTADO (ver requisito adicional nota 8)
VISTA (ver requisitos adicionales nota 10)	PROHIBIDO (ver excepción en nota 1)	PROHIBIDO (ver excepción en nota 1)	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO
EMBEBIDA EN PAREDES (ver nota 5)	PROHIBIDO (ver excepción en nota 1)	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 13)	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 13)	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 13)
EMBEBIDA EN PISOS (CONTRAPISO, MASILLADO) AL INTERIOR DE LA EDIFICACIÓN (ver nota 5)	PROHIBIDO	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 13)	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO
EMPOTRADA DIRECTAMENTE EN LOSAS, FUNDICIONES AL INTERIOR Ó EXTERIOR DE LA EDIFICACIÓN	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO
ENTERRADA AL EXTERIOR DE LA EDIFICACIÓN (ver nota 6)	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO (ver requisito adicional nota 2)	ACEPTADO	ACEPTADO
ENTERRADA POR DEBAJO DE LOS CIMIENTOS DE LA EDIFICACIÓN	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO
POR TECHOS FALSOS	PROHIBIDO	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 4)	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 4)	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 4)	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 4)	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 4)

POR PRIMER SUBSUELO BAJO EL NIVEL DEL TERRENO (SÓTANOS, PARQUEADEROS y OTROS USOS)	PROHIBIDO	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 3)	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 7)			
POR EL SEGUNDO Ó SUBSIGUIENTES SUBSUELOS BAJO EL NIVEL DEL TERRENO (SÓTANOS, PARQUEADEROS Y OTROS USOS)	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO
EN DORMITORIOS Y BAÑOS (ver aclaración en nota 8)	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO
EN ZONAS COMUNALES DENTRO DE EDIFICIOS (ver requisitos adicionales nota 9)	PROHIBIDO	ACEPTADO (ver requisito adicional en nota 13, a)	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO	ACEPTADO
HUECOS DE ASCENSORES O MONTACARGAS	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO
LOCALES QUE CONTENGAN TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS DE POTENCIA	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO
LOCALES QUE CONTENGAN RECIPIENTES DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS (ver aclaración en nota 11)	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO
DUCTOS DE EVACUACIÓN DE BASURAS Ó PRODUCTOS RESIDUALES	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO
CHIMENEAS O DUCTOS DE EVACUACIÓN DE PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO
DUCTOS O BOCAS DE AIREACIÓN O VENTILACIÓN, (ver excepción en nota 12)	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO	PROHIBIDO

NOTA 1. Se podrá instalar tuberías de polietileno sobre el nivel del suelo en acometidas que discurran por muros externos que requieran conectarse al conjunto regulador y/o medidor. La tubería debe estar dentro de una camisa para protección mecánica y radiación ultravioleta, a una altura máxima de 1,80 m, con su extremo superior sellado.

NOTA 2. La tubería de acero enterrada debe tener protección contra la corrosión activa y pasiva.

NOTA 3. Las tuberías que pasen por un sótano ó subsuelo deben ser continuas (soldadas), sin uniones mecánicas y dentro de una camisa o ducto de ventilación; los extremos de la camisa o ducto deben terminar en una zona externa a la edificación, al menos un extremo debe estar abierto.

El venteo del extremo(s) debe ser hacia el exterior por encima del nivel del suelo y estar instalado de modo que se evite el ingreso de agua e insectos, la sección de la camisa de protección debe ser 1,5 veces el diámetro de la tubería.

NOTA 4. El techo falso por donde discurra la tubería, debe tener una ventilación hacia cualquiera de los siguientes lugares: 1) exterior del edificio, 2) local que contenga los artefactos de gas, 3) zona comunal ventilada hacia el exterior del edificio. Las ventilaciones serán mínimo de 100 cm².

NOTA 5. Tuberías embebidas que se instalan incrustadas en una edificación y cuyo acceso solo puede lograrse mediante la remoción de parte de muros o pisos de inmueble. Las tuberías embebidas serán ubicadas en sitios que brinden protección contra daños mecánicos.

- Las tuberías embebidas en paredes se recubrirán con un mortero mezcla 1:3:3 de espesor mínimo de 20 mm alrededor de toda la tubería.
- Las tuberías embebidas en pisos se recubrirán con un mortero de 20 mm de espesor. El concreto no contendrá acelerantes, agregados de escoria ó productos amoniacales ni aditivos que contengan productos que ataquen los metales.
- Las tuberías embebidas no podrán estar en contacto físico con otros elementos metálicos, tales como varillas de refuerzo, conductores eléctricos ó tuberías de otros servicios.

NOTA 6. Las tuberías enterradas deben estar a una profundidad mínima de 60 cm y cuando crucen calles a 80 cm mínimo. Si no se puede cumplir con estas profundidades entonces debe instalarse en la parte superior de la tubería protecciones con ladrillos ó algún material de obra de similar característica.

- Cuando se ponga protección la tubería debe estar a una profundidad mínima de 30 cm y para cruces de calles a 60 cm mínimo
- Cuando la tubería esté ubicada en jardines debe estar protegida en su parte superior
- Toda tubería enterrada debe estar señalizada mediante una cinta amarilla e impresa con la leyenda "PELIGRO TUBERÍA DE GAS". Las tuberías enterradas serán instaladas de tal forma que en sentido paralelo se encuentren mínimo a 20 cm de otros servicios y sus cajas de revisión y en cruces mínimo a 10 cm. Si no es posible mantener estas distancias mínimas entonces la tubería debe instalarse dentro de un ducto o protegida por algún material de obra incombustible, en la longitud del cruce.
- En ningún caso la tubería podrá estar en contacto con los materiales de protección.

NOTA 7. Las tuberías que discurran por un sótano ó subsuelo deben ser soldadas y dentro de una camisa o ducto de ventilación; los extremos de la camisa o ducto deben terminar en una zona externa a la edificación, al menos un extremo debe estar abierto.

- El extremo(s) del venteo debe ser hacia el exterior, por encima del nivel del suelo y estar instalado de modo que se evite el ingreso de agua e insectos, la sección de la camisa de protección debe ser 1,5 veces el diámetro de la tubería.
- Cuando sean materiales disímiles debe utilizarse separadores o aislantes para evitar la corrosión galvánica.

NOTA 8. Se incluye la prohibición a techos falsos, pisos, paredes de los dormitorios y baños.

NOTA 9. La zona comunal del edificio debe tener al menos una ventilación inferior hacia el exterior del edificio de mínimo 200 cm². Esta ventilación podrá ser un ducto el que debe ventilarse hacia fuera del edificio y sobre el nivel del terreno, no tendrá una abertura hacia gradas o ductos.

NOTA 10. Las distancias mínimas de separación de una tubería vista a conducciones de otros servicios deben estar de acuerdo con el siguiente cuadro:

Tabla 4.3. Distancias mínimas entre tuberías

DISTANCIAS MÍNIMAS ENTRE TUBERÍAS		
TUBERÍA PARA OTROS SERVICIOS	CURSO PARALELO (cm)	CRUCE (cm)
Conducción agua caliente	3	1
Conducción eléctrica	3	1
Conducción de Vapor	5	5
Chimeneas y ductos de extracción de gases de combustión	60	60
Suelo por donde discurren	5	Ninguno

NOTA 11. Los vehículos a motor ó un vehículo cisterna móvil, no tienen la consideración de tanques de combustible líquido.

NOTA 12. Las tuberías podrán discurrir por aquellos ductos que sirvan para la ventilación de los locales con instalaciones y/ó equipos que utilicen el propio gas suministrado.

NOTA 13. Las tuberías de cobre, acero inoxidable corrugado y PE-AL-PE, deben estar protegidas con una lámina metálica de acero de mínimo 1,5 mm de espesor ó con mortero (masillado) de mínimo de 50 mm para que lo proteja contra daños mecánicos.

- La tubería podrá estar protegida contra eventuales daños físicos a través de camisas ó ductos según aplique tabla 4.4
- Una camisa o ducto puede realizar varias funciones a la vez, el material de la misma debe cumplir los requisitos específicos de ambas funciones, ver tabla 4.4

NOTA A. En estos casos, el material debe asegurar la estanqueidad.

Tabla 4.4. Protección a tuberías

FUNCIÓN	MATERIAL DE CAMISAS	MATERIAL DE DUCTOS
Protección mecánica de tuberías	Acero, con espesor mínimo de 1,5 mm	Materiales metálicos (acero, cobre, etc.), con espesor mínimo de 1,5 mm
	Otros materiales de similar resistencia	De obra (espesor mínimo de 5 cm)
Ventilación de tuberías en sótanos (ver nota A)	Materiales metálicos (acero, cobre, etc.)	Materiales metálicos (acero, cobre, etc.)
Ventilación de tuberías en el resto de casos (ver nota A)	Materiales metálicos (acero, cobre, etc.)	Materiales metálicos (acero, cobre, etc.)
	Otros materiales rígidos (por ejemplo plásticos rígidos)	De obra
Acceso a armarios de regulación y contadores. Tuberías situadas en suelo o subsuelo	Materiales metálicos (acero, cobre, etc.)	-----
	Otros materiales rígidos (por ejemplo, plásticos rígidos)	-----

- Los tubos que atraviesen muros de cimentaciones deben ir protegidos por una camisa, que estará sellada en su extremo, para prevenir la entrada de gas o agua al edificio.
- Los tubos no deben atravesar cavidades no ventiladas. Si no se puede cumplir esta condición, la tubería debe ir alojada en una camisa continua y estanca, abierta y sobresaliendo al exterior por ambos extremos.
- Por ningún motivo se deben conectar a las tuberías metálicas para gas, las conexiones a tierra de redes y artefactos eléctricos de cualquier naturaleza.
- Para juntas de expansión para compensar la dilatación, contracción, trepidación, vibración o asentamientos, se podrá usar:

- a) Conectores flexibles, deben estar diseñados para una presión de trabajo de 2413 KPa y se pueden utilizar hasta de 1 m de largo.
 - b) Lazos de tubería metálica flexible.
- La instalación de tuberías de los gases combustibles que contempla el alcance de esta norma, deben discurrir por camisas y ductos independientes a las tuberías de otros gases (oxígeno, hidrógeno, acetileno, etc.).
 - Los sistemas de tuberías para suministro de gases combustibles deben ser totalmente independientes, por esta razón, no se deben conectar con otro sistema de tubería de gas diferente al que se esté suministrando

TUBERÍAS ENTERRADAS. Los tubos de las instalaciones enterradas para gases húmedos (gas natural) deben tener una pendiente no inferior al 1 %.

- Las tuberías de canalizaciones y acometidas discurrirán por rutas preferentemente debajo de las aceras, cumpliendo los requisitos establecidos en la tabla 4.2.
- Las tuberías de canalizaciones que tengan que cruzar calles deben cumplir los requisitos establecidos en la nota 6 de la tabla 4.2, y de ser necesario podrán ser instaladas dentro de una camisa de metal que ofrezca mayor resistencia según lo requiera la rigidez del terreno.

TUBERÍAS EMBEBIDAS. De acuerdo a lo especificado en la tabla 4.2.

TUBERÍAS POR CAMISAS O DUCTOS. De acuerdo a lo especificado en la tabla 3.

TUBERÍAS VISTAS. En la instalación de tubería vista se debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Evitar que esta quede expuestas a choques o deterioros, sino es posible debe colocarse una protección de acuerdo a la tabla 4.4

- Las tuberías en la proximidad de bocas de inducción para aireación y ventilación deben instalarse mínimo a 60 cm.
- Se prohíbe el paso de las tuberías por los ductos de gases quemados, ductos de ventilación del edificio, ductos de evacuación de basuras, huecos de ascensores o montacargas, locales de transformadores, locales de recipientes y depósitos de combustibles líquidos.
- Los dispositivos de fijación (mecanismos de amarre y arriostamiento) deben estar situados de tal manera que quede asegurada la estabilidad y alineación de la tubería.
- Las tuberías aéreas deben apoyarse sobre elementos estables, rígidos y seguros de la edificación.
- Las tuberías vistas deben estar protegidas contra los agentes nocivos del medio en donde se encuentren expuestas.
- Las tuberías para suministro de gas combustible no deben estar en contacto con instalaciones de vapor, agua caliente, o eléctricas. Las distancias mínimas entre una instalación de gas vistas y otro tipo de conducción deben ser las establecidas en la nota 10 de la tabla 4.2

TUBERÍAS OCULTAS. La instalación debe estar de acuerdo a la nota 10 de la tabla 4.2. Estas tuberías pueden instalarse en ductos por donde discurren instalaciones de otros servicios, siempre y cuando el ducto sea ventilado y sobre el nivel del suelo.

INSTALACIONES DE TUBERÍAS PLÁSTICAS. Las tuberías plásticas y sus accesorios compatibles deben utilizarse en instalaciones según lo establecido en la tabla 4.2. Para la instalación, deben seguirse las siguientes recomendaciones:

- El fondo de la zanja no debe tener objetos duros, como rocas o cualquier otro elemento que puede dañar a la tubería.
- Cuando el fondo de la zanja está conformado por rocas o elementos que pueden dañar a la tubería, se debe rellenar el fondo con arenas o suelos finos compactados (10 cm).

- El relleno debe realizarse inmediatamente después de la colocación y de las pruebas de presión de la tubería con el fin de protegerla. El material de relleno inicial debe ser material fino de la misma zanja o arena fina.
- Se deben rellenar con cuidado los primeros 20 cm y compactarse perfectamente alrededor del tubo. En este punto se coloca la cinta de precaución, ver tabla 4.2.
- La tubería por ser flexible permite realizar curvas y el radio de esta curvatura debe ser como mínimo 25 veces el diámetro de la tubería. Si existe algún accesorio en este sector, el radio de curvatura será mínimo de 125 veces el diámetro de la tubería.
- Donde existan cruces con otros servicios públicos como teléfono, energía eléctrica, acueducto o alcantarillado, debe instalarse de acuerdo a la nota 6 de la tabla 4.2.

4.1.5. Limitaciones de presión

Las limitaciones de acuerdo a la máxima presión de operación permisible, MP (media presión), OP (baja presión), en sistemas de tuberías instaladas para GLP, deben ser de acuerdo a la tabla 4.5.

TABLA 4.5. Limitaciones de acuerdo a la máxima presión de operación permisible – MP (media presión) OP (baja presión)

EDIFICACIÓN	PRESIÓN DE SUMINISTRO A LOS APARATOS	PRESIÓN DE TRANSMISIÓN EN LÍNEAS
Industrial	400 KPa	400 KPa
Comercial	100 KPa	200 KPa
Domestico Comunal	100 KPa	200 KPa
Domestico Interior	50 KPa	100 KPa
Domestico Exterior	16 KPa	40 KPa

4.1.6. Dispositivos de anclaje

TABLA 4.6. Distancias de anclaje			
TUBERÍA	DIÁMETRO NOMINAL mm	SEPARACIÓN MÁXIMA	
		Horizontal (m)	Vertical (m)
Rígida	12,7	1,5	2,0
	19,0	2,0	3,0
	25,0	2,0	3,0
	32,0 y >	2,5	3,0
Flexible	12,7	1,0	1,0
	19,0	1,0	1,0
	25,0 y >	1,5	1,5

- En el caso de tuberías metálicas, debe intercalarse entre el tubo y la abrazadera un material dieléctrico que evite el contacto directo de los dos metales, excepto cuando sean del mismo material.
- Se debe colocar un dispositivo de anclaje cercano a la válvula de paso de cada artefacto.
- En los sitios de cambios de dirección deben colocarse dispositivos de fijación adicionales.
- En cualquier caso, en los tramos verticales debe colocarse como mínimo un dispositivo de fijación por nivel o piso.
- Cuando las tuberías están instaladas cerca al techo de las edificaciones, en el diseño y colocación de los soportes se deben tener en cuenta las distancias mínimas que faciliten el mantenimiento de la instalación.
- Los dispositivos de fijación deben estar situados de manera que quede asegurada la estabilidad de la tubería.

4.1.7. Protección contra la corrosión

Las tuberías, tanques, equipos y demás elementos que conforman una instalación de uso residencial, comercial o industrial deben resistir la acción del gas y del medio exterior con el que estén en contacto. Se debe aplicar un

sistema de protección contra la corrosión a las instalaciones de conformidad con las recomendaciones del fabricante para cada uno de los elementos mencionados o con las normas técnicas aplicables. Se debe ejercer especial cuidado en los siguientes puntos de las instalaciones, a saber:

- Los sitios donde se producen contactos bimetálicos por unión de tuberías de diferentes materiales, contacto de las tuberías con otros elementos metálicos de la instalación o edificación y dispositivos de anclaje.
- En las uniones soldadas
- En las uniones mecánicas donde la corrosión puede ser ocasionada por acción bimetálica o por acción diferencial de oxigenación en las conexiones roscadas.
- En las uniones roscadas donde la porción roscada de la tubería que queda por fuera del accesorio se encuentra expuesta.

4.1.8. Instrumentos de control y medición

Tipos de regulación

Los tipos de regulación están determinados básicamente por las necesidades de reducción de presión que se presenten en la instalación, por las condiciones particulares de consumo y para garantizar un suministro seguro del gas combustible. A continuación se describen algunos tipos de regulación:

Regulación de única etapa. Hace referencia a las instalaciones en las cuales se regula directamente la presión de la línea matriz a la presión de la línea individual. El regulador debe localizarse en la línea matriz y en el exterior de la edificación.

Para el caso de GLP el regulador se debe localizar a la salida del tanque y en el exterior de la edificación, y además debe cumplir con lo siguiente:

- Los reguladores de primera etapa o etapa única deben estar diseñados para soportar una presión de ingreso máxima de 1724 KPa.

Regulación en dos etapas. Cuando por las condiciones particulares de la instalación y teniendo en cuenta las limitaciones de máxima presión permisible dentro de las edificaciones, se requiera controlar la presión del gas en dos etapas, la regulación se debe efectuar así:

- **Primera etapa.** Se reduce la presión de salida del tanque a la línea matriz. hasta un valor máximo de presión igual al permisible en esta norma. El regulador debe localizarse en la línea matriz y al exterior de la edificación. Para el caso de GLP el regulador se debe localizar a la salida del tanque y en el exterior de la edificación.
- **Segunda etapa.** Se reduce la presión de la línea matriz hasta la presión de las líneas individuales. El regulador debe localizarse en el exterior. Se pueden ubicar en áreas comunales dentro de la edificación previo cumplimiento de los siguientes requisitos:
 - a) El armario debe ser ventilado hacia el exterior del edificio o al ducto técnico.
 - b) El regulador puede estar ubicado dentro de la vivienda, siempre y cuando se satisfagan los requisitos de seguridad establecidos para el alivio de sobrepresión de los reguladores instalados en recintos interiores

Regulación en tres etapas. Se reduce la presión de la línea individual hasta la presión de servicio de los artefactos de consumo. El regulador puede estar ubicado dentro de la vivienda, siempre cuando se satisfagan los requisitos de seguridad establecidos para el alivio de sobrepresión de los reguladores instalados en recintos interiores de acuerdo a lo especificado en la normativa técnica

4.1.9. Regulación de presión

Los reguladores de presión son aparatos de elevada sensibilidad de cuya apropiada elección depende el buen funcionamiento de la instalación. Estos

deben garantizar el suministro de gas en la cantidad y a la presión requerida a las más variables condiciones de trabajo:

- Compensar las variaciones graduales o imprevistas que pueden manifestarse en la presión de entrada.
- Soportar variaciones de volumen graduales o imprevistas sin alterar la presión de salida.
- Debe instalarse una válvula de corte antes del regulador.
- Cumpliendo las condiciones de seguridad, los reguladores de presión en instalaciones de uso residencial, comercial o industrial deben instalarse:
 - a) Al exterior del edificio o al interior siempre que se cumpla los requisitos establecidos en la norma técnica
 - b) En el armario o local de contadores
 - c) Al pie de la tubería ascendente general.
 - d) Cada usuario debe tener un contador, antes del contador se debe instalar obligatoriamente un regulador de presión. Excepto en caso de un único usuario conectado a una estación de almacenamiento de GLP.

4.1.10. Mecanismos de control de sobrepresión

Evita la sobrepresión dentro de la red interna de las instalaciones, estas deben contar con un dispositivo de seguridad que evite tales sobrepresiones cuando se presente una falla del regulador; este dispositivo puede estar integrado con el regulador o puede ser un equipo adicional que se instale en la línea.

- En los reguladores instalados al interior de las edificaciones y que además disponen de válvula de alivio o de seguridad, debe instalarse un tubo que conecte el venteo con el exterior.
- Para cuando se utilice un regulador instalado en serie con otro que actúe como limitador de presión no se requerirá la válvula de alivio o de seguridad.

- Para cuando se utilice un dispositivo de corte automático por sobre presión instalada en serie o incorporada al regulador no se requerirá la válvula de alivio.
- Para el caso de GLP el regulador de primera etapa o etapa única se debe localizar a la salida del tanque y en el exterior de la edificación, y además deben estar diseñados para soportar una presión de ingreso máxima de 1724 KPa.

Para usos internos también se podrá utilizar los siguientes tipos de reguladores:

- Con doble diafragma, el venteo no requiere ser canalizado hacia fuera del edificio. Su uso está limitado a presiones de ingreso al regulador de hasta 16 KPa para uso doméstico y 70 KPa para usos industriales, comerciales y comunal-domésticos.
- Con limitador de venteo, conforme a ANSI Z21.80 ó CSA6.22. Si el regulador con el limitador de venteo se instala dentro del edificio no es necesario canalizar el venteo hacia fuera del edificio. Su uso está limitado a presiones de ingreso al regulador de hasta 16 KPa para usos doméstico y 70 KPa para usos industriales, comerciales y comunal-domésticos.

g) Todo regulador instalado fuera del edificio debe contar con algún elemento incluido en el regulador ó externo a este que evite el ingreso de agua al mismo.

4.1.11. Contadores

Los contadores deben seleccionarse de acuerdo con la capacidad requerida para la máxima y mínima presión de operación prevista en el sistema y la máxima caída de presión permisible.

El contador debe garantizar la correcta medida del volumen de gas que está circulando.

Tipos de contadores

De diafragma. Las características físicas y metro lógicas de los contadores de diafragma deben ajustarse a las especificaciones técnicas definidas en la Recomendación Internacional OIML R 31.

Rotatorio. Las características físicas y metro lógicas de los contadores tipo rotatorio deben cumplir con la Recomendación Internacional OIML R 32.

Instalación de contadores.

- Deben estar conformados por los equipos requeridos para efectuar la medición, la regulación y el control del suministro del servicio de gas para uno o varios usuarios.
- Los contadores se deben instalar en forma vertical, nivelados y conectados a tuberías que garanticen la estabilidad del equipo y la hermeticidad del sistema.
- Cada contador individual debe estar marcado de tal manera que identifique con exactitud la vivienda a la cual registra el consumo.
- Los contadores deben disponer de válvulas que permitan el suministro o suspensión del servicio.

Ubicación de contadores.

El lugar destinado para la ubicación de los contadores debe cumplir como mínimo con las siguientes especificaciones:

- a) Su localización de ser en el exterior de las viviendas o en áreas comunales ventiladas, con facilidad de acceso para su lectura y de dimensiones tales que permitan la realización de trabajos de mantenimiento, control, inspección, reparación y reposición.

b) En el caso de localizar los contadores en áreas comunales no ventiladas dentro de la edificación, debe realizarse la instalación en armarios que cumplan los siguientes requisitos:

- El armario debe ser hermético hacia el área comunal no ventilada.
- El armario debe cumplir las siguientes condiciones de ventilación, siempre y cuando esta ventilación no se dé hacia el área comunal.
- El área de entrada y salida del aire (S) del armario en cm^2 debe ser mayor o igual a 10 veces la superficie en planta de dicho armario (A) en m^2 , siendo el área mínima 20 cm^2 . $S (\text{cm}^2) \geq 10 A (\text{m}^2)$
- En caso de requerirse iluminación en el armario deben instalarse lámparas a prueba de explosión y el interruptor de encendido se debe localizar en el exterior del mismo.
- El local o el armario de contadores deben aislarse de interruptores, motores u otros artefactos eléctricos que puedan producir chispas. Esta totalmente prohibido el almacenamiento de materiales combustibles en el interior del local o el armario de contadores.
- El local o armario deben estar protegidos de la acción de agentes externos tales como impacto, daños mecánicos, humedad excesiva, agentes corrosivos y en general de cualquier factor que pueda producir el deterioro acelerado de los equipos.
- Para gases más densos que el aire (GLP), los contadores no pueden ubicarse en un local cuyo nivel este por debajo del nivel del terreno, como en el caso de sótanos o semisótanos, pues existe el peligro de acumulación de gases causados por escapes.
- Los armarios de contadores no se deben ubicar a nivel del piso, la mínima distancia que se permite con respecto a este es de 50 mm.
- Los armarios y locales de contadores deben estar provistos de las siguientes inscripciones como medida de seguridad:

a) En el exterior de la puerta del local o armario:

- PELIGRO GAS INFLAMABLE

- PROHIBIDO FUMAR O ENTRAR CON LLAMA

- IDENTIFICACIÓN DE LA COMERCIALIZADORA DEL GAS

- b) En el interior del armario ó local y en un lugar muy visible:
- Asegúrese de que la válvula que se manobra es la que corresponde
 - No abrir una válvula, sin tener la seguridad de que todas las válvulas de la instalación están cerradas
 - En caso de cerrar una válvula equivocadamente, no volverla a abrir sin comprobar que todas las válvulas están cerradas
 - Las leyendas deben ser de color rojo y las demás que la empresa comercializadora crea necesarias.

4.1.12. Válvulas de corte

Estas deben estar ubicadas como mínimo en los siguientes puntos:

Válvula de acometida. Es la válvula que da inicio a la instalación receptora de gas, se debe instalar en todos los casos. La ubicación la debe decidir la empresa comercializadora, en zona pública, tanto para la empresa distribuidora como para los servicios públicos (bomberos, policía, etc.).

Válvula de edificio. La válvula de edificio se debe instalar lo más cerca posible de la fachada del edificio o sobre ella misma, y debe permitir cortar el servicio de gas a éste. La ubicación lo determina la empresa instaladora y la empresa comercializadora de acuerdo con el usuario (propietario).

Esta válvula se debe instalar si la longitud de la acometida interior, medida entre la válvula de acometida y la fachada del edificio es igual o superior a:

- 1) 25 m en tubería vistas
- 2) 4 m en tuberías enterradas
- 3) En todos los casos en que la acometida suministre a más de un edificio.

Válvula de montante colectivo. La válvula de montante colectivo se debe instalar cuando exista más de un montante colectivo.

Válvula de usuario. Se debe instalar en todos los casos para aislar cada instalación individual.

Válvulas integrantes de la instalación individual

Válvula de contador. La válvula de contador se debe instalar en todos los casos y situarse en el mismo armario ó recinto, lo más cerca posible de la entrada del contador ó de la entrada del regulador de usuario cuando éste sea acoplado a la entrada de contador.

Válvula de conexión de aparato. La válvula de conexión de aparato se debe instalar para cada aparato a gas, y debe estar ubicada lo más cerca posible del aparato a gas y en el mismo recinto.

En caso de aparatos de cocción, la válvula de aparato se puede instalar, para facilitar la operatividad de la misma, en un recinto contiguo de la misma vivienda o local privado siempre y cuando estén comunicados mediante una puerta.

Válvula de regulador. Cada regulador debe disponer una válvula situada lo más cerca posible de él.

Almacenamiento de GLP de acuerdo con la norma INEN 260

El almacenamiento de GLP debe ser mediante cilindros móviles, tanques semiestacionarios y estacionarios, destinados al suministro o distribución para su consumo en redes canalizadas de gas.

Los cilindros, deben estar ubicados sobre el nivel del terreno, los tanques pueden ser ubicados sobre el nivel del terreno, en terrazas, en talud, enterrados y semienterrados.

Clasificación de instalaciones de almacenamiento. Las instalaciones de almacenamiento de GLP se clasifican en los siguientes tipos:

- I. Baterías de cilindros de 15 Kg
- II. Baterías de cilindros de 45 Kg

III. Tanques de almacenamiento de GLP se clasifican en los siguientes grupos, de acuerdo a la suma de los volúmenes geométricos de todos sus tanques:

Tabla 4.7. Tanques enterrados o semienterrados:
E-E Mayor de 0,11 hasta 1 m ³
E-0 Mayor de 1 y hasta 5 m ³
E-1 Mayor de 5 y hasta 10 m ³
E-2 Mayor de 10 y hasta 100 m ³
E-3 Mayor de 100 y hasta 700 m ³

Tabla 4.8. Tanques sobre el nivel del terreno:
A-A Mayor de 0,11 hasta 1 m ³
A-0 Mayor de 1 y hasta 5 m ³
A-1 Mayor de 5 y hasta 10 m ³
A-2 Mayor de 10 y hasta 20 m ³
A-3 Mayor de 20 y hasta 100 m ³
A-4 Mayor de 100 y hasta 500 m ³
A-5 Mayor de 500 y hasta 2.000 m ³

La instalación de GLP con tanques sobre el nivel del terreno.

Los tanques deben ser diseñados y contruidos de acuerdo con lo establecido en la NTE INEN 2 261 vigente y el Código ASME Sección VIII, División 1 ó 2 y tener certificado de conformidad con norma, la instalación no debe estar situada ni en el interior ni debajo de las edificaciones, salvo la excepción indicada a continuación:

- Si las instalaciones del grupo A-A se ubican en locales debajo de un edificio, se debe construir de 3 paredes sólidas y techo de hormigón, una puerta de acceso con ventilación al exterior y la válvula de alivio del tanque debe estar a 1 m de la puerta de acceso. Adicionalmente debe instalarse un sistema de enfriamiento con agua mediante splinker de accionamiento automático. Para estos casos se permite como máximo el uso de 4 cilindros de 45 Kg o 2 tanques estacionarios de 0,5 m³

- Si las estaciones del tipo A-A y A-0 se ubican en locales fuera de las edificaciones y tienen las tres paredes sólidas y techo deben cumplir con las siguientes condiciones:
 - I. La superficie de la estación debe estar ubicada sobre el nivel del terreno ó vía pública.
 - II. La pared no sólida debe tener una superficie de ventilación mínima, al nivel del piso, equivalente a 1/10 de la superficie de la planta del local.
 - III. Cuando la ventilación de la pared no sólida es por canalización (ductos) el techo debe tener al menos un 10% de la superficie del local ventilado hacia el exterior y en el lado opuesto de la pared ventilada.
 - IV. Dos paredes sólidas pueden ser consideradas como muros para efectos de reducción de distancias de seguridad.
 - V. Adicionalmente debe instalarse un sistema de enfriamiento con agua mediante splinker de accionamiento manual.
 - VI. Los tanques ubicados a nivel de la vía pública debajo de un talud, el local debe construirse con los sistemas estructurales requeridos. El acceso a este local será desde la vía pública con puertas de material no combustible y ventilado en la parte superior e inferior al nivel del piso. Las distancias de seguridad deben cumplir con lo especificado en la tabla 3.7.
- La instalación de GLP debe disponer de una ventilación natural a espacios abiertos a su mismo nivel, no permitiéndose que la misma se realice a través de edificios o locales.
- Dentro de las distancias que se establecen en la referencia 2 de la tabla 3.7, cuadro de distancias, y en función de la clasificación, no deben existir construcciones, instalaciones, ni materiales ajenos al servicio.

Instalaciones de Almacenamiento tanques en Terrazas. Se admite en terrazas instalaciones clasificadas como A-A, A-0, A-1 y A-2 hasta 12 m³ por estación de almacenamiento y que además de cumplir todas las prescripciones que se señalan para las instalaciones sobre el nivel del terreno en la tabla 4.7, cumplan con lo siguiente: un Profesional competente debe certificar que la edificación soporta las cargas que la instalación produzca, tanto durante la operación como durante la prueba hidrostática, y que el piso esté construido de forma que su resistencia al fuego sea como mínimo RF-240.

- Las distancias medidas a partir de la válvula de alivio del tanque a chimeneas, desagües, aberturas a patios o a huecos o accesos que comuniquen con niveles inferiores al piso de la terraza serán como mínimo lo establecido en la referencia 4 de la tabla 3.7 estén a nivel del piso.
- Si la terraza tiene otros usos adicionales, la estación de GLP debe estar provista de cerramiento.
- No deben considerarse muros para efectos de reducir las distancias de seguridad.
- No debe tener equipos de vaporización ni de trasvase.
- En la estación de GLP debe existir una toma de agua.
- El tanque no debe estar conectado a la línea de puesta a tierra del edificio.
- En edificaciones de más de cuatro pisos sobre el nivel del suelo debe existir un pararrayo con cobertura a los tanques de GLP o cubierto por una jaula de faraday (malla aluminio) conectada tierra independiente a la del edificio. El cable de conducción a tierra debe ser aislado. En lugares donde se producen tormentas eléctricas es obligatorio proteger con pararrayos independiente del número de pisos.
- La línea de carga debe situarse al exterior del edificio.
- La terraza debe tener fácil acceso para el personal de mantenimiento, suministro y socorro.
- Las tuberías no deben instalarse en contacto directo con el piso, ni empotradas en la fundición de la terraza. Adicionalmente debe

instalarse un sistema de enfriamiento con agua mediante splinker de accionamiento manual.

- Debe tener un gabinete (Boca de incendio equipada-BIE) propio del sistema contra incendios.
- La estación de gas combustible debe tener, al menos, una cuarta parte de su perímetro abierto a zonas exteriores ventiladas, entendiéndose que se cumple esta condición, aun existiendo protecciones de obras civiles, siempre que su altura sea inferior a 1,20 m y además a nivel de la loza, de este perímetro, se realicen aberturas de mínimo 150 cm² por metro de longitud de la zona perimetral protegida.

Instalación de almacenamiento con tanques en talud

- El material del terraplén debe ser de tierra, arena u otro material incombustible y no corrosivo, debe presentar un espesor mínimo de cobertura del recipiente de 0,3 m sobre la generatriz superior del tanque.
- Tanto las válvulas como los accesorios del tanque deben quedar accesibles para su operación y mantenimiento sin que haya necesidad de romper el terraplén.
- Los recipientes en talud deben estar protegidos contra la corrosión de acuerdo con técnicas apropiadas,

Instalación de almacenamiento con tanques enterrados

- Para que un tanque sea considerado enterrado, debe ubicarse totalmente por debajo del nivel del terreno circundante, que la generatriz superior, entre 30 y 50 centímetros de dicho nivel.
- Los tanques enterrados deben ubicarse sobre una fundición firme y estar anclados a ésta para impedir su flotación.
- La distancia entre tanques situados en la misma fosa será mínimo de 1 m medidos desde el extremo más pronunciado.

- Cuando van a circular vehículos sobre una fosa, debe cubrirse por una tapa o losa capaz de resistir las cargas a que puede verse sometida.
- Si no estuviera prevista la circulación de vehículos sobre la fosa y tampoco se colocara cerramiento, la proyección de la fosa debe rodearse de un bordillo de hormigón de mínimo 30 centímetros de altura.
- En todos los casos la fosa debe rellenarse de arena fina, debidamente compactada exenta de piedras o elementos que dañen al tanque o a su protección.

Estación de almacenamiento con tanques semienterrados

Los tanques semienterrados, sin que sean del tipo en talud, se deben instalar de acuerdo con los siguientes criterios:

- Los tanques deben encontrarse nivelados sobre una base firme, con el foso preparado de manera similar a como se estableció para el caso de tanques enterrados en los literales b, c y f
- Las exigencias para el espaciamiento entre recipientes son las mismas establecidas para los tanques sobre superficie en la tabla 4.7.
- El tanque debe colocarse de tal manera que quede exento de riesgos con respecto a los daños originados por vehículos o por lo menos, debe encontrarse adecuadamente protegido contra ellos.

Características de los equipos de una estación de GLP

Boca de carga.- La boca de carga debe situarse en el mismo tanque o fuera de él y cumplir con lo siguiente:

- El acoplamiento al tanque debe estar dotado, en todos los casos, del dispositivo de llenado de doble cierre que impida la salida de gas del tanque en caso de rotura accidental de la manguera de carga.

- En las proximidades de la boca de carga se debe disponer de una toma de tierra para la conexión del tanque móvil semiremolque o remolque cisterna (auto tanque).
- La boca de carga siempre debe estar dotada de una tapa que la proteja de la suciedad y del deterioro.
- Cuando la boca de carga debe encontrarse distanciada del depósito y fuera de la estación del GLP, además debe cumplir con lo siguiente:
 - I. Señalizar durante la operación de trasvase una zona de seguridad en la cual se impida todo tipo de actividad susceptible de producir chispas o llamas a una distancia de 2 m alrededor de la referida boca de carga.
 - II. Estar protegida con un cajetín de material incombustible (RF-120) y resistente a las acciones a las que pueda estar sometida. Estar provista de cerradura o candado, y situada en lugar bien ventilado.
 - III. Disponer de un sistema de cierre en la propia boca de carga que consistirá en una válvula de corte rápido de accionamiento manual y una válvula anti retorno de doble sistema de cierre.
 - IV. La tubería que une la boca de carga al tanque será como mínimo de 25,4 mm (1") de diámetro nominal.
 - V. La boca de carga que esté fuera del depósito debe tener válvulas de alivio hidrostático calibradas para abrirse a 1,73 MPa y ubicada entre válvulas dentro del área de la estación de GLP.
 - VI. La conexión entre la tubería de la boca de carga desplazada y el tanque debe disponer de una conexión flexible.
 - VII. Todos los elementos utilizados en la boca de carga desplazada, deben estar diseñados como mínimo para una presión de 1,73 MPa y aptos para ser usados con GLP.

4.1.13. Tanques destinados para almacenamiento

Los tanques destinados al almacenamiento de GLP deben ser diseñados y construidos de acuerdo con lo establecido en la NTE INEN 2 261 y el Código ASME Sección VIII, División 1 ó 2, tener certificado de conformidad con norma y cumplir con lo siguiente:

Los tanques para su funcionamiento deben estar provistos, como mínimo, de los siguientes accesorios, estos accesorios deben estar ubicados para que sean fácilmente accesibles:

- Dispositivo de llenado de doble cierre, uno de los cuales será de retención y debe estar situado siempre en el interior del tanque, y el otro debe ser manual, tele mandado o también de retención.
- En aquellas instalaciones que dispongan de equipo de trasvase, los dispositivos de retención deben ser de exceso de flujo con el fin de permitir el trasvase entre tanques, así como para la utilización de equipos de vaporización.
- Indicador de nivel de medida continua y lectura directa.
- Indicador de nivel de máximo llenado.
- Manómetro para verificar presión interna.
- Válvula de alivio ó de seguridad de exceso de presión conectada a la fase gaseosa del tanque.
- Dos dispositivos destinados a la salida de GLP, uno en fase líquida y otro en gaseosa. Para tanques de hasta 7,6 m³ se requiere mínimo para la salida gaseosa una válvula de cierre manual. Para los tanques de capacidad mayor de 7,6 m³ para la salida gaseosa se requiere doble sistema de cierre uno automático por exceso de flujo o telemandado y otro manual. Para la salida de líquido en todos los casos debe tener doble cierre uno automático por exceso de flujo ó telemando y otro manual. En la toma de la fase líquida el de cierre automático o telemandado debe estar necesariamente en el interior

del depósito. Cuando no se utilice alguna de las fases, no se debe prescindir del segundo cierre situado en el exterior del tanque.

- Conexión de toma de tierra.
- Los tanques deben disponer de un drenaje de GLP líquido. En cualquier caso debe disponer de una válvula interior de corte automático por exceso de flujo, de una válvula de cierre manual y un tapón roscado ó bridado, Se consideran válvulas de doble cierre (exceso de flujo, cierre manual y tapón roscado) a las válvulas tipo CHECK LOCK.
- Para los tanques verticales de hasta 0,5 m³ que se instalen en lugares de difícil acceso el tanque debe tener una válvula CHECK LOCK para drenaje del GLP.
- Toda salida del tanque que no se use debe tener tapones roscados ó bridas ciegas.
- En las tuberías que incluyan interconexiones entre recipientes instalados de modo permanente, deben tomarse precauciones para compensar la dilatación, contracción trepidación y vibración, en el asentamiento.

La presión máxima de trabajo para la que serán calculados estos tanques debe ser de 1,73 MPa, de acuerdo a los requerimientos de la norma NTE INEN 2 261.

El porcentaje de llenado de los tanques no debe exceder del 85 por ciento de su volumen, considerando la masa específica del producto líquido almacenado a 15°C.

Montaje e instalación de una estación de GLP.

Debe instalarse en concordancia con lo siguiente:

- a. Tanques horizontales sobre superficie con su eje longitudinal horizontal.
- b. Los tanques horizontales diseñados para instalación permanente en servicio estacionario sobre nivel del terreno, en bases de hormigón resistente al fuego (RF 120) que se encuentren diseñadas para

soportar el peso del tanque lleno de agua y deben apoyarse de tal manera que:

- Permitan la expansión y contracción, para evitar una excesiva concentración de esfuerzos.
 - Los tanques o conjuntos: tanque-bomba deben estar montados sobre una base común, en bases de hormigón colocadas a nivel del piso y a una altura no menor a 100 mm.
- c. En caso de que en la estación de GLP existan dos o más tanques, el instalador debe prever en el diseño de la instalación los medios necesarios para evitar el sobrellenado de uno de ellos por influencia de los otros, tanto en las operaciones de llenado como en las de funcionamiento.
- d. Para el fácil desplazamiento de los equipos y del personal de extinción de incendios deben dejarse espacios libres alrededor de los tanques, los espacios señalados en la referencia 1 de la tabla 3.7.
- e. Tanto la superficie del terreno en la zona de ubicación de los tanques como el espacio libre señalado en el párrafo anterior deben ser horizontales.
- f. En lugares de fácil acceso del público es obligatorio rodear el emplazamiento de los tanques y equipos por medio de una cerca de 2 metros de altura, como mínimo, debe ser de malla metálica o de cualquier otro sistema análogo incombustible, que permita una buena ventilación e impida el acceso de personas ajenas al mismo. En caso de que este cerramiento vaya provisto de zócalo, su altura no debe ser superior a 30 centímetros. Las puertas de los cerramientos deben abrirse hacia el exterior y ser incombustibles, y los cierres deben ser de accionamiento rápido manipulable desde el interior sin necesidad de utilizar llaves. La utilización de muros o pantallas para reducir las distancias de seguridad puede ser considerada como cerramiento, si es necesario debe complementarse la altura de 2 metros con malla metálica. Estos cerramientos deben colocarse a las distancias de los tanques de acuerdo a la referencia 2 de la tabla 3.7. Cuando en una

instalación existan equipos de trasvase, de vaporización, regulación o medida, éstos deben quedar dentro del cerramiento.

- g. Los tanques de categoría A-A, A-0, A1, E-E, E-0 y E-1, que no tengan equipos de trasvase o vaporización y que no abastezcan a instalaciones ubicadas en sitios de concurrencia pública, pueden prescindir del cerramiento siempre y cuando las bocas de carga, válvulas, equipos de regulación y accesorios de depósito se encuentren encerrados en un domo o cubierta incombustible provista de cerradura o candado.
- h. También puede prescindirse del cerramiento cuando la instalación de GLP esté ubicada en el interior de plantas industriales destinadas al almacenamiento, producción o tratamiento de productos petrolíferos o combustibles gaseosos o en aquellos otros casos en que por la índole de la industria lo requiera.
- i. Los tanques de abastecimiento de gas combustible deben fijarse, de tal manera que facilite el llenado o cambio de tanque sin que se afecte o deteriore los elementos o accesorios de ellos.
- j. Los tanques deben instalarse sobre una base firme nivelada y estar asegurados para evitar su desplazamiento, a excepción de tanques verticales de volumen unitario hasta 0,5 m³.
- k. Los tanques verticales de capacidad de agua iguales o mayores a 0,5 m³, diseñados para instalación permanente en servicio estacionario sobre el nivel del piso, deben instalarse sobre bases de hormigón armado o en soportes de acero estructural de altura máxima de 1,5 m sobre bases de hormigón armado que se encuentren diseñados para soportar las cargas establecidas.
- l. El tanque móvil semirremolque o remolque cisterna (auto tanque), para servicio estacionario emergente debe estar ubicado de acuerdo con los requisitos establecidos en la tabla 3.7. y además deben cumplir con los siguientes requisitos:

- La superficie debe ser diseñada para el uso vehicular pesado, debe mantenerse limpia y libre de materiales combustibles en por lo menos 3 m alrededor del tanque.
- Se debe verificar la flexibilidad de las mangueras de conexión.
- Se debe proteger al vehículo de la intervención de extraños y de la acumulación de elementos combustibles, con vallas distantes por lo menos 3 m alrededor del vehículo.
- La ubicación de los implementos de protección contra incendios y extintores de fuego, debe ser tal, de manera que permita una intervención oportuna y rápida.

Conexión a tierra. Todo tanque de gas combustible, ubicado sobre el nivel del piso, debe estar conectado a tierra por medio de un conductor cuya resistencia total sea inferior a 20Ω

Anclaje. Todo tanque para gas combustible debe ser anclado con un sistema que permita su estabilidad.

Protección de los tanques contra la corrosión.

Protección pasiva. Los tanques de acero enterrados o semienterrados deben estar protegidos contra la corrosión externa mediante un revestimiento continuo a base de brea de hulla, betún de petróleo, materias plásticas u otros materiales, de forma que la resistencia eléctrica, adherencia al metal, impermeabilidad al aire y al agua y resistencia mecánica sean las adecuadas a la naturaleza del terreno donde estén enterrados y además:

- Se debe comprobar el buen estado del revestimiento inmediatamente antes de ser enterrados.
- Los apoyos y zunchados deben prepararse de forma que no puedan dañar el tanque y la tubería o su protección.

Protección activa. Como complemento del revestimiento externo, los tanques enterrados o semienterrados deben ser provistos de un sistema de protección

catódica, salvo que se demuestre que no es necesaria, mediante un estudio de agresividad del terreno. Debe considerarse lo siguiente:

- La finalidad de la protección catódica es garantizar un potencial entre el tanque y el suelo que medido respecto al electrodo de referencia cobre-sulfato de cobre, sea igual o inferior a 0,85 V. Dicho potencial debe ser de 0,95 V como máximo cuando haya riesgo de corrosión por bacterias sulfato reductoras.
- En aquellos casos que existan corrientes parásitas, ya sea por proximidad a líneas férreas u otras causas, deben adoptarse medidas especiales para la protección catódica, según las exigencias de cada caso.
- Cuando las corrientes parásitas puedan provocar variaciones en el potencial de la protección, el potencial podrá alcanzar valores mayores que los indicados, sin limitación de valor, para picos casi instantáneos, durante un tiempo máximo de un minuto y valores máximos de hasta -0,50 V durante un tiempo máximo de cinco minutos, siempre que la duración total acumulada de estos picos en veinticuatro horas no sobrepase una hora.

Protección contra el fuego

Extintores. Los extintores que se utilicen deben ser de polvo químico seco, y las instalaciones fijas de extinción, de existir, no deben ser de accionamiento automático.

Las cantidades de materia extintora deben ser, al menos, las siguientes:

- Para las instalaciones de GLP clasificadas A-A y E-E deben disponer como mínimo de un extintor de 9 kilogramos
- Para las instalaciones de GLP clasificadas A-0 y E-0 deben disponer como mínimo de dos extintores de 9 kilogramos cada uno o su equivalente.
- Las clasificadas como A-1, A-2 y E-1 deben disponer como mínimo de tres extintores de 9 kilogramos cada uno o su equivalente.

- Las clasificadas A-3 y E-2 deben disponer de 1 kilogramo de polvo químico seco por cada metro cúbico de volumen geométrico de capacidad de almacenamiento, como mínimo 3 extintores de 9 kilogramos cada uno o su equivalente.
- Las clasificadas A-4, A5 y E-3 deben disponer de 100 kilogramos de polvo químico seco, incrementando 1 kilogramo por cada 10 metros cúbicos de volumen geométrico de capacidad que sobre pasen los 100 m³ de almacenamiento de la estación.
- En todos los casos, los extintores deben estar colocados en lugares fácilmente accesibles.
- Además el área de bombas y compresores de GLP debe estar dotada de 2,5 kg de polvo químico seco por cada metro cúbico por hora de capacidad de trasvase, con un mínimo de 50 Kg distribuidos, al menos, en dos extintores.
- En caso de que el equipo de trasvase esté situado en una caseta, estos extintores deben estar en el exterior de la misma.
- Las casetas de vaporizadores, si las hubiere, deben disponer, al menos, de un extintor de 18 Kg o su equivalente, como dotación suplementaria a lo establecido anteriormente.

Instalación de agua

- Las instalaciones de categoría A-3, A-4 y A-5 deben estar dotadas de una red de tuberías y de los elementos precisos de acoplamiento rápido que permitan llegar el agua a cualquier punto de la estación de GLP a la presión de 500 KPa con un caudal mínimo de: 15 m³/h para las del grupo A-3, 30 m³/h para las del grupo A-4 y 50 m³/h para las clasificadas como A-5.
- Cualquier tanque aéreo de volumen geométrico unitario superior a 100 m³ debe disponer de un sistema propio de enfriamiento a base de splinker.
- Las instalaciones que no dispongan de suministro exterior de agua deben estar dotadas de depósitos de almacenamiento de agua y

medios de bombeo que permitan el funcionamiento de la red durante una hora y treinta minutos con la presión y caudales establecidos.

- Las instalaciones de la categoría A-3 pueden no disponer de instalación de agua, pero deben contar con el número de extintores para la zona de almacenamiento de acuerdo a lo indicado en el literal anterior que hace referencia.

Para las instalaciones de categoría A-4 y A-5 se debe disponer, al menos, de 2 hidrantes o tomas de agua en lugares distintos de la estación.

- Las mangueras de agua y sus racores de acoplamiento deben ajustarse a las normas correspondientes. Las lanzas de agua deben ser de doble efecto, con producción de chorro y agua pulverizada.

4.1.14. Elementos complementarios en una instalación

En la instalación de GLP se debe disponer del siguiente material:

- Carteles indicadores con el siguiente texto: **«Gas inflamable»**, **«Prohibido fumar y encender fuego»**, estos deben colocarse en la proximidad de los tanques, y en caso de existir cerramiento, al menos, en cada uno de los lados del mismo y en las puertas de acceso.
- Un par de guantes de cuero

Las instalaciones de la categoría A-4, A-5 y E-3 deben disponer además del siguiente material:

- Una linterna portátil y anti explosión.
- Tres mantas ignífugas.
- Tres cascos con pantallas de aproximación al fuego.
- Tres máscaras antigás.

Como complemento las instalaciones de categorías A-5 deben disponer de:

- Un dispositivo de alarma acústico de accionamiento manual o automático -manual.
- Un exposímetro

Instalación eléctrica.

- Toda la instalación eléctrica debe ser anti explosión. Los interruptores generales de los circuitos de alimentación de bombas, compresores, motores y alumbrado de toda la instalación deben estar centralizados en un tablero situado próximo a la entrada de la estación y de fácil acceso.
- En aquellas instalaciones que existan equipos de vaporización, trasvase o medida, éstos deben estar dotados de una iluminación suficiente para permitir su operatividad.
- Además, las instalaciones clasificadas como A-4, A-5 y E-3 deben estar provistas de una instalación de alumbrado que permita, en caso de necesidad un nivel de iluminación suficiente para la circulación durante la noche.

4.1.15. Requisitos de ventilación de los locales que contienen artefactos a gas

- Si un local contiene artefactos de gas de circuito abierto (tipo A no conducido) que sumadas sus potencias superan 30 KW, entonces el local debe disponer de ventilación forzada de impulsión ó extracción mecánica de aire que garantice la ventilación continua del aire del local.
- Los artefactos de gas instalados en el interior de locales deben contar con ventilación hacia el exterior a través de dos aberturas, una inferior y otra superior que comuniquen con el exterior. Las aberturas podrán tener las siguientes alternativas:
 - a. A través de un orificio (abertura) permanente, practicado en una pared, puerta o ventana, que dé directamente al exterior. Las aberturas de ventilación de los locales se pueden proteger con rejillas fijas, debiendo ser la superficie libre resultante igual o superior a la mínima establecida en cada caso.
 - b. Mediante un ducto individual, que puede ser horizontal o vertical. En el ducto vertical, el sentido de circulación del aire debe ser siempre ascendente.

- c. Mediante un ducto colectivo, la ventilación del local se debe realizar por circulación de aire ascendente y el ducto debe ser del tipo “shunt” invertido o similar.

Ventilación indirecta. Se considera la efectuada a través de un local contiguo que no sea dormitorio ó baño, que disponga de ventilación directa, debiendo existir una abertura de comunicación entre los dos locales, con una superficie igual o mayor a la que corresponde según a esta norma.

La superficie libre de ventilación del local se calcula en función del consumo calorífico total de los aparatos a gas de circuito abierto instalados en el local:

- Cuando la ventilación del local se realice a través de orificios (aberturas), éstas tendrán, tanto en el caso de ventilación directa como de ventilación indirecta, una superficie libre de al menos 2,5 cm²/KW, con un mínimo de 80 cm² para cada abertura.
- Cuando la ventilación del local se efectúe mediante un ducto individual horizontal o colectivo vertical mayor a 3 m de longitud, la sección libre mínima se debe incrementar en un 50%. En cualquier caso, el total de los tramos horizontales no debe ser superior a 10 m.
- La abertura de ventilación inferior debe estar ubicada con su lado inferior a una altura menor o igual a 15 cm con relación al suelo del local.
- La abertura de ventilación superior debe estar ubicada con su lado inferior a una altura mayor o igual a 1,80 m del suelo y a una distancia menor o igual a 40 cm del techo.

4.1.16. Evacuación de los productos de la combustión de los aparatos conducidos

- Para uso doméstico es obligatorio que todos los aparatos de gas dispongan de ductos de evacuación de productos de combustión hacia el exterior de la edificación.
- Todo aparato de circuito abierto conducido de tiro natural, debe incorporar un corta tiro a excepción de las chimeneas-hogar a gas o similares que no incorporen corta tiro.

- Los ductos de evacuación de productos de combustión deben ser de material incombustible, rígido, resistente a la corrosión y capaz de soportar temperaturas de trabajo de 200°C sin alterarse.
- Las uniones del collarín del artefacto con el ducto, las uniones entre los diferentes tramos y accesorios de éste y su conexión con la chimenea o shunt, se deben realizar mediante un sistema que asegure la estanqueidad del ducto.
- El diámetro interior del ducto debe ser calculado ó el indicado por el fabricante del aparato, y no debe presentar estrechamientos ni reducciones.
- Para un aparato de circuito abierto de tiro natural, el ducto debe ser lo más corto posible y debe mantener una pendiente positiva (ascendente) en todos sus tramos, y en la parte superior del aparato debe disponer de un tramo vertical de al menos 20 cm de longitud, medidos entre la base del collarín (punto de conexión del ducto de evacuación con el aparato) y la unión con el primer codo.
- De cualquier forma un ducto de evacuación de productos de combustión ya en operación debe conducir estos gases hacia al exterior y debe cumplir con la NTE INEN 2 124.
- Un mismo ducto de evacuación vertical (chimenea, shunt o similar), no se puede utilizar a la vez para la evacuación de los productos de la combustión por tiro natural y por tiro forzado. Tampoco se debe conectar un extractor mecánico o una campana de cocina con extracción mecánica en la conexión del shunt.
- No se debe conectar los ductos de evacuación de aparatos a gas, a chimeneas que evacúen los productos de la combustión de combustibles líquidos o sólidos.
- Los ductos de evacuación de secadoras (de tiro forzado) deben ser los suministrados ó especificados por el fabricante y se deben instalar según lo especificado por el mismo

Verificación de los aparatos instalados.

El instalador debe verificar los aparatos consumidores de gas combustible, una vez que estén en condiciones de funcionamiento, en los siguientes aspectos:

- Se debe comprobar que las condiciones para asegurar la ventilación o la evacuación de los gases quemados sean satisfactorias.
- Cualquier intervención en los reguladores integrados a los aparatos, el ajuste de los inyectores y de los quemadores, en general y modificar la forma o dimensiones de cualquier pieza que influya sobre el rendimiento térmico del aparato, sólo deben ser ejecutadas por personal técnico Calificado.

4.1.17. Ensayos y verificaciones

Previo al suministro de gas y antes de enterrar o embeber tuberías se deben llevar a cabo obligatoriamente las siguientes pruebas o ensayos:

Ensayo de estanqueidad. Este ensayo se debe realizar en los conjuntos de tuberías fijas sometidas a una misma presión, cualesquiera que sean éstas, ya sean anteriores o posteriores al contador y con un manómetro de rango de presión suficiente y considerando los siguientes aspectos:

- Toda instalación, de acuerdo con lo que se indica en esta norma, se debe someter a una prueba de estanqueidad con resultado satisfactorio, antes de su puesta en servicio. No es necesario realizar la prueba de estanqueidad a los conjuntos de regulación y a los contadores.
- El resultado de la prueba de estanqueidad debe ser documentada.
- La prueba de estanqueidad se debe realizar con aire o gas inerte, sin usar ningún otro tipo de gas o líquido, pudiéndose efectuar por tramos o de forma completa a toda la instalación.

- Antes de iniciar la prueba de estanqueidad se debe asegurar que estén cerradas las válvulas que delimitan la parte de la instalación a ensayar, así como que estén abiertas las válvulas intermedias.
- Una vez alcanzado el nivel de presión necesario y transcurrido un tiempo no menor de 15 minutos para que se estabilice la temperatura, se debe realizar la primera lectura de la presión y empezar a contar el tiempo del ensayo.
- Seguidamente se deben maniobrar las válvulas intermedias para verificar su estanqueidad con relación al exterior, tanto en la posición de abiertas como en la de cerradas.
- En el supuesto de que la prueba de estanqueidad no de resultado satisfactorio, se deben localizar las fugas utilizando agua jabonosa o un producto similar, y se debe repetir la prueba una vez eliminadas las mismas. La comprobación de la estanqueidad en las uniones de los elementos que componen el conjunto de regulación y de las uniones de entrada y salida, tanto del regulador como de los contadores, se debe comprobar a la presión de operación correspondiente mediante detectores de gas, aplicación de agua jabonosa, u otro método similar.
- Las pruebas de presión de línea que conducen GLP líquido deben realizarse con aire, gas inerte o agua. La presión mínima de prueba de 2,24 MPa. Cuando la prueba se realiza con aire o gas inerte el tiempo será de 60 minutos, en el caso de agua debe ser de 120 minutos. Cuando la prueba se realice con agua la tubería debe ser barrida con aire para evacuar el agua

4.1.18. Pruebas previas a puesta en operación

El Instalador y/o la empresa comercializadora de gas deben:

- Abrir las válvulas de acometida y purgar las instalaciones que van a quedar en servicio, que en el caso más general deben ser: la

acometida interior, la instalación comunal y, si es el caso, las instalaciones individuales que sean objeto de la puesta en servicio.

- Comprobar que queden, cerradas, bloqueadas, precintadas las válvulas y taponados los puntos de conexión de usuario de las instalaciones individuales que no sean objeto de puesta en servicio. Además deben comprobar que queden cerradas, bloqueadas, precintadas las válvulas y taponados los puntos de conexión de aquellos aparatos de gas pendientes de instalación o pendientes de poner en marcha.

4.1.19. Inspección

La instalación para gas combustible debe ser inspeccionada, por la autoridad competente, de acuerdo con las especificaciones de esta norma y a la legislación vigente. Los ensayos deben estar registrados mediante acta.

NTE INEN 2 260 2008-08 -60- 2008-508

Cuando la instalación para gas combustible cumpla con todo lo establecido en esta norma y la legislación vigente, la autoridad competente debe emitir la autorización de operación correspondiente

4.1.20. Rotulado

Toda instalación de gas combustible debe estar señalizada de acuerdo con esta norma y en las que se mencione el tipo de gas combustible con el que debe ser utilizado y colocado de tal manera que sea de fácil observación e identificación.

Las tuberías deben pintarse de color amarillo para transporte de GLP en fase vapor de acuerdo a lo especificado en la NTE INEN 440.

4.2. DISEÑO DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE GLP LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO DEL TALLER MECÁNICO.

El Taller Mecánico se compone de los siguientes departamentos:

1. Laboratorio de hidráulica
2. Laboratorio de termodinámica
3. Espacio de mecánica

Primeramente se procedió a realizar el levantamiento arquitectónico de los locales del Taller Mecánico que serán abastecidos de gas licuado de petróleo para los equipos de experimentación se encuentran instalados y para equipos que se instalarán a futuro, realizados por compañeros egresados de la Carrera. Ver Anexo 1, Levantamiento arquitectónico del sistema de gas centralizado y anexo 2, Plano isométrico del sistema de gas centralizado

4.2.1. Obtención del poder calorífico y presiones de funcionamiento de los equipos

a. Horno de tratamientos térmicos

Datos obtenidos de placa del quemador



Gráfico 4.1. Quemador de horno de tratamientos térmicos

- Consumo = 400.000 BTU/h
- Combustible GLP
- Ignición Automático
- Control complejo de monitoreo de llama con programador automático
- Montaje bridado ajustable
- Voltaje 120/1/60
- Presión de trabajo 13 a 18 pulgadas columna de agua

Análisis de conversión de unidades

1BTU = 0,252 kilocalorías

Poder calorífico de GLP = 11.900 kilocalorías/Kg (tabla 3.6)

$$\frac{400.000BTU}{h} \times \frac{0,252 \text{ Kilocalorías}}{1 BTU} = 100.800 \text{ Kilocalorías/h}$$

$$100800 \text{ Kilocalorías/h} \times \frac{1 \text{ Kg GLP}}{11.900 \text{ Kilocalorías}} = 8.47 \text{ KgGLP/h}$$

Se tendrá un consumo real de 8,47 Kg GLP/h

b. Horno de fundición

Por no contar con el horno de fundición en el taller mecánico y no tener los datos de placa se recurrió a investigar en catálogos (SGS) donde nos sugieren un quemador para ese tipo de procesos



Gráfico 4.2. Quemador para horno de fundición

- Capacidad = Modelo G de 50.000 Kcal/h.
- Combustible GLP
- Ignición Automático
- Control complejo de monitoreo de llama con programador automático
- Montaje bridado ajustable
- Voltaje 120/1/60

Análisis dimensional de unidades

1BTU = 0,252 kilocalorías

Poder calorífico de GLP = 11.900 kilocalorías/Kg (tabla 3.6)

$$50.000 \text{ Kcalorías/h} \times \frac{1 \text{ BTU}}{0,252 \text{ kilocalorías}} = 198.412 \text{ BTU/h}$$

$$198.412 \text{ BTU/h} \times \frac{1 \text{ kg(GLP)}}{47.219,2 \text{ BTU}} = 4,20 \text{ Kg (GLP)/h}$$

Se tendrá un consumo real de 4,20 Kg GLP/h

c. Calderin o calentador acumulador de agua ultra rápido

Datos obtenidos mediante catalogo (SEDIGAS) para calentamiento de agua ya que no existe el equipo instalado en el taller de área.

Tabla 4.9. Potencia consumida de aparatos

TABLA DE POTENCIA CONSUMIDA POR APARATOS		POTENCIA CONSUMIDA		CONSUMO NOMINAL DE GLP (DECLARADO EN LA PLACA DE CARACTERÍSTICAS) PROPANO 11900Kcal/Kg
Aparato	Tipo	Kcal/h	KW	Kg/h
Cocina	Independiente o completa	12.000	14	1.008
	Solo encimera	8.600	10	0,722
	Solo horno gratinador	3.400	4	0,286
Calentador Instantáneo de agua	Caudal: 5 lit/min	10.000	11.6	0,840
	Caudal: 10 lit/min	20.000	23.3	1.680
	Caudal: 13 lit/min	26.000	30.2	2.184
	Caudal: 15 lit/min	30.000	34.9	2.521
Calentador acumulador de agua	(Por cada 50 lit. de capacidad):			
	Normal	1.600	1.9	0,134
	Rápido	4.000	4.7	0,336
	Ultra -Rápido	9.000	10.5	0,756
Calefacción	(por cada 1000 Kcal/h de necesidad de calor de la vivienda)			
	Caldera de calefacción	1.300	1.5	0,109
	Caldera mixta (CALF. A.C.S)	1.300	1.5	0,109
	Generador de aire caliente radiador	1300	1.5	0,109
Chimenea hogar		11.100	13	0,932
Secadora		5.200	6	0,437

d. Calentador acumulador de agua ultra rápido

- Consumo = 0,756 Kg/h
- Presión de servicio = 11 a 18 pulgadas columna de agua (0,3974 a 0,650 PSI) (0,0274 a 0,448 bar)
- Potencia consumida = 9.000 Kcal/h (10,5 KW)

e. Equipo de transferencia de calor

Al no contar con el equipo se realizó una investigación de campo a equipos similares obteniendo los siguientes datos con ayuda de catálogo (SEDIGAS)

- Calentador instantáneo de agua
- Caudal de agua = 5 lit. /min
- Consumo = 0,840 Kg/h
- Presión de servicio = 13 pulgadas columna de agua (0,469 PSI) (0,0323 bar)
- Potencia consumida = 10.000 Kcal/h (11,6 KW)

f. Equipo de oxígeno

Para determinar el consumo real de este equipo se realizaron pruebas de campo en los talleres de TECMESUR ya que no se pudo obtener bibliografía.

Se realizó el siguiente proceso:

1. Se pesó el cilindro antes de que funcione el equipo
2. Se procede a cortar con el proceso de oxígeno por el lapso de una hora
3. Se pesó el cilindro después del proceso obteniendo los siguientes resultados

Peso del cilindro incluido tara

- Tara del cilindro = 14,5 Kg
- Peso de GLP (líquido) = 15 Kg

- Peso total = 29,5 Kg

Tiempo de prueba

- 1 hora

Resultados después del proceso de corte

- Tara del cilindro = 14,5 Kg
- Peso de GLP (líquido) = 14,5 Kg
- Peso total = 29 Kg
- Presión de trabajo 8 PSI (0,55 bar)

Se estableció por este método práctico un consumo real de 0,5 Kg/h

4.2.2. Consumo total del sistema

El consumo total será = 14,766 Kg/h

Presión de servicio = 0,0274 a 0,0448 bar

Para obtener datos de un consumo real se debe considerar el factor de simultaneidad, en la literatura se recomienda utilizar un factor del 85% al realizar una investigación de campo (consultas a técnicos instaladores y recomendación de operadores de estos equipos) se determino que se debe clasificar los equipos según su consumo, en nuestro proyecto para determinar el factor se categorizo en:

Equipos de alto consumo

Total = 13,17 Kg/h

1. Horno de tratamientos térmicos = 8,47 Kg/h
2. Hornos de fundición = 4,20 Kg/h
3. Equipo de oxicorte = 0,5 Kg/h

Equipos de bajo consumo

Total = 1,596 Kg/h

1. Calderin o calentador acumulador de agua ultra rápido = 0,756 Kg/h
2. Equipo de transferencia de calor = 0,840 Kg/h

Analizando los resultados técnicamente podemos aplicar el factor simultaneidad sugerido por catálogos que es el 85% de su capacidad total, obteniendo los siguientes resultados:

factor de simultaneidad

$$x = \frac{14,766 \frac{Kg}{h} \times 85\%}{100\%} = 12,55Kg/h$$

Consumo total sin el factor de simultaneidad = 14,766 Kg/h equivalente al 100%

Consumo total aplicando el factor de simultaneidad = 12,55 Kg/h equivalente al 85%

4.2.3. Selección del recipiente

Para la ejecución de nuestro proyecto se ha seleccionado un tanque estacionario vertical de 0,454 m³ para almacenamiento de GLP tomando en cuenta las siguientes condiciones:

Datos generales sobre el GLP que se utiliza en nuestro País:

Tabla 4.10. Peso específico relativo, gravedad específica en relación al agua

Agua	1,000 litro
Mezcla propano70%-butano 30%	0,531 Kg

Tabla 4.11. Peso específico relativo, gravedad específica en relación al aire

Aire	1,000 litro
Mezcla propano70%-butano30%	1,667 Kg

Tabla 4.12. Punto de ebullición

PUNTO DE EBULLICIÓN		
	°F	°C
Propano (líquido)	-43,7	-42,1
Butano (líquido)	+31,1	-0,5
Agua	+212	+100,0

4.2.4. Presión total del GLP que se utilizara en nuestro proyecto

Mezcla 70%propano y 30% butano

Presión de vapor del propano a 18 °C es igual a 100 PSI

Presión de vapor de butano a 18 °C es igual a 150 PSI

Fórmula para determinar la presión del GLP en relación a la mezcla y temperatura

$$P = \% \text{ de propano} \times Pp + \% \text{ de butano} \times Pb$$

$$P = 0,7 \times 100 \text{ PSI} + 0,3 \times 150 \text{ PSI}$$

$$P = 115 \text{ PSI (7,92 bar)}$$

Donde:

P= Presión

%= Porcentaje de sustancia

Pd= Presión del propano a 18°C

Pb= Presión del butano a 18°C

Realizando un análisis de unidades tenemos que

$$115 \text{ PSI} \times \frac{6,894 \text{ KPa}}{1 \text{ PSI}} = 792 \text{ KPa}$$

Tabla 4.13. Diseño de instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones⁹

Nivel máximo de llenado de líquido en % para tanques superficiales de 0 a 1200 galones para una gravedad específica líquida , agua = 1												
Gravedad específica	Temperatura del líquido en °C											
	De A	-29	-23	-18	-12	-7	-1	4	10	15	21	27
0,496 a 0,503		73,0	74,0	75,0	76,0	77,0	78,0	79,0	80,0	82,0	83,0	85,0
0,504 a 0,510		74,0	75,0	76,0	77,0	78,0	79,0	80,0	81,0	82,0	84,0	85,0
0,511 a 0,519		75,0	76,0	76,0	77,0	78,0	79,0	81,0	82,0	83,0	84,0	86,0
0,520 a 0,527		76,0	76,0	77,0	78,0	79,0	80,0	81,0	82,0	84,0	85,0	86,0
0,528 a 0,536		76,0	77,0	78,0	79,0	80,0	81,0	82,0	83,0	84,0	86,0	87,0
0,537 a 0,544		77,0	78,0	79,0	80,0	80,0	81,0	82,0	83,0	85,0	86,0	87,0
0,545 a 0,552		78,0	79,0	79,0	80,0	81,0	82,0	83,0	84,0	85,0	86,0	87,0
0,553 a 0,560		79,0	79,0	80,0	81,0	82,0	83,0	84,0	85,0	86,0	87,0	88,0
0,561 a 0,568		79,0	80,0	81,0	82,0	83,0	83,0	84,0	85,0	86,0	87,0	88,0
0,569 a 0,576		80,0	81,0	81,0	82,0	84,0	84,0	85,0	86,0	87,0	88,0	89,0
0,577 a 0,584		81,0	81,0	82,0	83,0	84,0	85,0	86,0	86,0	87,0	88,0	89,0
0,585 a 0,592		81,0	82,0	83,0	84,0	84,0	85,0	86,0	87,0	88,0	89,0	90,0

⁹PÉREZ RAFAEL, Diseño de Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Edificaciones. Segunda edición. Año 1997. Colombia. Edición ECOE. 540 pág.

Capacidad en kg de GLP

$$0,454 \text{ m}^3 \times \frac{1.000 \text{ lit.}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{0,531 \text{ Kg(GLP)}}{1 \text{ lit.}} = 241,01 \text{ Kg(GLP)}$$

Donde:

0,531 = Peso específico en relación al agua (tabla 3.2)

Capacidad real en Kg de GLP tomando en cuenta que el llenado se lo hará al

86% según la tabla de referencia a 18 °C

Su capacidad será:

$$241,01 \text{ Kg(GLP)} \times 0,86 = 207,26 \text{ KgGLP}$$

Donde:

0.86= al 86% de llenado del tanque (según norma INEN 260)

Capacidad útil en Kg de GLP que se puede utilizar del recipiente tomando

datos de literatura y catálogos que sugieren utilizar el GLP hasta un 30% de

capacidad del tanque

Entonces tenemos que:

$$241,01 \text{ Kg(GLP)} \times 0,30 = 72,303 \text{ KgGLP}$$

0.30= Al 30% de llenado del tanque

Capacidad real que se puede utilizar GLP con una mezcla de 70%de propano

y 30% de butano del tanque será:

$$207,26 \text{ Kg(GLP)} - 72,303 \text{ Kg GLP} = 134,96 \text{ KgGLP}$$

Donde:

241,01 Kg GLP = 100% capacidad máxima llenado (NORMA INEN 260)

207,26 Kg GLP = 86% capacidad máxima llenado (NORMA INEN 260)

72,303 Kg GLP = 30% capacidad mínima de llenado (NORMA INEN 260)

134,96 Kg GLP = capacidad real para ser utilizada

Tomando la masa volumétrica del propano tenemos:

$$Vu(m^3) = 0,56 \times Vt(m^3) \quad \text{ECUACIÓN 4.3}$$

$$Vu(m^3) = 0,56 \times 0,454 m^3$$

$$Vu = 0,254 m^3$$

$$Cu(Kg) = 0,56 \times 531Kg/m^3 \times Vt(m^3) \quad \text{ECUACIÓN 4.4}$$

$$Cu(Kg) = 0,56 \times \frac{531Kg}{m^3} \times 0,454 m^3$$

$$Cu(Kg) = 135 Kg$$

Donde:

0,56 = Al porcentaje teórico de GLP que se puede utilizar del tanque

Vt =Volumen total del depósito en m³

Cu =Capacidad útil de almacenamiento de gas licuado de petróleo (propano) en Kg

Vu =Volumen útil de almacenamiento de gas licuado de petróleo (propano) en Kg

Y = Masa volumétrica del propano comercial 531 Kg/m³

4.2.5. 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 262 litros de vapor.

Fórmula de vaporización de tanque a 0°C

$$V = D \times L \times K$$

Donde:

V= Capacidad de Vaporización del propano a 0 °F del tanque (BTU/h)

D= Diámetro exterior del tanque (pulg.)

L= Longitud total del tanque (pulg.)

K= constante para el porcentaje del volumen de líquido (obtenido del manual de la rego) 70 que equivale a un 30% de llenado

Tabla 4.14. Capacidad de vaporización

Porcentaje del recipiente lleno	K es igual a	Capacidad de vaporización del propano a 0°F (En BTU/h)
60	100	D X L X 100
50	90	D X L X 90
40	80	D X L X 80
30	70	D X L X 70
20	60	D X L X 60
10	45	D X L X 45

Se toma el dato resaltado de acuerdo a la recomendación del fabricante del tanque y de acuerdo a la NFPA # A54 y 58

"Esta fórmula permite que la temperatura del líquido sea refrigerado a 20°F (bajo cero) lo que producirá un diferencial de temperatura de 20°F para la transferencia del calor del aire a la superficie mojada del recipiente y de allí al líquido. No se considera el área del espacio de vapor del recipiente/ tanque, su efecto es insignificante"¹⁰.

¹⁰ ECII. Engineered Controls International, Inc. Manual de servicio para instalador de gas LP. USA. 54 pág.

$$V = 30\text{pulg.} \times 53,03\text{pulg.} \times 70$$

$$V = 111.363\text{BTU/h}$$

"Para calcular la capacidad de vaporización cuando las temperaturas estén arriba de 0 °C, se debe multiplicar los resultados obtenidos con la formula anterior por un de los factores siguientes que corresponda a la temperatura prevaleciente del aire."¹¹

Tabla 4.15. Capacidad de vaporización para otras temperaturas de aire

TEMPERATURA PREVALENTE DEL AIRE	MULTIPLICAR	TEMPERATURA PREVALENTE DEL AIRE	MULTIPLICAR
-15°F (-26,6°C)	0,25	25°F (-3,8°C)	2,91
-10°F (-23,3°C)	0,50	30°F (-1,1°C)	3,00
-5°F (-20,5°C)	0,75	35°F (1,66°C)	3,50
0°F (-17,7°C)	1,00	40°F (4,4°C)	4,00
5°F (-15°C)	1,25	50°F (10°C)	5,00
10°F (-12°C)	1,50	60°F (15,5°C)	6,00
15°F (-9,4°C)	1,75	65°F (18,3°C)	6,50
20°F (-6°C)	2,00	70°F (21,1°C)	7,00

$$V = 111.363 \text{ BTU/h} \times 6,5$$

$$Vu = 723.859 \text{ BTU/h}$$

Analizando unidades tenemos que:

$$\frac{723,859\text{BTU}}{h} \times \frac{1\text{Kg de GLP}}{47.219,2\text{BTU}} = 15,32\text{Kgde GLP}$$

¹¹ Engineered Controls International, Inc. Manual de servicio para instaladores de GLP-LP. Productos REGO. USA. 54 pág.

Donde:

6,5 = temperatura prevaleciente del aire que utilizaremos para nuestro cálculo

4.2.6. Autonomía de llenado.

Para realizar el cálculo estimado de llenado del tanque, se consideró al equipo de tratamientos térmicos por ser el más complejo del sistema; ya que cumple calentamiento, mantención y enfriamiento del material a tratar con altas temperaturas y según pruebas realizadas el equipo trabajará un promedio de 3 horas. Los demás equipos tienen un tiempo trabajo completamente bajo con relación al equipo de tratamientos térmicos

$$A = \frac{\text{Capacidad util de Glp que se puede consumir del tanque}}{\text{Capacidad consumida por los equipos x día}}$$

Donde:

A= Autonomía de llenado por días

Capacidad útil de GLP que se puede consumir del tanque =134,96 Kg

Capacidad consumida por los equipos = 12,55 Kg/h

$$12.55 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \times 3 \text{ h} \times \text{día} = 37,65 \text{Kg/día}$$

$$A = \frac{134.96 \text{Kg}}{37,65 \text{Kg/día}} = 3,58 \text{ día}$$

Lo que significa que habrá que retanquear o llenar el tanque cada 3,58 días siempre y cuando todos los equipos trabajen continuamente todos días.

4.2.7. Calcular los diámetros de tuberías de la red centralizada de G.

Equipos instalados de Alto consumo

Equipo	Consumo en Kg/h	Consumo en m ³ /h en fase vapor
Horno de tratamientos térmicos	8,47 Kg/h	4,235 m ³ /h
Horno de fundición de metales blandos	4,20 Kg/h	2,1 m ³ /h
Equipo de oxicorte	0,5 Kg/h	0,25 m ³ /h
TOTAL	13,17 Kg/h	6,585 m³/h

Equipos instalados de Bajo consumo

Equipo	Consumo en kg/h	Consumo en m ³ /h en fase vapor
Calderin o calentador acumulador de agua ultrarrápido	0,756 Kg/h	0,378 m ³ /h
Equipo de transferencia de calor	0,840 Kg/h	0,42 m ³ /h
TOTAL	1,596 Kg/h	0,798 m³/h

1Kg GLP líquido = 0,5 m³/h GLP en fase vapor¹²

$$1Kg \text{ líq} \times \frac{0,5 \text{ m}^3/h_{vapor}}{1 \text{ Kg líq}} = 0,5 \text{ m}^3/h_{vapor}$$

Presiones de trabajo para sistemas de Media Presión

- 16 KPa A 140 KPa (referencia tomado de las normas INEN 260)

¹² López José E. Manual de instalaciones de GLP. Madrid-España. Año 2001. CEPESA ELF GAS S.A. 299 pág.

Por referencias obtenidas en el manual de reguladores de rego para sistemas de media presión se trabajara con 68,947 KPa (10PSI).

Presión que utilizaremos en el sistema según los catálogos de reguladores en media presión, será de 10 PSI (0,689 bar) para los equipos de alto consumo y de 2 PSI (0,137bar) para equipos de bajo consumo.

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

Para equipos de alto consumo

Donde:

P_{abs} = Presión absoluta en bar

P_m = Presión manométrica en bar (0,689 bar)

P_{atm} = Presión atmosférica (1,01325bar)

$$P_{abs} = 0,689bar + 1,01325bar$$

$$P_{abs} = 1,70225bar$$

Para equipos de bajo consumo

P_m = Presión manométrica en bar (0,137 bar)

P_{atm} = Presión atmosférica (1,01325bar)

$$P_{abs} = 0,137bar + 1,01325bar$$

$$P_{abs} = 1,150bar$$

Longitud total de la instalación

L = 52,43 m (171,91 pies) Longitud total

L = 42 m (137.7 pies) equipos de alto consumo

L = 10,43 m (34,21pies) equipos de bajo consumo

Sistema de alto consumo

Dimensiones de tuberías de primera etapa recomendado por el manual de servicio para instaladores de Gas-LP. Ver Anexo 9 guía de selección de diámetros de tuberías.

Entrada de 10 PSI con una caída de presión de 1PSI

Caudal requerido 13,17 Kg/h (646.903,04 BTU/h)

Tamaño de la tubería de cobre en pulgadas	Longitud total más aproximada en pies	Caudal total en BTU/h
3/4	137.7	923.000

3/4 = 0,75 pulg

Dimensiones de tuberías de primera etapa en línea recomendado por el manual de servicio para instaladores de Gas-LP

Entrada de 2 PSI con una caída de presión de 1PSI

Caudal requerido 1,596 Kg/h (75,36 BTU/h)

Tamaño de la tubería de cobre en pulgadas	Longitud total más aproximada en pies	Caudal total en BTU/h
1/2	34,21	469.000

1/2 = 0,5 pulg.

Velocidades máximas permisibles para el gas

- Instalaciones comunes en edificios e instalación individual no deben sobrepasar los 10 m/s

Velocidades de gas en instalaciones para el sistema principal de contadores y equipos

$$v = 378,04 \times \frac{Q}{P \times D^2}$$

v = Velocidad del gas en m/s

Q = Caudal en m³/h vapor 7,383 de los equipos de alto consumo

P = Presión en bar abs. 1,7022 para sistemas de alto consumo

D = Diámetro aproximado 19,5 mm (recomendado por el manual de servicio para instaladores de Gas-LP)

$$v = 378,04 \times \frac{Q}{P \times D^2}$$

$$v = 378,04 \times \frac{7,383 \text{ m}^3/\text{h}}{1,7022 \text{ bar} \times (19,5 \text{ mm})^2}$$

$$v = 378,04 \times \frac{7,383 \text{ m}^3/\text{h}}{647,2 \text{ mm}^2}$$

$$v = 4,31 \text{ m/s}$$

Velocidades de gas en instalaciones para el sistema de contadores y equipos de alto consumo

v = Velocidad del gas en m/s

Q = Caudal en m³/h vapor 6,33 de los equipos de alto consumo

P = Presión en bar abs. 1,7022 para sistemas de alto consumo

D = Diámetro aproximado 19,5 mm (recomendado por el manual de servicio para instaladores de Gas-LP)

$$v = 378,04 \times \frac{Q}{P \times D^2}$$

$$v = 378,04 \times \frac{6,33 \text{ m}^3/\text{h}}{1,7022 \text{ bar} \times (19,5 \text{ mm})^2}$$

$$v = 378,04 \times \frac{6,33 \text{ m}^3/\text{h}}{647,2 \text{ mm}^2}$$

$$v = 3,69 \text{ m/s}$$

Velocidades de gas en instalaciones para el sistema de bajo consumo

v = Velocidad del gas en m/s

Q = Caudal en m³/h vapor 0,798 de los equipos de bajo consumo

P = Presión en bar abs. 1,50 para sistemas de alto consumo

D = Diámetro aproximado 12,5 mm (recomendado por el manual de servicio para instaladores de Gas-LP)

$$v = 378,04 \times \frac{Q}{P \times D^2}$$

$$v = 378,04 \times \frac{0,798 \text{ m}^3/\text{h}}{1,50 \text{ bar} \times (12,5 \text{ mm})^2}$$

$$v = 378,04 \times \frac{0,798 \text{ m}^3/\text{h}}{234,3 \text{ mm}^2}$$

$$v = 1,28 \text{ m/s}$$

Poder calorífico de GLP

- 11.900 Kilocalorías/kg (tabla 3.6)

Pérdidas de carga (fórmula de RENOARD) referencia SEDIGAS

Esta fórmula es aplicada cuando se la relación entre caudal y diámetro sea

inferior a 150 y número de Reynolds (R) sea igual o inferior a 2.000.000, dado por:

$$R = T \left(\frac{Q}{D} \right)$$

T = 72000 para propano

Q = caudal en m³/h

D = diámetro en mm

Total de equipos

$$\frac{Q}{D} < 150$$

$$\frac{7,383 \text{ m}^3/\text{h}}{19,5 \text{ mm}} = 0,378$$

$$0,378 < 150$$

$$R = 72.000 \times (Q/D) < 2.000.000: 27.260 < 2.000.000 \dots (\text{Cumple})$$

Equipos de alto consumo

$$\frac{Q}{D} < 150$$

$$\frac{6,33 \text{ m}^3/\text{h}}{19,5 \text{ mm}} = 0,324$$

$$0,324 < 150$$

$$R = 72.000 \times (Q/D) < 2.000.000: 1.196 < 2.000.000 \dots (\text{Cumple})$$

Equipos de bajo consumo

$$\frac{Q}{D} < 150$$

$$\frac{0,798 \text{ m}^3/\text{h}}{12,5 \text{ mm}} = 0,063$$

$$0,063 < 150$$

$$R = 72.000 \times (Q/D) < 2.000.000: 4.536 < 2.000.000 \dots (\text{Cumple})$$

Fórmula de RENOARD para sistemas de media presión ($0,05 \text{ bar} < P < \text{bar}$)

$$P_A^2 - P_B^2 = 48,6 \times dc \times lc \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

Donde:

$P_A^2 - P_B^2$ = Presiones absolutas en el origen y final del tramo expresado en bar absolutos obtenido al sumar el valor relativo y la presión atmosférica (1,01325 bar)

dc = Densidad corregida de GLP (1,66)

l_c = Longitud m

$Q^{1,82}$ = Caudal del en los tramos m^3/h

$D^{4,82}$ = Diámetro interior de la tubería en mm

4.2.8. Análisis por tramos para media presión

4.2.8.1. Análisis del tramo A-B (tanque al sistema de medición)

CAUDAL

$$Qv = \frac{Qm}{\rho}$$

Donde:

Qv = Caudal masa en Kg/h (14,76)

Qm = Caudal volumen (fase gaseosa)

ρ = Equivalencia de masa en volumen de propano (para efectos de cálculo se tomara $2 m^3/Kg$)

$$Qv = \frac{14,76 \text{ Kg/h}}{2 m^3/Kg}$$

$$Qv = 7,383 m^3/h$$

CALCULO DE DIÁMETRO

$$Q = A \times V$$

Donde:

Q = Caudal m^3/s

$$Q = 7,383 \frac{m^3}{h} \times \frac{1h}{3600s} = 2,05 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

A = Área m

V = Velocidad de flujo m/s ($v = 4,31 m/s$)

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Donde:

D = Diámetro exterior de la tubería

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 2,05 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}}{4,31 \frac{m}{s} \times \pi}}$$

$$D = 0,024 \text{ m} \times \frac{1.000 \text{ mm}}{1 \text{ m}}$$

$D = 24,7 \text{ mm}$

Tubería normalizada 25,4

Longitud

$L_t = L_{real} + L_{eq}$ **Ecuación 1.11**

L_t = longitud total para el cálculo (m)

L_{real} = longitud Medida de todo el sistema (1,29m)

L_{eq} = longitud equivalente en accesorios (m)

Cantidad	Accesorios	Equivalencia en m	TOTAL en m
7	Codos	0,47	3,29
1	Té directa	0,37	0,37
2	Válvulas	0,15	0,3

TOTAL 3,96

$L_t = 1,29 \text{ m} + 3,96 \text{ m}$

$L_t = 5,25 \text{ m}$

Re calculando la velocidad de flujo esta será de:

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times (D^2)}$$

$$V = \frac{4 \times 2,05 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}}{\pi \times (0,0254 \text{ mm})^2}$$

$V = 4,05 \frac{m}{s}$

Pérdidas de carga (fórmula de RENOARD) referencia SEDIGAS

Esta fórmula es aplicada cuando la relación entre caudal y diámetro sea inferior a 150

$$\frac{Q}{D} < 150$$

$$\frac{7,383 \text{ m}^3/\text{h}}{25,4 \text{ mm}} = 0,29$$

$$0,29 < 150$$

$$R = 72.000 \times (Q/D) < 2.000.000: 20.880 < 2.000.000... \text{ (Cumple)}$$

$$(0,05\text{bar} < P < \text{bar})$$

$$P_A^2 - P_B^2 = 48,6 \times dc \times lc \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

$$P_A^2 - P_B^2 = 48,6 \times 1,66 \times 5,25 \times 7,383^{1,82} \times 25,4^{-4,82}$$

$$P_A^2 - P_B^2 = 423,5 \times 7,383^{1,82} \times 25,4^{-4,82}$$

$$P_A^2 - P_B^2 = 0,00272\text{bar}$$

P_{abs} = Presión absoluta en bar se utilizara en el sistema será de

$$P_{abs} = 1,70225\text{bar}$$

La presión real en el tramo considerando perdidas será:

$$P_t = P_{abs} - (P_A^2 - P_B^2)$$

$$P_t = 1,70225\text{bar} - (0,00272\text{bar})$$

$$P_t = 1,6995\text{bar}$$

La pérdida en el tramo A-B será de 0,003 bar (0,3 KPa) 0,04 Psi

4.2.8.2. Análisis del tramo B-C contadores horno de tratamientos

CAUDAL

$$Qv = \frac{Qm}{\rho}$$

$$Qv = \frac{13,17Kg/h}{2 m^3/Kg}$$

$$Qv = 6,585 m^3/h$$

CÁLCULO DE DIÁMETRO

$$Q = A \times V$$

Donde:

$$Q = 6,585 \frac{m^3}{h} \times \frac{1h}{3.600 s} = 1,829 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

V = Velocidad de flujo m/s ($v = 3,69 m/s$)

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 1,829 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}}{3,69 \frac{m}{s} \times \pi}}$$

$$D = 0,0254 m \times \frac{1.000 mm}{1 m}$$

$$D = 25,46 mm$$

Tubería normalizada 25,4mm

Longitud

$$Lt = Lreal + Leq$$

$Lreal = longitud$ Medida de todo el sistema (13 m)

Cantidad	Accesorios	Equivalencia en m	TOTAL en m
7	Codos de 3/4x 90°	0,47	3,29
1	Tee directa	0,37	0,37

TOTAL 3,66

$$L_t = 13,89 \text{ m} + 3,66 \text{ m}$$

$$L_t = 17,55 \text{ m}$$

Pérdidas de carga (fórmula de RENOARD) referencia SEDIGAS

Esta fórmula es aplicada cuando se la relación entre caudal y diámetro sea inferior a 150

$$\frac{Q}{D} < 150$$

$$\frac{6,585 \text{ m}^3/h}{25,4 \text{ mm}} = 0,259$$

$$0,259 < 150$$

$$R = 72.000 \times (Q/D) < 2.000.000: 18.648 < 2.000.000... \text{ (Cumple)}$$

$$P_A^2 - P_B^2 = 48,6 \times dc \times lc \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

$$P_B^2 - P_C^2 = 48,6 \times 1,66 \times 17,55 \times 6,585^{1,82} \times 25,4^{-4,82}$$

$$P_B^2 - P_C^2 = 1.415,86 \times 6,585^{1,82} \times 25,4^{-4,82}$$

$$P_B^2 - P_C^2 = 0,0074 \text{ bar}$$

$P_t(A - B)$ = Presión total será de 1,695 bares

La presión real en el tramo (B-C) considerando perdidas será:

$$P_t(B - C) = P_t(A - B) - (P_B^2 - P_C^2)$$

$$P_t(B - C) = 1,695 \text{ bar} - (0,0074 \text{ bar})$$

$$P_t(B - C) = 1,687 \text{ bar}$$

4.2.8.3. Análisis del tramo C-D horno de tratamientos –horno de fundición

CAUDAL

$$Qv = \frac{Qm}{\rho}$$

$$Qv = \frac{4,25kg/h}{2m^3/kg}$$

$$Qv = 2,125m^3/h$$

CÁLCULO DE DIÁMETRO

$$Q = A \times V$$

Donde:

$$Q = 2.125 \frac{m^3}{h} \times \frac{1h}{3600s} = 5,90 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

$$V = \text{Velocidad de flujo m/s } (v = 3,69 \frac{m}{s})$$

Diámetro exterior de la tubería en m

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 5,90 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{3,69 \frac{m}{s} \times \pi}}$$

$$D = 0,0142m \times \frac{1.000mm}{1m}$$

$$D = 14,2mm$$

Tubería normalizada en el mercado 19,05m

Longitud

$$Lt = Lreal + Leq$$

$$Lreal = \text{Longitud medida de todo el sistema (2,2m)}$$

Cantidad	Accesorios	Equivalencia en m	TOTAL en m
1	Tee directa	0,37	0,37
			TOTAL 0,37

$$L_t = 2,2m + 0,37m$$

$$L_t = 2,57m$$

Re calculando la velocidad de flujo esta será de:

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times (D^2)}$$

$$V = \frac{4 \times 5,90 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{\pi \times (0,01905m^2)}$$

$$V = 2,08 \frac{m}{s}$$

Pérdidas de carga (fórmula de RENOARD) referencia SEDIGAS

Esta fórmula es aplicada cuando se la relación entre caudal y diámetro sea

inferior a 150

$$\frac{Q}{D} < 150$$

$$\frac{2,125 \frac{m^3}{h}}{19,05 \text{ mm}} = 0,111$$

$$0,111 < 150$$

$$R = 72.000 \times (Q/D) < 2.000.000: 7.992 < 2.000.000... \text{ (Cumple)}$$

$$(0,05bar < P < bar)$$

$$P_A^2 - P_B^2 = 48,6 \times dc \times lc \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

$$P_C^2 - P_D^2 = 48,6 \times 1,66 \times 2,57 \times 2,125^{1,82} \times 19,05^{-4,82}$$

$$P_C^2 - P_D^2 = 207,3 \times 2,125^{1,82} \times 19,05^{-4,82}$$

$$P_C^2 - P_D^2 = 5,53 \times 10^{-4} \text{ bar}$$

$Pt(B - C)$ = Presión total será de 1,687 bares

La presión real en el tramo (C - D) considerando pérdidas será:

$$Pt(C - D) = Pt(B - C) - (P_C^2 - P_D^2)$$

$$Pt(C - D) = 1,687\text{bar} - (5,53 \times 10^{-4} \text{ bar})$$

$$Pt(C - D) = 1,686\text{bar}$$

4.2.8.4. Análisis del tramo C-E abastecimiento al horno de tratamientos térmicos

CAUDAL

$$Qv = \frac{Qm}{\rho}$$

Qv = Caudal masa en Kg/h (8,47)

$$Qv = \frac{8,47\text{kg/h}}{2 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$Qv = 4,23 \text{ m}^3/\text{h}$$

Longitud

$$Lt = Lreal + Leq$$

$Lreal$ = longitud Medida de todo el sistema (1,69m)

Cantidad	Accesorios	Equivalencia en m	TOTAL en m
1	Válvula abierta	0,15	0,15
2	Codos	0,47	0,94

TOTAL 1.09

$$Lt = 1,69 \text{ m} + 1,09 \text{ m}$$

$$Lt = 2,78 \text{ m}$$

CALCULO DE DIÁMETRO

$$Q = A \times V$$

$$Q = 4,23 \frac{m^3}{h} \times \frac{1h}{3600s} = 1,175 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

$$V = \text{Velocidad de flujo m/s } (v = 3,69 \text{ m/s})$$

Diámetro exterior de la tubería

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 1,175 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}}{3,69 \frac{m}{s} \times \pi}}$$

$$D = 0,020 \text{ m} \times \frac{1.000 \text{ mm}}{1 \text{ m}}$$

$$D = 20 \text{ mm}$$

Tubería normalizada 19,05

Re calculando la velocidad de flujo esta será de:

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times (D^2)}$$

$$V = \frac{4 \times 1,175 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}}{\pi \times (0,01905 \text{ m}^2)}$$

$$V = 4,12 \frac{m}{s}$$

Pérdidas de carga (fórmula de RENOARD) referencia SEDIGAS

Esta fórmula es aplicada cuando se la relación entre caudal y diámetro sea

inferior a 150

$$\frac{Q}{D} < 150$$

$$\frac{4,23 \text{ m}^3/\text{h}}{19,05 \text{ mm}} = 0,222$$

$$0,222 < 150$$

$$R = 72.000 \times (Q/D) < 2.000.000: 15.984 < 2.000.000... \text{ (Cumple)}$$

$$(0,05\text{bar} < P < \text{bar})$$

$$P_A^2 - P_B^2 = 48,6 \times dc \times lc \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

$$P_C^2 - P_E^2 = 48,6 \times 1,66 \times 2,78 \times 4,23^{1,82} \times 19,05^{-4,82}$$

$$P_C^2 - P_E^2 = 224,2 \times 4,23^{1,82} \times 19,05^{-4,82}$$

$$P_C^2 - P_E^2 = 0,0297 \text{ bar}$$

$Pt(B - C)$ = Presión total será de 1,686bares

La presión real en el tramo (C - E) considerando pérdidas será:

$$Pt(C - E) = Pt(C - D) - (P_C^2 - P_E^2)$$

$$Pt(C - E) = 1,686\text{bar} - (0,0297\text{bar})$$

$$Pt(C - E) = 1,683\text{bar}$$

4.2.8.5. ANÁLISIS DEL TRAMO D-F ABASTECIMIENTO AL HORNO DE FUNDICIÓN DE METALES BLANDOS

CAUDAL

$$Qv = \frac{Qm}{\rho}$$

Qm = Caudal masa en Kg/h (4,20)

$$Qv = \frac{4,20 \text{ Kg/h}}{2 \text{ m}^3/\text{Kg}}$$

$$Qv = 2,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

CALCULO DE DIÁMETRO

$$Q = A \times V$$

$$Q = 2,1 \frac{m^3}{h} \times \frac{1h}{3600s} = 5,83 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

$V =$ Velocidad de flujo m/s ($v = 3,69 \text{ m/s}$)

Diámetro exterior de la tubería

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 5,83 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{3,69 \frac{m}{s} \times \pi}}$$

$$D = 0,014 \text{ m} \times \frac{1.000 \text{ mm}}{1 \text{ m}}$$

$$D = 14 \text{ mm}$$

Tubería normalizada 19,05

Longitud

$$L_t = L_{real} + L_{eq}$$

$L_{real} =$ longitud Medida de todo el sistema (1,69 m)

Cantidad	Accesorios	Equivalencia en m	TOTAL en m
1	Válvula abierta	0,15	0,15
2	Codos	0,47	0,94

TOTAL 1,09

$$L_t = 1,69 \text{ m} + 1,09 \text{ m}$$

$$L_t = 2,78 \text{ m}$$

Re calculando la velocidad de flujo esta será de:

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times (D^2)}$$

$$V = \frac{4 \times 5,83 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{\pi \times (0,01905 m^2)}$$

$$V = 2,046 \frac{m}{s}$$

Pérdidas de carga (fórmula de RENOARD) referencia SEDIGAS

Esta fórmula es aplicada cuando se la relación entre caudal y diámetro sea inferior a 150

$$\frac{Q}{D} < 150$$

$$\frac{2,1 m^3/h}{19,05 mm} = 0,11$$

$$0,11 < 150$$

$$R = 72.000 \times (Q/D) < 2.000.000: 7.920 < 2.000.000... \text{ (Cumple)}$$

$$(0,05bar < P < bar)$$

$$P_A^2 - P_B^2 = 48,6 \times dc \times lc \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

$$P_D^2 - P_F^2 = 48,6 \times 1,66 \times 2,78 \times 2,1^{1,82} \times 19,05^{-4,82}$$

$$P_D^2 - P_F^2 = 224,27 \times 2,1^{1,82} \times 19,05^{-4,82}$$

$$P_D^2 - P_F^2 = 5,86 \times 10^{-4} bar$$

$Pt(C - D)$ = Presión total será de 1,683 bares

La presión real en el tramo ($D - F$) considerando pérdidas será:

$$Pt(D - F) = Pt(C - D) - (P_D^2 - P_F^2)$$

$$Pt(D - F) = 1,683bar - (5,863 \times 10^{-4} bar)$$

$$Pt(E - F) = 1,682bar$$

4.2.8.6. Análisis del tramo D –J equipo de oxicorte

CAUDAL

$$Qv = \frac{Qm}{\rho}$$

Qm = Caudal masa en Kg/h (0,5)

$$Qv = \frac{0,5 \text{ Kg/h}}{2 \text{ m}^3/\text{Kg}}$$

$$Qv = 0,25 \text{ m}^3/\text{h}$$

CALCULO DE DIÁMETRO

$$Q = A \times V$$

Donde:

$$Q = 0,25 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 6,944 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

V = Velocidad de flujo m/s ($v = 3,69 \text{ m/s}$)

Diámetro exterior de la tubería

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 6,944 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{3,69 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \pi}}$$

$$D = 4,89 \times 10^{-3} \text{m} \times \frac{1.000 \text{ mm}}{1 \text{ m}}$$

$$D = 4,89 \text{ mm}$$

Tubería normalizada = 9,52 mm

De acuerdo a la normativa Nacional e internacional, el diámetro mínimo para circulación de gas licuado de petróleo es de 9,52 mm (3/8)

Longitud

$$L_t = L_{real} + L_{eq}$$

L_{real} = Longitud medida de todo el sistema (17,8 m)

Cantidad	Accesorios	Equivalencia en m	TOTAL en m
4	Codos de 90°	0,33	1,32
TOTAL			1,32

$$L_t = 17,8 m + 1,32 m$$

$$L_t = 19,12 m$$

Re calculando la velocidad de flujo esta será de:

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times (D^2)}$$

$$V = \frac{4 \times 6,944 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}}{\pi \times (9,52 \times 10^{-3} m^2)}$$

$$V = 0,97 \frac{m}{s}$$

Pérdidas de carga (fórmula de RENOARD) referencia SEDIGAS

Esta fórmula es aplicada cuando se la relación entre caudal y diámetro sea inferior a 150

$$\frac{Q}{D} < 150$$

$$\frac{0,25 m^3/h}{9,252 mm} = 0,027$$

$$0,027 < 150$$

$$R = 72.000 \times (Q/D) < 2.000.000: 1.944 < 2.000.000... \text{ (Cumple)}$$

$$(0,05\text{bar} < P < \text{bar})$$

$$P_A^2 - P_B^2 = 48,6 \times dc \times lc \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

$$P_D^2 - P_f^2 = 48,6 \times 1,66 \times 19,12 \times 0,25^{1,82} \times 9,52^{-4,82}$$

$$P_D^2 - P_f^2 = 1,542.5 \times 0,25^{1,82} \times 9,52^{-4,82}$$

$$P_D^2 - P_f^2 = 2,378 \times 10^{-3} \text{ bar}$$

$$Pt(C - D) = \text{Presión total será de } 1,682 \text{ bares}$$

La presión real en el tramo (D - J) considerando perdidas será

$$Pt(D - J) = Pt(C - D) - (P_D^2 - P_f^2)$$

$$Pt(D - J) = 1,682\text{bar} - (2,37 \times 10^{-3} \text{ bar})$$

$$Pt(D - J) = 1,679\text{bar}$$

4.2.8.7. Análisis del tramo J-K abastecimiento al equipo de oxicorte

CAUDAL

$$Qv = \frac{Qm}{\rho}$$

$$Qm = \text{Caudal masa en Kg/h (0,5)}$$

$$Qv = \frac{0,5 \text{ Kg/h}}{2 \text{ m}^3/\text{Kg}}$$

$$Qv = 0,25 \text{ m}^3/\text{h}$$

CALCULO DE DIÁMETRO

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0,25 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1\text{h}}{3.600 \text{ s}} = 6,94 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$V =$ Velocidad de flujo m/s ($v = 3,69 \text{ m/s}$)

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Diámetro exterior de la tubería

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 6,944 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{3,69 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \pi}}$$

$$D = 4,89 \times 10^{-3} \text{ m} \times \frac{1.000 \text{ mm}}{1 \text{ m}}$$

$D = 4,89 \text{ mm}$

TUBERÍA NORMALIZADA =9,52 mm

Longitud

$$L_t = L_{real} + L_{eq}$$

$L_{real} =$ Longitud medida de todo el sistema (3,20 m)

Cantidad	Accesorios	Equivalencia en m	TOTAL en m
1	Válvula compuerta abierta	0,11	0,11

TOTAL 0,11

$$L_t = 3,20 \text{ m} + 0,11 \text{ m}$$

$L_t = 3,31 \text{ m}$

Recalculando la velocidad de flujo esta será de:

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times (D^2)}$$

$$V = \frac{4 \times 6,944 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi \times (9,52 \times 10^{-3} \text{ m}^2)}$$

$$V = 0,97 \frac{m}{s}$$

Pérdidas de carga (fórmula de RENOARD) referencia SEDIGAS

Esta fórmula es aplicada cuando se la relación entre caudal y diámetro sea inferior a 150

$$\frac{Q}{D} < 150$$

$$\frac{0,25 \text{ m}^3/h}{9,52 \text{ mm}} = 0,0262$$

$$0,0262 < 150$$

$$R = 72.000 \times (Q/D) < 2.000.000: 1.890,7 < 2.000.000... \text{ (Cumple)}$$

$$(0,05 \text{ bar} < P < \text{bar})$$

$$P_A^2 - P_B^2 = 48,6 \times dc \times lc \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

$$P_J^2 - P_K^2 = 48,6 \times 1,66 \times 3,31 \times 0,25^{1,82} \times 9,52^{-4,82}$$

$$P_J^2 - P_K^2 = 267 \times 0,25^{1,82} \times 9,52^{-4,82}$$

$$P_J^2 - P_K^2 = 4,10 \times 10^{-4} \text{ bar}$$

$$Pt(D - J) = \text{Presión total será de } 1,679 \text{ bar}$$

La presión real en el tramo (J - K) considerando perdidas será

$$Pt(K - J) = (D - J) - (P_F^2 - P_K^2)$$

$$Pt(K - J) = 1,679 \text{ bar} - (4,10 \times 10^{-4} \text{ bar})$$

$$Pt(K - J) = 1,678 \text{ bar}$$

Las pérdidas en todo el sistema de alto consumo y presión será de 0,021 bar
(0,32PSI) (3,2KPa)

4.2.9. Análisis por tramos para baja presión

4.2.9.1. Análisis del tramo B-C de sistema de contadores al Calderin o calentador instantáneo de agua

CAUDAL

$$Qv = \frac{Qm}{\rho}$$

Qm = Caudal masa en Kg/h (1,596)

$$Qv = \frac{1,5962 \text{ Kg/h}}{2 \text{ m}^3/\text{Kg}}$$

$$Qv = 0,798 \text{ m}^3/\text{h}$$

CALCULO DE DIÁMETRO

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0,798 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 2,216 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$V = \text{Velocidad de flujo m/s } v = 1,28 \text{ m/s}$$

Diámetro exterior de la tubería

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 2,216 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{1,28 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \pi}}$$

$$D = 0,0148 \text{ m} \times \frac{1.000 \text{ mm}}{1 \text{ m}}$$

$$D = 14.8 \text{ mm}$$

TUBERÍA NORMALIZADA 12,5 mm

Longitud

$$L_t = L_{real} + L_{eq}$$

L_{real} = Longitud medida de todo el sistema (8 m)

Cantidad	Accesorios	Equivalencia en m	TOTAL en m
10	Codos 90°	0,33	3,3
1	Tee directa	0,25	0,25

TOTAL 3,55

$$L_t = 8 \text{ m} + 3,55 \text{ m}$$

$$L_t = 11,55 \text{ m}$$

Re calculando la velocidad de flujo esta será de:

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times (D^2)}$$

$$V = \frac{4 \times 2,225 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{\pi \times (0,0125 \text{ m}^2)}$$

$$V = 1,81 \frac{m}{s}$$

Pérdidas de carga (fórmula de RENOARD) referencia SEDIGAS

Esta fórmula es aplicada cuando se la relación entre caudal y diámetro sea

inferior a 150

$$\frac{Q}{D} < 150$$

$$\frac{0,801 \text{ m}^3/h}{12,5 \text{ mm}} = 0,064$$

$$0,064 < 150$$

$$R = 72.000 \times (Q/D) < 2.000.000: 4.608 < 2.000.000... \text{ (Cumple)}$$

$$(0,05bar < P < bar)$$

$$P_A^2 - P_B^2 = 48,6 \times dc \times lc \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

$$P_B^2 - P_C^2 = 48,6 \times 1,66 \times 11,55 \times 0,801^{1,82} \times 12,5^{-4,82}$$

$$P_B^2 - P_C^2 = 931,8 \times 0,801^{1,82} \times 12,5^{-4,82}$$

$$P_B^2 - P_C^2 = 0,00321 bar$$

$$Pt(B) = \text{Presión total será de } 1,150 bar$$

La presión real en el tramo (B) considerando perdidas será

$$Pt(B - C) = Pt(B) - (P_B^2 - P_C^2)$$

$$Pt(B - C) = 1,150bar - (0,00321 bar)$$

$$Pt(B - C) = 1,146 bar$$

4.2.9.2. Análisis del tramo C-D del calderin al equipo de transferencia de calor

CAUDAL

$$Qv = \frac{Qm}{\rho}$$

$$Qm = \text{Caudal masa en Kg/h (0,846)}$$

$$Qv = \frac{0,846 Kg/h}{2 m^3/Kg}$$

$$Qv = 0,423 m^3/h$$

CALCULO DE DIÁMETRO

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0,423 \frac{m^3}{h} \times \frac{1h}{3600s} = 1,175 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

$V =$ Velocidad de flujo m/s $v = 1,28 \frac{m}{s}$

Diámetro exterior de la tubería

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 1,175 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{1,28 \frac{m}{s} \times \pi}}$$

$$D = 0,010 \times \frac{1.000 \text{ mm}}{1 \text{ m}}$$

$D = 10 \text{ mm}$

TUBERÍA NORMALIZADA 9,52 mm

Longitud

$$L_t = L_{real} + L_{eq}$$

$L_{real} =$ Longitud medida de todo el sistema (0,5 m)

Cantidad	Accesorios	Equivalencia en m	TOTAL en m
1	Codos de 90°	0,33	0,33

TOTAL 0,33

$$L_t = 0,5 \text{ m} + 0,33 \text{ m}$$

$L_t = 0,83 \text{ m}$

Recalculando la velocidad de flujo esta será de:

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times (D^2)}$$

$$V = \frac{4 \times 1,175 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{\pi \times (0,0952 \text{ m}^2)}$$

$$V = 1,67 \frac{m}{s}$$

Pérdidas de carga (fórmula de RENOARD) referencia SEDIGAS

Esta fórmula es aplicada cuando se la relación entre caudal y diámetro sea inferior a

150

$$\frac{Q}{D} < 150$$

$$\frac{0,423 \text{ m}^3/\text{h}}{9,52 \text{ mm}} = 0,0444$$

$$0,0444 < 150$$

$$R = 72.000 \times (Q/D) < 2.000.000: 3.196,8 < 2.000.000... \text{ (Cumple)}$$

$$(0,05 \text{ bar} < P < \text{bar})$$

$$P_A^2 - P_B^2 = 48,6 \times dc \times lc \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

$$P_C^2 - P_D^2 = 48,6 \times 1,66 \times 0,83 \times 0,423^{1,82} \times 9,52^{-4,82}$$

$$P_C^2 - P_D^2 = 66,9 \times 0,423^{1,82} \times 9,52^{-4,82}$$

$$P_C^2 - P_D^2 = 2,68 \times 10^{-4} \text{ bar}$$

$$Pt(B - C) = \text{Presión total será de } 1,146 \text{ bar}$$

La presión real en el tramo (C-D) considerando perdidas será

$$Pt(C - D) = Pt(B - C) - (P_C^2 - P_D^2)$$

$$Pt(C - D) = 1,146 \text{ bar} - (2,68 \times 10^{-4} \text{ bar})$$

$$Pt(C - D) = 1,145 \text{ bar}$$

4.2.9.3. Análisis del tramo C-E alimentación de calderin o calentador instantáneo de agua

CAUDAL

$$Qv = \frac{Qm}{\rho}$$

$Qm =$ Caudal masa en Kg/h (0,756)

$$Qv = \frac{0,756 \text{ Kg/h}}{2 \text{ m}^3/\text{Kg}}$$

$$Qv = 0,378 \text{ m}^3/\text{h}$$

CALCULO DE DIÁMETRO

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0,378 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 1,05 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$V = \text{Velocidad de flujo m/s } v = 1,28 \text{ m/s}$$

Diámetro exterior de la tubería

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 1,05 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{1,28 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \pi}}$$

$$D = 0,010 \times \frac{1.000 \text{ mm}}{1 \text{ m}}$$

$$D = 10 \text{ mm}$$

TUBERÍA NORMALIZADA 9,52 mm

Longitud

$$Lt = Lreal + Leq$$

$Lreal =$ Longitud medida de todo el sistema (2,63 m)

Cantidad	Accesorios	Equivalencia en m	TOTAL en m
1	Válvula compuerta abierta	0,11	0,11
4	Codos de 90°	0,33	0,33

TOTAL 1,32

$$Lt = 2,63 \text{ m} + 1,32 \text{ m}$$

$$Lt = 3,95 \text{ m}$$

Recalculando la velocidad de flujo esta será de:

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times (D^2)}$$

$$V = \frac{4 \times 1,05 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{\pi \times (0,0952 m^2)}$$

$$V = 1,5 \frac{m}{s}$$

Pérdidas de carga (fórmula de RENOARD) referencia SEDIGAS

Esta fórmula es aplicada cuando se la relación entre caudal y diámetro sea inferior a 150

$$\frac{Q}{D} < 150$$

$$\frac{0,378 m^3/h}{9,52mm} = 0,039$$

$$0,039 < 150$$

$$R = 72.000 \times (Q/D) < 2.000.000: 2.808 < 2.000.000... \text{ (Cumple)}$$

$$(0,05bar < P < bar)$$

$$P_A^2 - P_B^2 = 48,6 \times dc \times lc \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

$$P_C^2 - P_E^2 = 48,6 \times 1,66 \times 3,95 \times 0,378^{1,82} \times 9,52^{-4,82}$$

$$P_C^2 - P_E^2 = 250 \times 0,378^{1,82} \times 9,52^{-4,82}$$

$$P_C^2 - P_E^2 = 1,04 \times 10^{-3} bar$$

$$Pt(B - C) = \text{Presión total será de } 1,145 bar$$

La presión real en el tramo (C-E) considerando perdidas será

$$Pt(C - E) = Pt(B - C) - (P_C^2 - P_E^2)$$

$$Pt(C - E) = 1,145 bar - (1,04 \times 10^{-3} bar)$$

$$Pt(C - E) = 1,143 bar$$

4.2.9.4. Análisis del tramo D-F alimentación del equipo de transferencia de calor

CAUDAL

$$Qv = \frac{Qm}{\rho}$$

Qm = Caudal masa en Kg/h (0,846)

$$Qv = \frac{0,846 \text{ Kg/h}}{2 \text{ m}^3/\text{Kg}}$$

$$Qv = 0,423 \text{ m}^3/\text{h}$$

CALCULO DE DIÁMETRO

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0,423 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 1,175 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Diámetro exterior de la tubería

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V \times \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 1,175 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{1,28 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \pi}}$$

$$D = 0,010 \text{ m} \times \frac{1.000 \text{ mm}}{1 \text{ m}}$$

$$D = 10 \text{ mm}$$

TUBERÍA NORMALIZADA 9,52

Longitud

$$Lt = Lreal + Leq$$

L_{real} = Longitud medida de todo el sistema (2 m)

Cantidad	Accesorios	Equivalencia en m	TOTAL en m
1	Válvula compuerta abierta ½	0,11	0,11
			TOTAL 0,11

$$L_t = 2 \text{ m} + 0,11 \text{ m}$$

$$L_t = 2,11 \text{ m}$$

Re calculando la velocidad de flujo esta será de:

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times (D^2)}$$

$$V = \frac{4 \times 1,175 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi \times (0,0952 \text{ m}^2)}$$

$$V = 1,65 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Pérdidas de carga (fórmula de RENOARD) referencia SEDIGAS

Esta fórmula es aplicada cuando se la relación entre caudal y diámetro sea inferior a

150

$$\frac{Q}{D} < 150$$

$$\frac{0,423 \text{ m}^3/h}{9,52 \text{ mm}} = 0,0444$$

$$0,0444 < 150$$

$$R = 72.000 \times (Q/D) < 2.000.000: 3.196,8 < 2.000.000... \text{ (Cumple)}$$

$$(0,05 \text{ bar} < P < \text{bar})$$

$$P_A^2 - P_B^2 = 48,6 \times dc \times lc \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

$$P_D^2 - P_F^2 = 48,6 \times 1,66 \times 2,11 \times 0,423^{1,82} \times 9,52^{-4,82}$$

$$P_D^2 - P_F^2 = 170,2 \times 0,423^{1,82} \times 9,52^{-4,82}$$

$$P_D^2 - P_F^2 = 6,82 \times 10^{-4} \text{ bar}$$

$$P_t(C - D) = \text{Presión total será de } 1,143 \text{ bar}$$

La presión real en el tramo (C-D) considerando pérdidas será

$$Pt(D - F) = Pt(C - D) - (P_D^2 - P_F^2)$$

$$Pt(D - F) = 1,143bar - (6,82 \times 10^{-4} bar)$$

$$Pt(D - F) = 1,142bar$$

Las pérdidas en todo el sistema de bajo consumo serán de 0,008 bar (0,11PSI) (0,8KPa)

4.2.10. Sistema de acoplamiento de tuberías

Se lo realizará mediante soldadura fuerte, consiste en la unión de los metales a través del uso del calor y de una aleación de aporte cuyo punto de fusión supera los 450 °C con:

- Aleaciones cobre – fósforo – plata.

La soldadura fuerte empleada en la instalaciones de gas en baja y media presión es la Platex AG-150 F. Esta tiene 15% de Ag y punto de fusión de 650 °C.

4.2.11. Selección de accesorios del sistema centralizado GLP

4.2.11.1. Regulador de primera Etapa y regulación de sistemas de alto consumo

Para satisfacer las necesidades y requerimientos de nuestro proyecto utilizaremos un regulador de las siguientes características:

- Caudal total = 14,7 Kg/h (7,383 m³/h)
- Presión de servicio = 10 PSI (68,4 KPa)

4.2.11.2. Regulador de línea o regulación de sistemas de bajo consumo

Con los requerimientos de nuestro proyecto utilizaremos un regulador de las siguientes características:

- Caudal total = 1,602 Kg/h (0,81 m³/h)
- Presión de servicio = 2 PSI (13,7KPa)

4.2.11.3. Regulador de segunda Etapa

Se utilizara reguladores de segunda etapa a la entrada de cada equipo, a excepción del equipo de oxicorte que estará regulado por el regulador de primera Etapa.

Los reguladores de segunda etapa cumplirán las siguientes condiciones:

Horno de tratamientos térmicos

Características del regulador:

- Caudal 8,4 Kg/h (396,64 BTU/h)
- Presión de máxima de trabajo = 50 mbar (0,725PSI) (5 KPa)

Horno de fundición de metales blandos

Características del regulador:

- Caudal 4,2 Kg/h (198,32 BTU/h)
- Presión de máxima de trabajo = 50 mbar (0,725 PSI) (5 KPa)

Calderin o calentador acumulador de agua ultrarrápido

Características del regulador:

- Caudal 0,756 Kg/h (35.697,7 BTU/h)
- Presión de máxima de trabajo = 30 mbar (0,25 PSI) (3 KPa)

Equipo de transferencia de calor

Características del regulador:

- Caudal 0,840 Kg/h (39.644,128 BTU/h)
- Presión de máxima de trabajo = 30 mbar (0,425 PSI) (3 KPa)

4.2.12. Sistema de medición

a. Sistemas de alto consumo

Se necesitará un contador volumétrico para GLP de las siguientes características:

- Caudal máx.: 6,585 m³/h
- Caudal mín.: 0,25 m³/h
- Presión max. : 10 PSI (0,684 bar)
- Presión mín. : 5 PSI (0,3447 bar)

b. Sistemas de bajo consumo

Se necesitara un contador volumétrico para GLP de las siguientes características:

- Caudal máx.: 0,81 m³/h
- Caudal mín.: 0,378 m³/h
- Presión max. : 5,8 PSI (0,40 bar)
- Presión mín. : 2 PSI (0,1378 bar)

4.2.13. Sistema de seguridad y protección

Para nuestro proyecto se requerirá una válvula de exceso de flujo de las siguientes características:

- Caudal máx. de bloqueo: 0,12 GPM líquido

Tabla 4.16. Equivalencias aproximadas

Equivalencias aproximadas	
1 galón líquido de gas licuado de petróleo	= 1m ³ de vapor

$$7,383 \frac{m^3}{h} \times \frac{1 gal \text{ líq}}{1 m^3} \times \frac{1 h}{60 min} = 0,12 GPM$$

4.3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE GLP PARA EL TALLER MECÁNICO DEL AEIRNNR.

4.3.1. Adquisición de tanque

Para la selección de tanque en el mercado acudimos al catalogo de SICA ARGENTINA que son fabricantes de tanque estacionarios para GLP. El tanque está diseñado y construido de acuerdo con lo establecido en la NTE INEN 2 260 vigente y Código ASME¹³ Sección VIII, División 1 ó 2 y tiene certificado de conformidad con norma.

Datos generales del tanque seleccionado

- Tanque fijo vertical para GLP de 0,454 m³ de capacidad nominal
- Solicitado a la fabrica para fabricación e importación por C.E.M. LOJAGAS
- Fabricante (SICA) METALURGIA ARGENTINA S.A.
- Identificación del lote N°33378
- Fabricado bajo norma técnica de referencia código ASME sección VIII,Div.1,NFPA 58
- Presiones de diseño:1,73 MPa, de ensayo 2,26 MPa
- Material , del cuerpo SA 455 y de las cabezas 455

¹³ **CÓDIGO ASME.** Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. Sección VIII. Div. 1. Diseño, fabricación e inspección de recipientes sujetos a presión.

- Espesores del material, cuerpo 5,15mm y de cabezas 5,15mm
- Tara (peso vacio) 140 kg
- Temperatura de diseño 65,56°C
- Certificado de conformidad otorgado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización N° DC-CP-MRP-2004-147.
- Máxima capacidad de llenado 86%(dato tomado de la tabla 9,12 a una temperatura de 21°C)
- Vaporización natural del tanque mediante cálculos =15,32 Kg/h

4.3.2. Accesorios de tanque

- Válvula de servicio
- Válvula de llenado
- Indicador de nivel magnético o flotante
- Válvula de seguridad

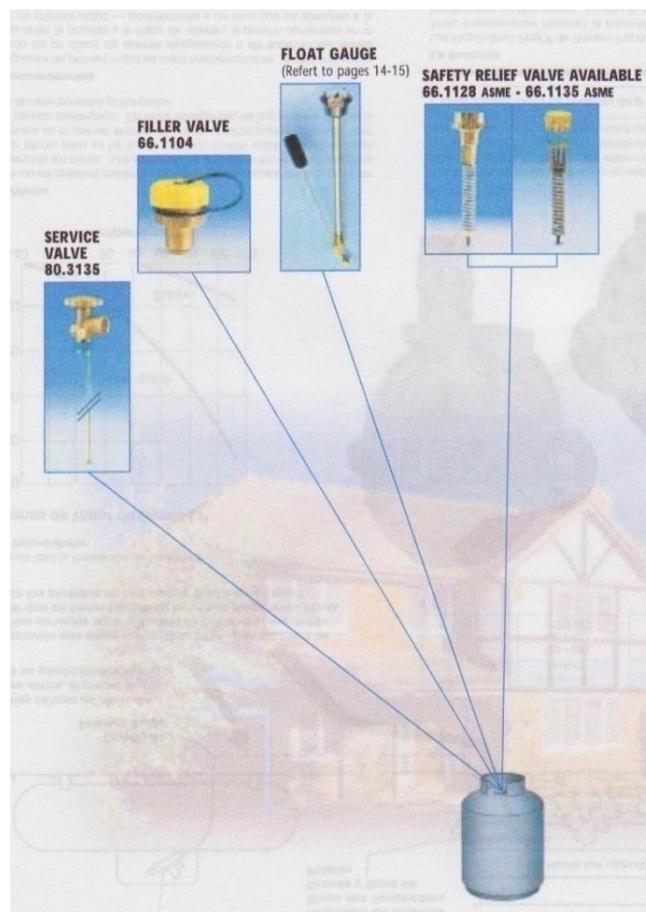


Grafico 4.3. Accesorios del tanque

4.3.3. Ubicación del tanque

Para esto no regimos a la norma NTE INEN 260. La superficie de la estación está ubicada sobre el nivel del terreno y Cuenta con un sistema de enfriamiento con agua mediante splinker de accionamiento manual

El local está construido con sistemas estructurales requeridos. El acceso a este local será desde la vía pública con puertas de material no combustible, accesibilidad grado 2 (Se entiende que un dispositivo tiene accesibilidad grado 2 cuando está protegido por armario, registro practicable o puerta, provistos de cerradura con llave normalizada. Su manipulación debe poder realizarse sin disponer de escaleras o medios mecánicos especiales.) y ventiladas en la parte superior e inferior al nivel del piso. Las distancias de seguridad deben cumplir con lo especificado en la tabla 3.7.

"Referencia 4.- Distancias a límites de propiedad habitada, aberturas de inmuebles, focos fijos de inflamación, motores de explosión, vías públicas, férreas o fluviales, proyección de líneas aéreas de alta tensión, equipos eléctricos no protegidos, sótanos, alcantarillas y desagües.= 3 m

Referencia 5.- Distancias a aberturas de edificios para uso docente, sanitario, hospedaje, culto, esparcimiento o espectáculo, acuartelamientos, centros comerciales, museos, bibliotecas o lugares de exposición públicos.
Estaciones de

Servicios (Bocas de almacenamiento y puntos de distribución).= 6 m

Referencia 6.- Distancia de la boca de carga al tanque cisterna.= 3 m"¹⁴

¹⁴ Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma técnica 2 260

4.3.4. Adquirir tubería, accesorios, y dispositivos de seguridad para instalar el sistema.

4.3.4.1. Tubería

La tubería seleccionada es de cobre rígido, sin costura, según las normas: ISO 1635 o ASTM B 88 de tipo L con un espesor de 0,89 mm y en concordancia con la norma NTE INEN 260, cuya composición química no es atacada por el gas combustible, ni por el medio exterior con el que estén en contacto.

4.3.4.2. Accesorios de acoplamiento para tubería

Los accesorios utilizados para el acoplamiento de la tubería serán de cobre y se las conocen como conexiones o fittings.

Estas conexiones o fittings son fabricados cumpliendo normas nacionales e internacionales.

La norma nacional de Chile a la cual se fabrican es la NCH 396 y las internacionales regidas por la ANSI B 16.15, ANSI B 16.18, ANSI B 16.26, DIN 28.56. y en nuestro país está contemplada en la norma NTE INEN 260

Los sistemas empleados para las uniones en sistemas de cobre son de dos tipos:

- Permanentes, referidas a los extremos a soldar.
- Desmontables, referidas a los extremos roscados

Los extremos de los accesorios, en función de su conexión, se denominan:

SO: Extremo para soldar interior.

Estos accesorios reciben la tubería de cobre en su interior.

SE: Extremo para soldar exterior.

Estos se conectan al diámetro interior de la tubería de cobre.

HI: Extremo roscado interior.

Se emplean para uniones con accesorios o tubería roscadas.

HE: Extremo roscado exterior.

Se emplean para uniones con accesorios o tuberías roscadas.

Las conexiones con extremos de igual dimensión se designan con la medida nominal que caracteriza a la tubería con que han de usarse.



Grafico 4.4. Accesorios para tubería de cobre

4.3.4.3. Dispositivos de seguridad

a. Sistema de regulación de primera Etapa

Es verdaderamente el corazón de la instalación de GLP ya que compensa las variaciones en la presión del tanque, desde presiones tan bajas que van desde 8 PSI hasta 220 PSI, su función primordial será de proporcionar una presión constante a pesar de la carga variable producida por el uso intermitente de los equipos instalados.



Grafico 4.5. Características de reguladores de primera etapa

Proporciona regulación precisa de primera etapa en sistemas de dos etapas
Maneja la vaporización de tanques de hasta 1200 galones, reducen la presión del tanque a una presión intermedia de 5 a 10 PSI. Se usan para abastecer quemadores de alta presión para aplicaciones industriales

Según las características y requerimientos de nuestro proyecto y de acuerdo a lo que se encuentra en el mercado seleccionamos un regulador **Rego de primera etapa LV4403TR4** (datos obtenidos en el catalogo de rego internacional)

Curvas características del regulador

Es importante recordar que la presión del gas esta directamente proporcional con la temperatura ambiente del lugar donde esté ubicado , para nuestro proyecto se trabaja con una presión de 115 PSI ya que la temperatura varia de 15°C a 18,5°C analizando la curva del regulador tenemos que la presión constante de entrega será de 10.5 PSI.

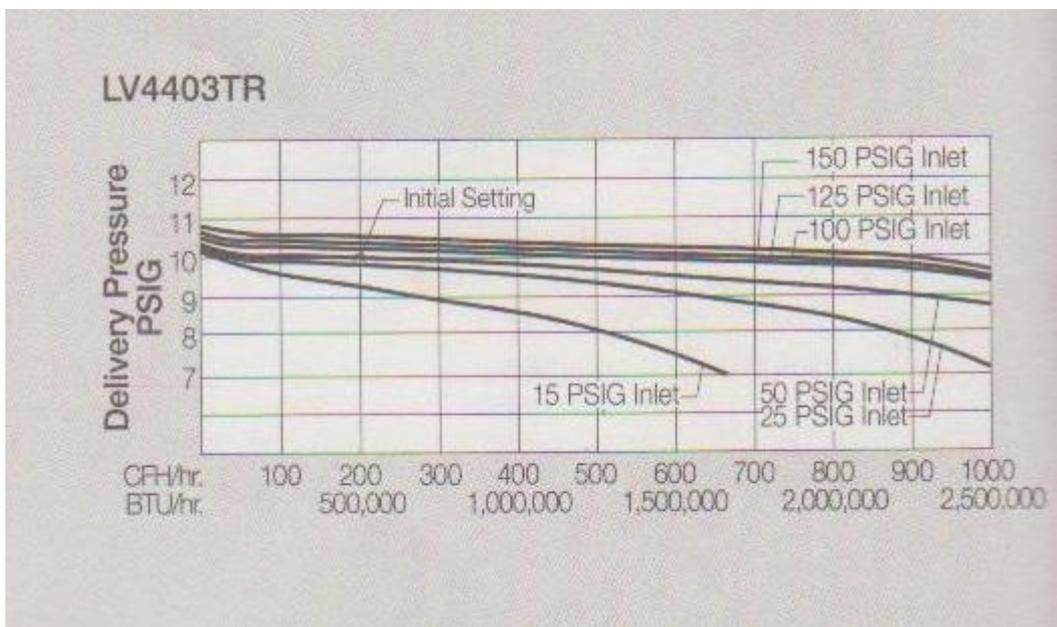


Gráfico 4.6. Curva característica del regulador

b. Regulador de Línea



Grafico 4.7. Regulador de segunda etapa

c. Regulador de segunda Etapa

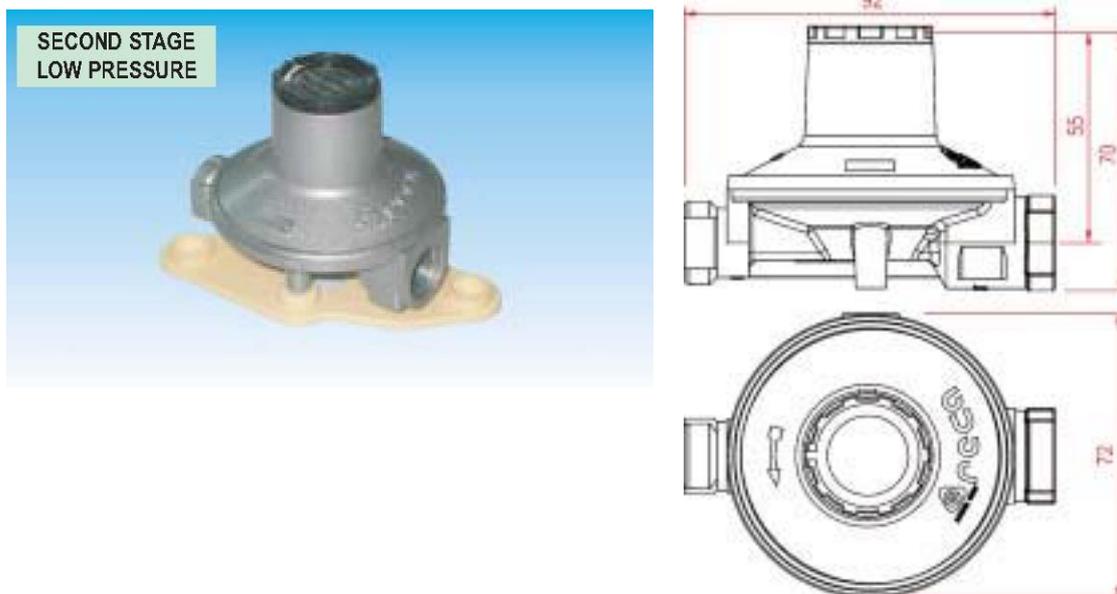
Para los sistemas de alto consumo (HORNOS) utilizaremos reguladores Recca 738 de fabricación Italia que nos proporcionan un caudal constante de 10 Kg/h y una presión constante de 50 mbar (0,725 PSI)

**FIRST STAGE
HIGH PRESSURE**

GAS	OUTLET PRESSURE <i>(Depending on the gas)</i>	CAPACITY <i>(Depending on the gas)</i>	WORKING TEMPERATURE	INLET CONNECTIONS <i>(pag. D04)</i>	OUTLET CONNECTIONS <i>(pag. D06)</i>
Butane Propane Butane/Propane	28-30-37-50 mbar	10 Kg/h	-20 ÷ +50 °C	TABLE D: D02 - D06	TABLE G: G06

Grafico 4.8. Regulador de alto consumo

Para el funcionamiento de los equipos de bajo consumo utilizaremos un regulador Reca 753 de fabricación italiana, que nos proporciona un caudal constante de 4 Kg/h y una presión constante de 30 mbar (0,43511 PSI)



GAS	OUTLET PRESSURE <i>(Depending on the gas)</i>	CAPACITY <i>(Depending on the gas)</i>	WORKING TEMPERATURE	INLET CONNECTIONS <i>(pag. D02-D04)</i>	OUTLET CONNECTIONS <i>(pag. D06-D07)</i>
Butane Propane Butane/Propane	22÷50 mbar	4 Kg/h	-20 ÷ +50 °C	TABLE A: A31 TABLE E: E04 TABLE D: D01 - D02	TABLE G: G03 - G04 TABLE H: H07

Grafico 4.9. Regulador de bajo consumo

4.3.5. Contadores volumétricos de gas

La conexión de los contadores a la instalación se realiza mediante tubería rígida, cumpliendo la norma NTE INEN 260 con una longitud máxima de 0,80 m.

Los contadores se seleccionaron por sus caudales nominal y máximo (Caudal nominal es el de mejor relación caudal/ pérdida de carga. Caudal máximo es el mayor que puede circular a su través a la presión de servicio.)

Los contadores seleccionados han de poder medir un caudal igual o inferior al 5% del Q máx. ($5\% = 1/20$).

Los contadores están conformados por equipos requeridos para efectuar la medición, la regulación y el control del suministro del servicio de gas.

Estos van a ser instalados en forma vertical, nivelados y conectados a tuberías que garanticen la estabilidad del equipo y la hermeticidad del sistema.

Cada contador individual estará marcado de tal manera que identifique con exactitud a los equipos que registra el consumo. Dispondrán de válvulas que permitan el suministro o suspensión del servicio.

Su localización estará en el exterior del laboratorio, con facilidad de acceso para su lectura; dimensiones tales que permitan la realización de trabajos de mantenimiento, control, inspección, reparación y reposición.

El armario de contadores estará alejado de interruptores, motores u otros artefactos eléctricos que puedan producir chispas y estará totalmente prohibido el almacenamiento de materiales combustibles en el interior del recinto de contadores.

En el exterior de la puerta del local o armario constara con la siguiente

leyenda:

- PELIGRO GAS INFLAMABLE
- PROHIBIDO FUMAR O ENTRAR CON LLAMA

En el interior del armario y en un lugar muy visible:

- Asegúrese de que la válvula que se maniobra es la que corresponde
- No abrir una válvula, sin tener la seguridad de que todas las válvulas de la instalación están cerradas
- En caso de cerrar una válvula equivocadamente, no volverla a abrir sin comprobar que todas las válvulas están cerradas

Descripción de los contadores

Para sistemas de mayor consumo:

- Marca : GALLUS
- MODELO: 2.000 G4
- FABRICACIÓN : ARGENTINA
- Q_{máx}: 6 m³/h
- Q_{min}: 0,04 m³/h
- Presión máx.: 100 KPa(1 bar)

Para sistemas de bajo consumo:

- Marca : METREX
- MODELO: G 1,6
- FABRICACIÓN : COLOMBIANA
- Q_{máx}: 2,5 m³/h

- Qmin: 0,016 m³/h
- Presión máx.: 400 mbar (5,8 PSI)

4.3.6. Válvula exceso de flujo

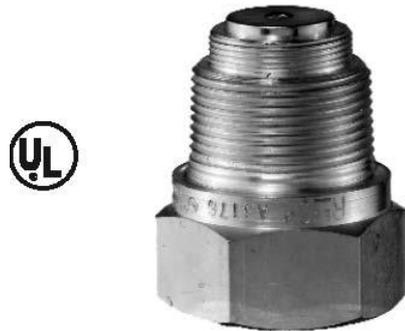


Grafico 4.10. Características de válvulas de exceso de flujo

Para nuestro proyecto seleccionamos una válvula de exceso de flujo Rego 3272G, la misma que cumple con los requerimientos de nuestro proyecto, se encuentra en el mercado y la función es el corte automático de gas cuando existiera una ruptura de la tubería, evitando accidentes por contaminación y escapes de gas.

4.3.7. Manómetros

La función principal de estos dispositivos es la de proporcionar una lectura exacta de la presión que fluye por los sistemas de tuberías de la instalación.

Manómetros

Especialmente diseñados en una variedad de tamaños y construcciones para la industria de Gas-LP y de amoníaco anhidro.

Todos los manómetros RegO® tienen una conexión NPT M. de 1/4" a menos que se indique lo contrario.

Número de Parte	Servicio	Material del Cuerpo	Presión Máxima	Tamaño	Divisiones de Incremento		
2434A-2*	Sólo Gas-LP	Acero	35" w.c. and 20 oz. (Dual)	2 1/2"	1" c.a. y 1 oz.		
2434-2**			30 PSIG		1/2 PSI		
3226A-3		Latón	60 PSIG	2"	1 PSI		
2411		Acero				100 PSIG	2 PSI
5575							
5547		Latón	300 PSIG	2"	5 PSI		
5576							
1286		Acero	60 PSIG	2 1/2"	5 lb.		
1178		Latón					
948		Acero					
948B	NH ₃ y Gas-LP	Acero	60 PSIG	2 1/2"	5 lb.		
A8060			150 PSIG				
A8150			400 PSIG				
A8400							

* Conexión de manguera de 1/4"

** Conexión NPT M. de 1/8"

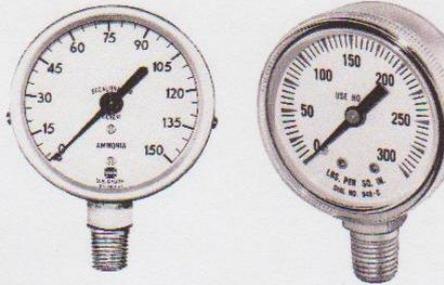


Grafico 4.11. Características de manómetros

4.4. REALIZAR PRUEBAS DE HERMETICIDAD

Este ensayo se debe realizar siguiendo estrictamente lo que manda la norma NTE INEN 260 "Toda instalación, de acuerdo con lo que se indica en esta norma, se debe someter a una prueba de estanqueidad con resultado satisfactorio, antes de su puesta en servicio. No es necesario realizar la prueba de estanqueidad a los conjuntos de regulación y a los contadores."

Pruebas que se realizarán a los conjuntos de tuberías fijas sometidas a una misma presión, cualesquiera que sean éstas, ya sean anteriores o posteriores al contador y con un manómetro de rango de presión suficiente. La prueba de estanqueidad se realizara con aire o gas inerte.

El resultado de la prueba de estanqueidad va hacer ser documentada.

La presión de ensayo será de 1,5 veces a la que trabaje el sistema una vez alcanzado el nivel de presión necesaria y transcurrido un tiempo no menor de 15 minutos para que se estabilice la temperatura, se toma la primera lectura de la presión, se empieza a contar el tiempo del ensayo, seguidamente se maniobra las válvulas intermedias para verificar su estanqueidad con relación al exterior, tanto en la posición de abiertas como cerradas.

En caso de que la prueba de estanqueidad no de resultado satisfactorio, se localizará las posibles fugas utilizando agua jabonosa, un producto similar, o un detector electrónico para gas y se repetirá la prueba una vez eliminadas las mismas.

4.4.1. Realizar pruebas a accesorios de regulación

La comprobación de la estanqueidad en las uniones de los elementos que componen el conjunto de regulación y de las uniones de entrada y salida, tanto del regulador como de los contadores, se debe comprobar a presión de operación del sistema mediante detectores de gas, agua jabonosa, u otro método similar.

4.4.2. Comprobación a accesorios de seguridad

Para seguridad del sistema antes de ser instalados los sistemas de regulación, se comprobará el buen funcionamiento de los mismos sobre presionando, haciendo trabajar a su máxima capacidad y así se evaluará

cuando se activen los sistemas de seguridad que llevan incorporados, garantizando así, seguridad al sistema instalado.

RESULTADOS

5.1. INTERPRETAR LAS NORMAS INTERNACIONALES COMO LAS ESPAÑOLAS Y AMERICANAS.

La norma NTE INEN 2260 que ha sido elaborada en base a Normas Internacionales como la NFPA 58 y 54, Normas de manejo de GLP en varios países (Españoles), y sobre todo se ha considerado la experiencia de profesionales Ecuatorianos en el campo de las instalaciones centralizadas.

En estas normativas analizamos ubicación de tanques de acuerdo a la capacidad y distancias de seguridad, así como, el material que se debe utilizar en la conducción y las normas estrictas para su instalación que rige en todo el territorio Ecuatoriano.

5.1.1. Disposiciones generales requeridas

Los tanques, tuberías y las válvulas que se utilicen en las instalaciones centralizadas de gas deben tener certificados de conformidad con norma emitidos por el fabricante o por un organismo certificador.
Los accesorios, contadores, reguladores, válvulas, etc., que se utilicen en las instalaciones centralizadas de gas deben ser especificadas para uso con el gas a utilizarse en el proyecto.
Las empresas y el personal que realice instalaciones de gas, deben estar calificados de acuerdo con la NTE INEN.

5.1.2. Clasificación de gas combustible a utilizar

Gases de la tercera familia	Gas licuados de petróleo (GLP): propano y butano, con poder calorífico 11.900 Kcal/h
-----------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

5.1.3. Rangos de presión

AP (Alta presión)	140 KPa < PMO ≤ 400 KPa
AP (Alta presión)	140 KPa < PMO ≤ 200 KPa (GLP)
MP (Media Presión)	16 KPa < PMO ≤ 140 KPa
BP (Baja Presión)	PMO < 16 KPa

5.1.4. Requisitos de una instalación de gas combustible

Familia y denominación del gas.
Poder calorífico superior.
Densidad relativa.
Caudal, presiones máximas y mínima en tuberías de conducción y artefactos de gas.
Presencia eventual de condensados.
Medio exterior con el que esté en contacto.
En el caso de uso de medidores se debe especificar el factor de conversión volumen-masa.
El factor de simultaneidad de operación.

5.1.5. Instalación de tuberías

Tuberías vistas	Se la instala en zonas donde no sufran daños físicos y deben estar identificadas con el color según la norma NTE INEN 260
Tuberías embebidas	Tuberías embebidas se instalan incrustadas en una edificación y cuyo acceso solo puede lograrse mediante la remoción de parte de muros o pisos de inmueble. Las tuberías embebidas serán ubicadas en sitios que brinden protección contra daños mecánicos. Se recubrirán con un mortero mezcla 1:3:3 de espesor mínimo de 20 mm alrededor de toda la tubería. El concreto no contendrá acelerante, agregados de escoria ó productos amoniacales ni aditivos
Tuberías enterradas	Las tuberías enterradas deben estar a una profundidad mínima de 60 cm y cuando crucen calles a 80 cm mínimo Debe estar señalizada mediante una cinta amarilla e impresa con la leyenda "PELIGRO TUBERÍA DE GAS

5.1.6. Distancias mínimas entre tuberías

TUBERÍA PARA OTROS SERVICIOS	CURSO PARALELO (cm)	CRUCE (cm)
Conducción agua caliente	3	1
Conducción eléctrica	3	1
Conducción de Vapor	5	5
Chimeneas y ductos de extracción de gases de combustión	60	60
Suelo por donde discurren	5	Ninguno

5.1.7. Dispositivos de anclaje

Distancias de anclaje			
Tubería	Diámetro nominal mm	Separación máxima	
		Horizontal m	Vertical m
Rígida	12,7	1,5	2,0
	19,0	2,0	3,0
	25,0	2,0	3,0
	32,0 y >	2,5	3,0
Flexible	12,7	1,0	1,0
	19,0	1,0	1,0
	25,0 y >	1,5	1,5

5.1.8. Limitaciones de acuerdo a la máxima presión de operación permisible – MP (media presión) OP (baja presión)

EDIFICACIÓN	PRESIÓN DE SUMINISTRO A LOS APARATOS	PRESIÓN DE TRANSMISIÓN EN LÍNEAS
Industrial	400 KPa	400 KPa
Comercial	100 KPa	200 KPa
Domestico Comunal	100 KPa	200 KPa
Domestico Interior	50 KPa	100 KPa
Domestico Exterior	16 KPa	40 KPa

5.1.9. Instrumentos de control

Regulación de única etapa	Hace referencia a las instalaciones en las cuales se regula directamente la presión de la línea matriz a la presión de la línea individual
Regulación en dos etapas	Primera etapa. Se reduce la presión de salida del tanque a la línea matriz
	Segunda etapa. Se reduce la presión de la línea matriz hasta la presión de las líneas servicio.
Regulación en tres etapas.	Reduce la presión de salida del tanque a la línea matriz , a un sistema de regulación de línea y este hasta la presión de las líneas de consumo

5.1.10. Mecanismos de control de sobrepresión

Reguladores que dispongan dispositivos de alivio	
Reguladores instalados en serie que actúan como limitador de presión	
Contadores cuya capacidad sea requerida para la máxima y mínima presión de operación que garanticen la correcta medida del volumen de gas que está circulando.	
Válvula de acometida	Esta válvula da inicio a la instalación receptora de gas, se debe instalar en todos los casos
Válvula de edificio	Se debe instalar lo más cerca posible de la fachada del edificio o sobre ella misma
Válvula de montante colectivo	Debe instalar cuando exista más de un montante colectivo.
Válvula de usuario	Se debe instalar en todos los casos para aislar cada instalación individual.
Válvula de contador	debe instalar en todos los casos y situarse en el mismo armario ó recinto,
Válvula de conexión de aparato	La válvula de conexión de aparato se debe instalar para cada aparato a gas,
Válvula de regulador	Cada regulador debe disponer una válvula situada lo más cerca posible de él.

5.1.11. Almacenamiento de GLP

La instalación de GLP con tanques sobre el nivel del terreno	Los tanques deben ser diseñados y construidos de acuerdo con lo establecido en la NTE INEN 2 261 vigente y el Código ASME Sección VIII, División 1 ó 2 y tener certificado de conformidad
Instalaciones de Almacenamiento tanques en Terrazas	Un profesional competente debe certificar que la edificación soporta las cargas que la instalación produzca, tanto durante la operación como durante la prueba hidrostática, y que el piso esté construido de forma que su resistencia al fuego sea como mínimo RF-240.
Instalación de almacenamiento con tanques en talud	El material del terraplén debe ser de tierra, arena u otro material incombustible y no corrosivo, debe presentar un espesor mínimo de cobertura del recipiente de 0,3 m sobre la generatriz superior del tanque.
Instalación de almacenamiento con tanques enterrados	Debe ubicarse totalmente por debajo del nivel del terreno circundante, que la generatriz superior, entre 30 y 50 centímetros de dicho nivel.

5.1.12. Protección contra el fuego

Extintores.	Se utiliza polvo químico seco, y las instalaciones fijas de extinción, de existir, no deben ser de accionamiento automático.
Instalación de agua	Cualquier tanque de volumen geométrico unitario superior a 100 m ³ debe disponer de un sistema propio de enfriamiento a base de splinker

5.1.13. Elementos complementarios en una instalación

Rotulación	«Gas inflamable», «Prohibido fumar y encender fuego» - Peligro gas inflamable* - Prohibido fumar o entrar con llama identificación de la comercializadora del gas
Instalación eléctrica	Toda la instalación eléctrica debe ser anti explosión. Los interruptores generales de los circuitos de alimentación de bombas, compresores, motores y alumbrado de toda la instalación deben estar centralizados en un tablero situado próximo a la entrada de la estación y de fácil acceso.

5.1.14. Ensayos y verificaciones

Ensayo de estanqueidad	Este ensayo se debe realizar en los conjuntos de tuberías fijas sometidas a una misma presión, cualesquiera que sean éstas, ya sean anteriores o posteriores al contador y con un manómetro de rango de presión suficiente ,el tiempo de prueba no menor de 15 minutos
Inspección	La instalación para gas combustible debe ser inspeccionada, por la autoridad competente, de acuerdo con las especificaciones de esta norma y a la legislación vigente.

5.2. DEMANDA REAL AL CUAL VA A ESTAR SOMETIDO EL SISTEMA CENTRALIZADO

Caudal máximo a utilizarse 14,766 Kg/h

Total de consumo del sistema

Presión de entrada (psi)	100 (6,89 bar)
Caudal Kg/h	14,766
Presión de salida (psi)	10(0,68 bar)

Sistema de alto consumo

Presión de entrada (psi)	100 (6,89 bar)
Caudal Kg/h	13.17
Presión de salida (psi)	10(0,68 bar)

Sistema de bajo consumo

Presión de entrada (psi)	10(0,68 bar)
Caudal Kg/h	1.596
Presión de salida (psi)	2(0,137 bar)

Temperatura constante de 18.3°C

5.3. SELECCIÓN DEL DEPÓSITO Y AUTONOMÍA DE RECARGA

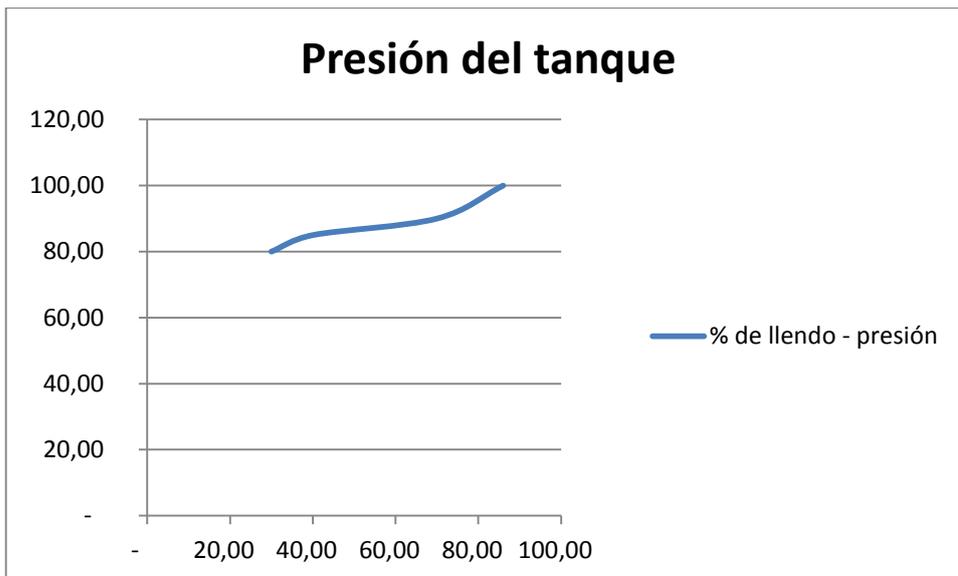
Tanque fijo vertical para GLP de 0.454 m³ de capacidad nominal

$$A = \frac{\text{Capacidad util de Glp que se puede consumir del tanque}}{\text{Capacidad consumida por los equipos x dia}}$$

$$A = \frac{134.967Kg}{37,65 Kg/día} = 3,58 \text{ día}$$

5.4. ANÁLISIS DE LLENADO Y PRESIÓN DEL TANQUE DE ABASTECIMIENTO

Temperatura °C	Porcentaje de llenado (%)	Presión (PSI)
18.3	86%	100 (6,89 bar)
18.3	70%	90 (6,20 bar)
18.3	40%	85 (5,86 bar)
18.3	30%	80 (5,51 bar)



CURVA 5.1. Presión del tanque en relación al porcentaje de llenado

5.5. SELECCIÓN DE TUBERÍAS DE COBRE EN RELACIÓN A LA LONGITUD Y DEMANDAS MÁXIMAS DEL SISTEMA

Horno de tratamientos térmicos

Presión de entrada (psi)	Caudal Kg/h	Diámetro (mm)	Perdidas de presión en el tramo (PSI)	Presión final (PSI)
10 (0,689bar)	8,47	25.4	0,188 (0,012 bar)	9,81 (0,676 bar)

Horno de fundición de metales blandos

Presión de entrada (psi)	Caudal Kg/h	Diámetro (mm)	Perdidas de presión en el tramo (PSI)	Presión final (PSI)
10 (0,689 bar)	4,20	19,05	0,246(0,016 bar)	9,75 (0,672 bar)

Equipo de oxicorte

Presión de entrada (psi)	Caudal Kg/h	Diámetro (mm)	Perdidas de presión en el tramo (PSI)	Presión final (PSI)
10 (0,689 bar)	0,5	9,52	0,30 (0,020 bar)	9,62 (0,663 bar)

Calentador Acumulador de agua ultra rápido

Presión de entrada (psi)	Caudal Kg/h	Diámetro (mm)	Perdidas de presión en el tramo (PSI)	Presión final (PSI)
2 (0,137 bar)	0,756	9,52	0,101 (0,0069 bar)	1,899 (0,130 bar)

Equipo de transferencia de calor

Presión de entrada (psi)	Caudal Kg/h	Diámetro (mm)	Perdidas de presión en el tramo (PSI)	Presión final (PSI)
2 (0,137 bar)	0,846	9,52	0,116 (0,008 bar)	1,884 (0,129 bar)

Adquirir los accesorios de acuerdo al cálculo matemático en correspondencia con el mercado

5.6. ANÁLISIS DE SISTEMAS DE REGULACIÓN DE ALTA PRESIÓN

Regulador de primera etapa

Presión de entrada (PSI)	Caudal (Kg/h)	Presión de salida (PSI)
100 (6,89 bar)	14,766	10 (0,689 bar)

Regulador del sistema de alto consumo

Presión de entrada (PSI)	Caudal (Kg/h)	Presión de salida (PSI)
100 (6,89 bar)	13,17	10 (0,689 bar)

Regulador del sistema de bajo consumo o de línea

Presión de entrada (PSI)	Caudal (Kg/h)	Presión de salida (PSI)
9,68 (0,667 bar)	1,596	1,89 (0,130 bar)

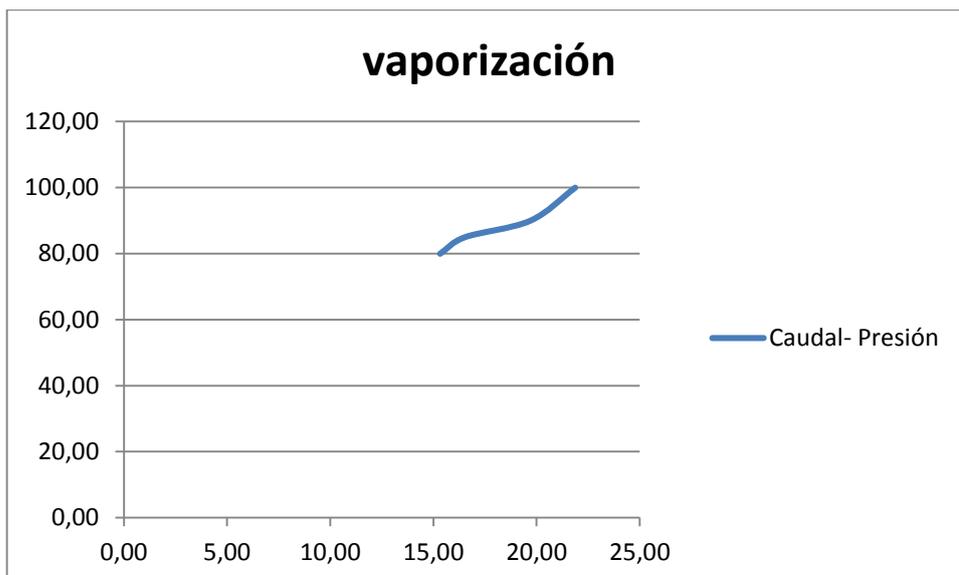
Obtener el tanque que satisfaga la vaporización del sistema y que cumpla las normas de seguridad en la instalación del sistema de gas centralizado.

5.7. DATOS GENERALES DEL TANQUE SELECCIONADO

Tanque fijo vertical para GLP de 0.454m ³ de capacidad nominal
Solicitado a la fabrica para fabricación e importación por C.E.M. LOJAGAS
Fabricante (SICA) METALURGIA ARGENTINA S.A.
Identificación del lote N°33378
Fabricado bajo norma técnica de referencia código ASME sección VIII,Div.1,NFPA 58
Presiones de diseño:1,73 MPa, de ensayo 2,26 MPa
Material , del cuerpo SA 455 y de las cabezas 455
Espesores del material, cuerpo 5,15mm y de cabezas 5,15mm
Tara (peso vacio) 140 Kg
Temperatura de diseño 65,56°C
Certificado de conformidad otorgado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización N° DC-CP-MRP-2004-147.
Máxima capacidad de llenado 86% (dato tomado de la tabla 4.3. a una temperatura de 21°C)

5.8. VAPORIZACIÓN NATURAL DEL TANQUE DE 0,454 m³

Temperatura °C	Caudal de vaporización del tanque	Presión (PSI)
18.3	21.88 Kg/h	100 (6,89 bar)
18.3	19.70 Kg/h	90 (6,20 bar)
18.3	16.52 Kg/h	85 (5,86 bar)
18.3	15.32 Kg/h	80 (5,51 bar)



CURVA 5.2. Vaporización del tanque en función del caudal y presión

5.9. PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE GLP

Regulador de primera etapa

Presión de entrada (PSI)	Caudal (Kg/h)	Presión de salida (PSI)
100 (6,89 bar)	19,02	10 (0,689 bar)

Regulador del sistema de alto consumo

Presión de entrada (PSI)	Caudal (Kg/h)	Presión de salida (PSI)
100 (6,89 bar)	16,93	10 (0,689 bar)

Regulador del sistema de bajo consumo o de línea

Presión de entrada (PSI)	Caudal (Kg/h)	Presión de salida (PSI)
9,68 (0,679 bar)	2,09	1,89 (0,130 bar)

5.10. ANÁLISIS DE SISTEMAS DE REGULACIÓN DE BAJA PRESIÓN

Regulador de segunda etapa (horno de tratamientos térmicos)

Presión de entrada (PSI)	Caudal (Kg/h)	Presión de salida (PSI)
9,68 (0,679 bar)	10	0,46 (0,031 bar)

Regulador de segunda etapa (horno de fundición de metales blandos)

Presión de entrada (PSI)	Caudal (Kg/h)	Presión de salida (PSI)
9,68 (0,679 bar)	10	0,46 (0,031 bar)

Regulador de segunda etapa (Calderin o calentador acumulador de agua ultra rápido)

Presión de entrada (PSI)	Caudal (Kg/h)	Presión de salida (PSI)
1,89 (0,130 bar)	4	0,46 (0,031 bar)

Regulador de segunda etapa (Equipo de transferencia de calor)

Presión de entrada (PSI)	Caudal (Kg/h)	Presión de salida (PSI)
1,89 (0,130 bar)	4	0,46 (0,031 bar)

5.11. VALIDAR LA NO EXISTENCIA DE FUGAS EN EL SISTEMA DE CONDUCCIÓN.**Pruebas de hermeticidad en el sistema de primera etapa**

Longitud (m)	Tipo de gas utilizado	Presión de prueba inicial (PSI)	Tiempo de prueba (min)	Presión de prueba final (PSI)
1,29	GLP fase vapor	78,32 (5,39 bar)	50	78,32 (5,39 bar)

Pruebas de hermeticidad en el sistema de alto consumo

Longitud (m)	Tipo de gas utilizado	Presión de prueba inicial (PSI)	Tiempo de prueba (min)	Presión de prueba final (PSI)
41,76	GLP fase vapor	78,32 (5,39 bar)	50	78,32 (5,39 bar)

Pruebas de hermeticidad en el sistema de bajo consumo

Longitud (m)	Tipo de gas utilizado	Presión de prueba inicial (PSI)	Tiempo de prueba (min)	Presión de prueba final (PSI)
13,13	GLP fase vapor	76 (5,24 bar)	50	76 (5,24 bar)

5.12. ANÁLISIS DE PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN TODO EL SISTEMA

Sistema de alto consumo

Longitud (m)	Longitud equivalente (accesorios)	Presión inicial (PSI)	Perdidas de presión en el sistema (PSI)	Presión final (PSI)
41,76	11,6	10 (0,689 bar)	0,32	9.68 (0,0667 bar)

Con un caudal de 13,17 Kg/h

Sistema de bajo consumo

Longitud (m)	Longitud equivalente (accesorios)	Presión inicial (PSI)	Perdidas de presión en el sistema (PSI)	Presión final (PSI)
13,13	5,31	2 (0,137 bar)	0,11	1,89 (0,130 bar)

Con un caudal de 1,59 Kg/h

5.13. FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE REGULACIÓN Y PROTECCIÓN

Sistema de regulación de primera Etapa	Rego de primera etapa LV4403TR4	Dispositivo de alivio incluido 250 PSI
Regulador de Línea	Rego de línea LV4403Y4VI	Dispositivo de alivio incluido 5 PSI
Regulador de segunda Etapa para sistemas de alto consumo	Reguladores Reca 738	Dispositivo de alivio incluido 15 PSI
Regulador de segunda Etapa para sistemas de bajo consumo	Regulador Reca 753	Dispositivo de alivio incluido 15 PSI
Válvula exceso de flujo	Rego 3272 G	Caudal de cierre automático 20 GPM

DISCUSIÓN

Nuestra ciudad se encuentra inmersa en la construcción de Sistemas de gas centralizado, los cuales están dirigidos a conjuntos habitacionales, centros comerciales e industrias. Para el abastecimiento las instalaciones deben estar calificadas e inscritas en la dirección Nacional de Hidrocarburos que es un ente regulador para todo el país.

Las normas emitidas por el Instituto de normalización INEN deben ser aplicadas en todo los casos o interpretadas tanto por empresas instaladoras, municipio (cuerpo de bomberos) y entes reguladores del gobierno, estas constituyen un compendio de las normas que regulan todos los parámetros tanto para instalación, conducción y seguridad en manejo, para garantizar que la instalación tengan seguridad y así prevenir accidentes a futuro.

El cumplimiento de todos los parámetros que indica la normativa asegura que las instalaciones tengan:

- Seguridad en el sistema
- Confiabilidad en presiones
- Caudales constantes
- Abastecimiento permanente

En cuanto al funcionamiento y rendimiento de los equipos, se ha logrado determinar una eficiencia superior al 80%, en donde se ha comprobado que se tiene caudales constantes en las tuberías de media (10 PSI o 0,689 bar) y baja presión (1 PSI o 0,0689 bar), una mínima pérdida de presión en el orden

de 0,38 PSI o 0,26 bar en líneas de alto consumo y 0,116 PSI o 0,008 bar en las líneas de alto consumo, gracias a la vaporización natural del tanque de abastecimiento y una adecuada selección de la tubería que se encuentran instalados en el Taller Mecánico.

De acuerdo a lo investigado podemos determinar que en el sector residencial y principalmente en el sector Industrial y en relación con los avances tecnológicos es necesario contar con un sistema de almacenamiento y conducción de GLP para garantizar seguridad, eficiencia y confiabilidad del sistema, ya que las bombonas de 15 y 45 Kg que son las más utilizadas en el medio no prestan confiabilidad y versatilidad en relación a los sistemas centralizados.

Nuestro proyecto de investigación se ha orientado a la interpretación de norma técnica y a la metodología para el diseño de sistemas de gas centralizado en donde se han realizado cálculos, selección de elementos e implementación del sistema utilizando procedimientos técnicos con relación a los avances tecnológicos, proyecto que está encaminado a fortalecer los laboratorios de nuestra Área para el desarrollo de prácticas en los ámbitos de fluidos y termodinámica de los señores estudiantes, de esta manera se contribuye con referentes para el manejo y conducción de gases inflamables.

El sistema está equipado con todos los instrumentos tanto de control, regulación, medición y seguridad los cuales garantizan que este preste todas las condiciones de seguridad para su funcionamiento y sirva como referencia para otras instalaciones ya sean estas en el sector residencial, comercial e industrial.

CONCLUSIONES

- Luego de analizar la extensa bibliografía podemos decir que la norma NTE INEN 2-260, tiene relación con normas de otros países para el almacenamiento, conducción y seguridad en el manejo del Gas licuado de petróleo.
- Calculada la capacidad de vaporización del tanque, autonomía de llenado, diámetros de las tuberías para media y baja presión se han adquirido de acuerdo a la producción del mercado y en relación con lo que dispone la normativa técnica NTE INEN 2-260, la misma que solicita el certificado de conformidad, distancias de seguridad de tanque y tuberías de conducción, ubicación y protección.
- El almacenamiento del GLP se lo realiza en un tanque estacionario de 0,454 m³, el mismo que proporciona una vaporización natural constante cumpliendo con el requerimiento de 15,32 Kg/h de caudal y una presión manométrica de 10 PSI o 0,689 bar requerido por el sistema, gracias a su autonomía de carga podrá abastecer 3,58 días.
- La selección de los contadores han sido elegidos para parámetros de trabajo: máximo 6,585 m³/h y mínimo 0,25 m³/h en el sistema de alto consumo y en bajo consumo máximo 0,81 m³/h y mínima 0,378 m³/h, garantizando la correcta medida del volumen de gas que está circulando.

- La verificación de estanqueidad se la realizó a los conjuntos de tuberías fijas sometidas a una misma presión en el orden de 78,32 PSI o 5,39 bar para alto consumo y 76 PSI o 5,24 bar para bajo consumo durante 50 minutos, obteniendo resultados satisfactorios.
- Los mecanismos de control de sobrepresión lo constituyen los reguladores instalados en serie que actúan como limitador de presión, los cuales tienen dispositivos de alivio que se activan con valores que excedan 250 PSI en media presión y 10 psi en baja presión. Además para enfriar el tanque en temporadas de altas temperaturas o en caso de conato de incendio, se ha provisto de un sistema de abastecimiento de agua y para la protección contra el fuego se provisto de un extintor de polvo químico seco 9 Kg de accionamiento manual.
- El sistema de gas centralizado cuenta con la señalética preventiva, ubicada en lugares de fácil visualización, con la siguiente leyenda: "Gas inflamable, Prohibido fumar y encender fuego, Peligro solamente personal autorizado "

RECOMENDACIONES

- El Municipio de Loja es una entidad dedicada a la administración de la ciudad, por lo tanto, así como se solicita estudios en edificaciones a nivel residencial, comercial e industrial de carácter estructural, hidráulico, hidrosanitario, eléctrico, diseño arquitectónico, etc., también, debería establecer una ordenanza que regule el suministro de gas licuado de petróleo en relación a la normativa NTE INEN 2-260. Estos estudios están en capacidad de realizar los Ingenieros Electromecánicos por tener materias afines con la termodinámica, hidráulica y neumática que son las bases para realizar el diseño de sistemas centralizados de gas.
- Es importante que los tanques, tuberías, accesorios, equipos de regulación, seguridad, medición y las válvulas que se utilicen en las instalaciones centralizadas de gas, deban tener certificados de conformidad con norma NTE INEN 2-260 tanto en tanques como en accesorios.
- Es necesario el cálculo y selección de tuberías ya que si no se realiza adecuadamente, ocasionan dos fenómenos perjudiciales: velocidades de flujo muy altas, producen el congelamiento y taponamiento de reguladores y con velocidades muy bajas, generan condensado en la tubería que afecta al funcionamiento de los reguladores.

- Con este sistema centralizado el Taller Mecánico está en capacidad de abrir otras líneas de investigación, como sistemas de combustión o fabricación de quemadores, ya que en el transcurso de la investigación se ha logrado observar que es una deficiencia en nuestra ciudad la fabricación de quemadores los cuales se los construye sin criterio técnico convirtiéndose en un peligro latente.
- En caso de requerir instalaciones eléctricas dentro del sistema de almacenamiento, estos deben ser anti explosión. Los interruptores generales de los circuitos de alimentación y alumbrado deben estar centralizados en un tablero situado próximo a la entrada de la estación y de fácil acceso.

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

Becco Lorenzo. Los Gases Licuados de Petróleo. España-Madrid. Repsol. Año 1986. Pág. 449.

Castilla F., Díaz Gil. Manuel de Instalaciones de Gas. Industrias Ventana. 1ra edición. Año 1982. Pág. 189.

Engineered Controls International, Inc. Manual de Servicios para el Instalador de Gas LP. Rego. USA. 54 pág.

Lemme Julio. Instalaciones aplicadas a edificios, Gas Combustible. Talleres Offset. Argentina-Buenos Aires. Pág. 171.

Mateix, Claudio. Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas. Ediciones del Castillo S. A. Tomo I. Año 1979. Pág. 582.

NORMA AMERICANA NFPA A58 YA59. Regulaciones y decretos federales, estatales y locales.

Norma NTE INEN 2260. Instalación de para gas combustible en edificaciones de uso residencial, comercial e industrial. Primera edición, Año 2008. Acuerdo oficial Nro. 01-293-G 2001.

Rego, Engineered Controls International, Inc. Manual de Productos L 500, 100 Drive, Po Box Elon College, NC 27244. USA. 96 pág.

SEDIGAS, Sociedad para el Estudios y Desarrollo de la Industria del Gas S.A. Cursos para Instaladores de Gas Categoría IG-II. Quinta edición. Ediciones Grafime. Año 1999. España-Mallorca. Pág. 130.

SEDIGAS, Sociedad para el Estudios y Desarrollo de la Industria del Gas S.A. Cursos para Instaladores de Gas Categoría IG-IV. Quinta edición. Ediciones Grafime. Año 1999. España-Mallorca. Pág. 130.

ANEXOS





Tabla. Dimensiones de Tubería de Primera Etapa (entre reguladores de Primera y Segunda Etapa) Entrada de 10 PSI con una caída de presión de 1 PSI Capacidad máxima de la tubería, en miles de BTU/hora de Gas-LP.

Diámetro del Tubo o Tubería de Cobre en Pulgadas		Longitud del Tubo o Tubería, en Pies*																			
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400
Tubería de Cobre (D.E.)	3/8	558	383	309	265	235	213	196	182	171	161	142	130	118	111	104	90	89	89	82	76
	1/2	1387	870	700	599	531	481	443	412	386	365	323	293	269	251	235	222	211	201	185	172
	5/8	2360	1622	1303	1115	988	896	824	767	719	679	601	546	502	467	438	414	393	375	345	321
	3/4	3993	2475	2205	1887	1672	1515	1394	1297	1217	1149	1018	923	843	790	740	700	664	634	584	543
Tamaño del Tubo	1/2	3339	2295	1843	1577	1398	1267	1165	1084	1017	962	857	777	710	660	619	585	556	530	488	454
	3/4	6982	4799	3854	3298	2923	2649	2437	2267	2109	2017	1780	1613	1484	1313	1212	1124	1109	1110	1020	949
	1	13153	9040	7259	6213	5507	4989	4590	4270	4007	3785	3354	3039	2796	2601	2441	2305	2190	2089	1922	1788
	1 1/4	27004	18560	14904	12756	11306	10244	9424	8767	8226	7770	6887	6240	5741	5340	5011	4733	4495	4289	3945	3670
	1 1/2	40461	27809	22331	19113	16939	15348	14120	13136	12285	11542	10993	9349	8601	8002	7508	7092	6735	6426	5911	5499
	2	77924	53556	43808	36809	32623	29519	27274	25729	24297	23072	22119	18873	17428	16504	15540	14865	14397	13751	12555	11595

Datos Calculados de acuerdo a la NFPA #54 & 58.

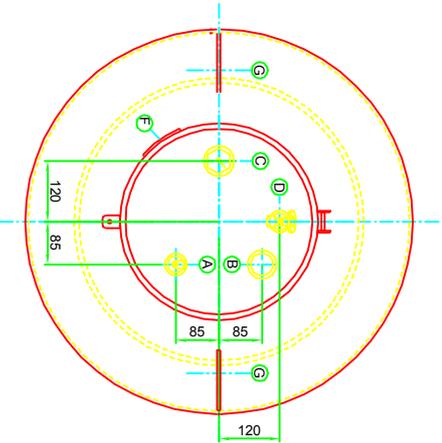
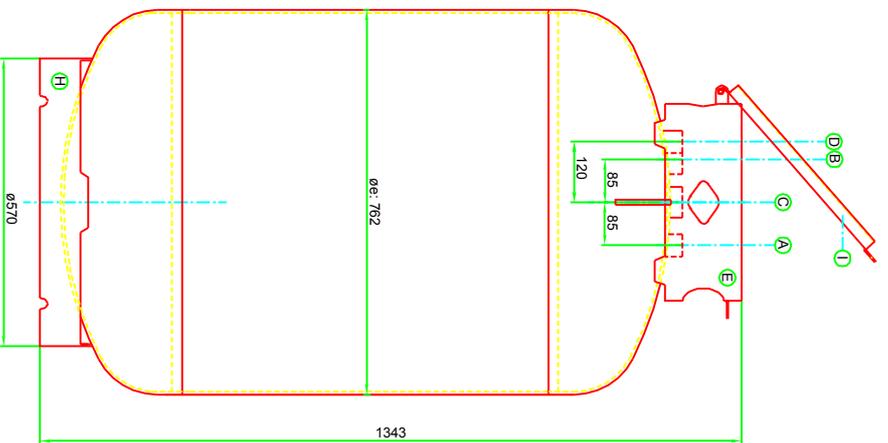
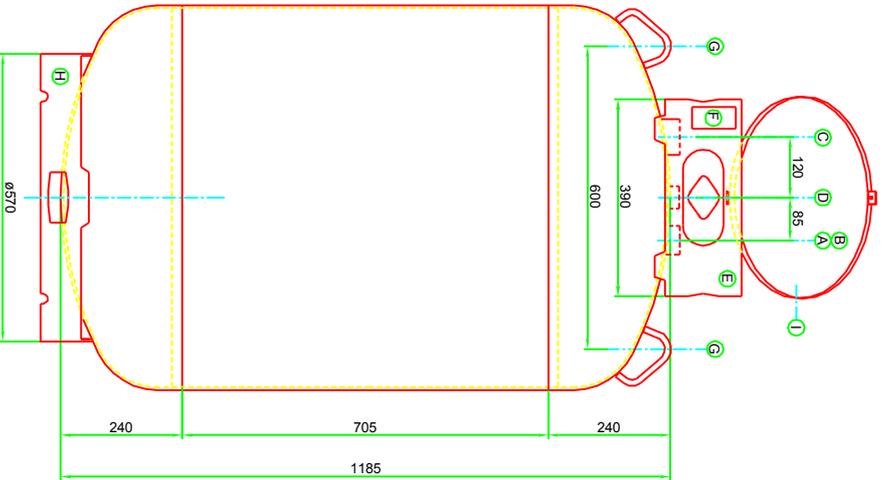
Tabla de longitud equivalente

Longitudes equivalentes en metros de tubería recta

$$L_e = K_1 \Phi - K_2$$

Φ en milímetros

Diámetro		Codos de 45°			Codos de 90° Relación radio de curvatura diámetro					Tees de Paso		Válvulas abiertas de		
Pulg.	mm	Roscado	Soldado	Corto	Medio	R/d = 1	R/d = 1 1/2 = 8	R/d = 2 = 6	R/d = 4 Val. comp. abierta	Directo	De lado y bilateral	Globo	Angulo	Cheque
Φ														
k1		0,0138	0,0617	0,0298	0,0248	0,0163	0,0123	-0,0092	0,0072	0,0200	0,0598	0,3399	0,1700	0,0849
k2		-0,0118	-0,1111	-0,0290	-0,0796	-0,0249	-0,0200	-0,0146	-0,0087	-0,0741	-0,2045	-0,5228	-0,2609	-0,1267
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
3/8	9,50	0,12	0,48	0,25	0,16	0,13	0,10	0,07	0,06	0,12	0,36	2,71	1,35	0,68
1/2	16,40	0,21	0,90	0,46	0,33	0,24	0,18	0,14	0,11	0,25	0,78	5,05	2,53	1,27
3/4	22,20	0,29	1,26	0,63	0,47	0,34	0,25	0,19	0,15	0,37	1,12	7,02	3,51	1,76
1	27,70	0,37	1,60	0,80	0,61	0,43	0,32	0,24	0,19	0,48	1,45	8,89	4,45	2,23
1 1/4	36,90	0,50	2,17	1,07	0,84	0,58	0,43	0,32	0,26	0,66	2,00	12,02	6,01	3,01
1 1/2	42,50	0,57	2,51	1,24	0,98	0,67	0,50	0,37	0,30	0,78	2,34	13,92	6,96	3,48
2	53,50	0,72	3,19	1,56	1,25	0,85	0,64	0,48	0,37	1,00	2,99	17,66	8,83	4,42
2 1/2	60,24	0,82	3,61	1,77	1,42	0,96	0,72	0,54	0,42	1,13	3,40	19,95	9,98	4,99
3	78,40	1,07	4,73	2,31	1,87	1,25	0,94	0,70	0,55	1,49	4,48	26,13	13,06	6,53
4	102,30	1,40	6,20	3,02	2,46	1,64	1,24	0,92	0,72	1,97	5,91	34,25	17,13	8,56



- ESQUEMA DE PINTURA**
- 1- Granallado calidad SA 2 1/2.
 - 2- Fondo anticorrosivo epoxi espesor 70 micr.
 - 3- Esmalte poliuretánico blanco espesor 30 micr.

SICA METALURGICA ARGENTINA S.A.
 TEL. 0034-3496-422442
 MATRICULA DE INSCRIPCION N° 0894

TANQUE PARA GLP MODELO 0.5 m³
 MATRICULA 0894/000 (0) 01

L.E. 1185 mm D.E. 762 mm
 SUP. 3.38 m² TARA 140 kg
 CUERPO SA-455 E 5.15 mm
 CABEZALES SA-455 E 5.15 mm
 RX: LONG 100% CIRC SPOT TT (NO)
 VOL. 454 ls PROPANO 196 kg
 TEMPERATURA DE DISEÑO: 20/150°F
 PRESION DE DISEÑO: 17.6 kg/cm²
 PRESION DE PRUEBA: 23 kg/cm²
 NORMA ASME 98 AD99.00

ESTE RECIPIENTE NO DEBERIA CONTENER UN PRODUCTO QUE TENGA UNA PRESION DE VAPOR QUE SUPERE LOS 14.8kg/cm² MEDIDO A 37.8 °C

FECHA PRUEBA _____ HECHO EN ARGENTINA

BVT _____

CARACTERISTICAS DEL RECIPIENTE

Norma de fabricación: código ASME sección VIII división 1 y IX año 1998 adenda 99/00.
 Recipiente para: gas licuado de petróleo. Servicio no corrosivo. Modelo 0,5m³.
 Dimensiones: ø ext: 762mm. LT: 1200mm. Sup: 3.4m². Tara: 140kg.
 Capacidad de propano al 85%: 196kg. Volumen: 454ls.
 Tratamiento térmico: no. Partículas magnéticas: no.
 Radiografiado: Longitudinal: 100% Circular: Spot. Conexiones: no.
 Presión de prueba: 23 kg/cm². Presión de diseño: 17,6kg/cm². Temperatura de diseño: -20+150 °C.
 Material del recipiente: cabezales: SA-455. Esp: 5,15mm. Cuerpo cilíndrico: SA-455. Esp: 5,15mm.

CONEXIONES Y ACCESORIOS

POS	CANT	DENOMINACION	CARACT	SERIE	DIAMETRO	OBSERVACIONES
A	1	ENTRADA DE LIQUIDO	M. CUPLA	6000	19	NPT
B	1	VALVULA DE SEGURIDAD	M. CUPLA	6000	25	NPT
C	1	NIVEL A FLOTANTE	M. CUPLA ESPECIAL	32		BRIDADO
D	1	MULTIVALVULA	M. CUPLA	6000	19	NPT
E	1	ARO PROTECTOR DE CONEXIONES	ESP-2			
F	1	PLACA DE IDENTIFICACION	ESP-2			ACERO INOX. AISI 304
G	2	CANCAMO DE IZAJE	ø12.7			
H	1	ARO BASE DE APOYO	ESP-3, 17			
I	1	TAPA DE CONEXIONES	ESP-3			PLASTICO

SICA ARGENTINA S.A.
 TANQUES EQUIPOS ESPECIALES
 GASODUCTOS VAPORIZADORES
 GARRAFONES PIPING Y PLANTAS
 PROYECTOS LLAVEN Y ANO.

Ruta Prov. N° 70 al Oeste - (3080) Esperanza - Santa Fe - ARGENTINA
 Tel.: 03496-422442 / Fax: 03496-426240 - www.sica.com.ar
 E-mail: lsimon@fica.com.ar / ventas@fica.com.ar / MATRICULA: 0894

TANQUE FIJO VERTICAL PARAG.L.P.
MODELO 0,5m³ 3 PIEZAS (NIVEL BRIDADO)
MATRICULA: 0894

Proyecto: DTHOMAS 150202 Escalas: N° Plano N° Inista
 Dibujó: G.R.A.L. DETA.: G-843
 Aprobó: _____

Este proyecto es propiedad de SICA ARGENTINA S.A. y no puede ser reproducido, distribuido, copiado, ni utilizado sin el consentimiento escrito de SICA ARGENTINA S.A. SICA es responsable de los datos suministrados y no se responsabiliza por los errores de interpretación o uso de los datos suministrados por terceros. Este documento es propiedad de SICA ARGENTINA S.A. y no puede ser reproducido, distribuido, copiado, ni utilizado sin el consentimiento escrito de SICA ARGENTINA S.A.

REVISION _____ FIRMAS _____
 Archivo-Path: _____



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION

CERTIFICADO DE CONFORMIDAD CON NORMA

No.: DC-CP-MRP 2004-147 (Dos originales)

PRODUCTO: Tanque fijo vertical para GLP de 0,454 m³ de capacidad nominal.

MARCA COMERCIAL: N. A. (No aplicable)

SOLICITANTE: C.E.M. LOJAGAS, Barrio Turunuma Alto, Calle Valencia. Loja - Ecuador.

FABRICANTE: SICA METALURGICA ARGENTINA S.A. Argentina

DESTINATARIO Y/O PROPIETARIO: C.E.M. LOJAGAS, Barrio Turunuma Alto, Calle Valencia. Loja - Ecuador.

IDENTIFICACIÓN DEL LOTE/ MUESTRA: No.: 33378 Código de fabricación 0894/0000/01/33378, fecha de fabricación 2003-11.

TAMAÑO DEL LOTE/ MUESTRA: 1 (uno).

NORMA(S) TECNICA(S) DE REFERENCIA: Código ASME Sección VIII, Div. 1, NFPA 58, NTE INEN 2261.

INFORME(S) TECNICO(S): IT DC 2004-369.

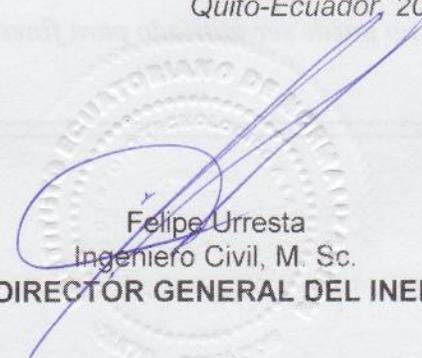
CARACTERÍSTICAS EVALUADAS: Código ASME Sección VIII, Div. 1, NFPA 58, NTE INEN 2261.

CONCLUSIONES: El tanque No. 33378, cumple con los requisitos especificados en las Normas Técnicas de Referencia

OBSERVACIONES: Presiones de diseño: 1,73 MPa; de ensayo 2,26 MPa; material: del cuerpo SA 455 y de las cabezas SA 455; espesores: cuerpo 5,15 mm, cabezas 5,15 mm; tara (Peso vacío) 140 kg; temperatura de diseño: 65,56°C.

NOTA: Las condiciones para la utilización de este Certificado se detallan al reverso.

Lugar y fecha de emisión: Quito-Ecuador, 2004-05-21.


Felipe Urresta
Ingeniero Civil, M. Sc.
DIRECTOR GENERAL DEL INEN

BASE LEGAL:
Decreto 357
de 1970-08-28
Decreto 587
de 2000-07-19

QUITO:
Baquerizo Moreno E8-29
y Almagro
Telf. (593) 2 2501 885 al 2501 891
Fax: (593) 2 2567 815
E-mail: inenfu@andinanet.net

GUAYAQUIL:
Av. 9 de Octubre y P. Carbo
Edif. San Francisco No. 300,
piso 8, Ofic. 1
Telefax: (593) 4 2313 521
E-mail: ineng@andinanet.net

CUENCA:
Gran Colombia 739
Edif. Alfa, piso 7,
Ofic. 7B
Telefax: (593) 7 832 753
E-mail: inenc@andinanet.net

RIOBAMBA:
Lavalle 2320 y 1ra. Constituyente
Edif. Rivas Carvajal,
piso 2, Ofic. 201
Telefax: (593) 3 965 226
E-mail: inench@andinanet.net

BOMBEROS DE LOJA
INSPECCIONES PARA INSTALACIONES DE GAS CENTRALIZADO (BOMBONAS)

No. 00012

Fecha: Loja - 05-11-009 Teléfono: 2544591-5688 RUC: _____
Propietario: UNA Casa de Pueblo Dirección: Escuela de la Universidad
Nombre del Local: Bl. que N.º 8 Calle Huanaco (La Secretaría Esquina - Huidob)
Tipo de Local
Edificio _____ Vivienda _____ Condominio _____ Otros: La Secretaría
No. Personas que laboran
Hombres: 2 Mujeres: _____ TOTAL: 2

SISTEMAS CONTRA INCENDIOS

Cajetines completos _____ Pulsadores contra incendios _____
No. Extintores _____ Tipo: PQS 2 CO2 _____ Otros _____

BOMBONA

Ubicación: Punto Posterior Capacidad: 0.5 m³ Total Area: 2.56 m²
Ventilación Natural: 2 Ventilación Artificial: _____ Rociadores SI _____ No _____
Subterránea: A Aire Libre: ✓
Áreas a cubrir: _____

INSTALACIONES

Poliétileno _____ Cobre ✓ Acero _____ Otros _____
Valvulas de carga ✓ Protección de Tanque: Si Rotulación: Si
No Contadores: 2 Tubería empotrada _____ Aire libre: Si

INSTALACIONES ELECTRICAS

Puesta a tierra: Si Libres _____ Empotradas ✓

OTROS ACCESORIOS

Agua: Si Guantes _____ Cascos _____ Mascaras _____
Mantas ignífugas _____ Explosímetros _____ Otros _____

SISTEMA DE ALARMA

Alarma: Si Plan de evacuación: Si Plan contra incendios: Si Otros _____

AREAS DE RIESGO

Cocina _____ Calefones _____ Mecánicas _____ Garajes _____
Combustibles _____ Chimeneas _____ Otros _____

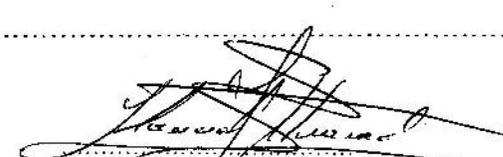
AREAS SEGURAS

Pasillos _____ Canchas _____ Vías _____ Otros: Para usar

RECOMENDACIONES

se les puede dar el permiso


PROPIETARIO
Servio Torres
Tesis ta.


INSPECTOR

SUPERVISOR

TESORERIA



MUNICIPIO DE LOJA

MUNICIPIO DE LOJA
CUERPO DE BOMBEROS

Fomentemos las artes, la industria,
el saber tenga aquí su morada
y la frente en sudor empapada
sólo sepa inclinarse ante Dios.

Himno a Loja

OFICINA DE CAPACITACIÓN, INSPECCIÓN, PREVENCIÓN, REGISTRO Y
RECARGA DE EXTINTORES

RAZON SOCIAL : Universidad Nacional de Loja
DIRECCIÓN : Ciudadela Universitaria
RUC o C.I. : 1103368138
FECHA : 09 de noviembre de 2009

El Cuerpo de Bomberos de Loja una vez realizada la inspección certifica que en la Universidad Nacional de Loja, existen una bombona de 0,5m³, que presta los servicios en el área de Taller de Mecánica Laboratorio de Energía y Fluidos Bloque No. 8, se ha instalado los elementos básicos de seguridad exigidos por la Ley de Defensa Contra Incendios, en su Art. 35.- y más ordenanzas municipales vigentes.

Esta Certificación corresponde al cumplimiento de recomendaciones de Seguridad Contra Incendios, valedera por un año comprendido del 01 de Enero al 31 de Diciembre, caso de incumplir con la normativa esta será automáticamente revocada.

Particular que le certifico para fines pertinentes.

MUNICIPIO DE LOJA
BOMBEROS
OPRRE
INSPECTORES

Myr Luis Alberto Santos
JEFE DE BOMBEROS MUNICIPALES