

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción

"Diseño y análisis económico de una instalación de gas licuado de  
petróleo aplicada al edificio Millenium de la ciudad de Loja"

## **TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

## **INGENIERO MECÁNICO**

Presentada por:

Oscar Bladimir André Sarmiento

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2005

**AGRADECIMIENTO**

A todas las personas que, con su conocimiento y paciencia colaboraron en la realización de este trabajo, y de manera especial al Ing. Ángel Vargas, Director de Tesis y al Ing. James Loaiza Gerente de la empresa Lojagas.

## DEDICATORIA

A mis padres.

A mi esposa.

A mis hijas.

A mis hermanos.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

---

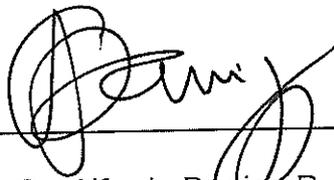
## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Marcos Tapia Q .  
DELEGADO POR EL  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE



Ing. Ángel Vargas Z.  
DIRECTOR DE TESIS



Dr. Alfredo Barriga R  
VOCAL

## DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Oscar B. André S.

---

## RESUMEN

El uso de equipos domésticos que funcionan con gas licuado de petróleo (GLP) como combustible (cocinas, calentadores de agua, secadoras, etc.), el precio actual del gas licuado de petróleo, y sobre todo la comodidad que representa al usuario contar en el hogar con el combustible por medio de una instalación centralizada, aplicada tanto a viviendas unifamiliares como plurifamiliares, a diferencia de otros países principalmente europeos en Ecuador constituye un mercado relativamente nuevo.

Por ser el gas licuado de petróleo una sustancia que se encuentra en recipientes bajo presión, que al contacto con el calor de la atmósfera se vuelve gaseoso y altamente inflamable, se hace indispensable que las instalaciones domiciliarias que transporten gas licuado de petróleo para su uso, se lleven a cabo cumpliendo estrictas normas y parámetros de control. Así se evitarán desde riesgos menores como congelamiento de tuberías o accesorios que repercuten en la ineficiencia de los equipos, hasta riesgos mayores como explosiones y/o incendios.

En el desarrollo de esta tesis, se expondrán las propiedades tanto físicas como químicas del gas licuado de petróleo, sus aplicaciones y un análisis del futuro de las instalaciones domiciliarias en el país.

Se incluirán las normas legales que existen en el país, así como las normas más importantes en el ámbito internacional que se aplicarán en el desarrollo de una instalación domiciliaria de gas licuado de petróleo.

Se realizará una breve exposición de las características del edificio Millenium, que se requieren conocer para la instalación centralizada de GLP.

Posteriormente, se realizará el cálculo en si de la instalación centralizada que comprende: determinar el consumo requerido de GLP, las dimensiones y ubicación del tanque de almacenamiento, se seleccionará el tipo adecuado de tuberías a emplearse en el proyecto. Se realizará el cálculo de presiones, diámetros y velocidades del GLP en las tuberías. Se determinarán los accesorios, reguladores y contadores de la instalación.

Se expondrán las pruebas que deben realizarse una vez culminada la instalación domiciliaria, con la finalidad de comprobar su seguridad y funcionabilidad. Para completar este estudio con un análisis del costo que presenta dicha instalación centralizada.



## INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN .....	II
INDICE GENERAL .....	IV
ABREVIATURAS .....	IX
SIMBOLOGÍA .....	XII
INDICE DE FIGURAS .....	XIV
INDICE DE TABLAS .....	XVI
INTRODUCCION .....	1
CAPITULO 1	
1. GENERALIDADES DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) Y SUS	
APLICACIONES.....	2
1.1 Origen y Características Físico Químicas del GLP.....	2
1.2 Usos y Aplicaciones del GLP.....	8
1.3 Futuro del Uso del GLP en las Instalaciones	
Domiciliarias Ecuatorianas .....	9

## CAPITULO 2

2. NORMATIVA LEGAL EXISTENTE REFERENTE A LAS INSTALACIONES	
CENTRALIZADAS Y DE CILINDROS DE GLP.....	13
2.1 Requisitos Oficiales .....	13
2.2 Normas INEN .....	16
2.3 Normas Internacionales de Referencia .....	17
2.3.1 Normas NFPA .....	18
2.3.2 Códigos ASME .....	19
2.3.3 Normas UNE .....	20
2.3.4 Normas NOM .....	25
 CAPITULO 3	
3. CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO MILLENIUM.....	28
 CAPITULO 4	
4. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN CENTRALIZADA .....	31
4.1 Cálculo de Requerimientos.....	31
4.1.1 Consumo Total Nominal .....	32
4.1.2 Consumo probable .....	33
4.2 Cálculo y Dimensionamiento del Tanque	
de Almacenamiento .....	34
4.2.1 Autonomía de Almacenamiento.....	34
4.2.2 Vaporización Natural de los Depósitos .....	37
4.2.3 Sistema de tanques móviles.....	41

4.2.4 Sistema de tanque fijo.....	43
4.2.5 Dimensionamiento .....	44
4.2.6 Selección, Tanque Fijo o Tanques Móviles .....	51
4.3 Análisis de la Ubicación del Tanque, Accesorios y Seguridad .....	57
4.3.1 Accesorios del Tanque .....	58
4.3.2 Tipos de Ubicación .....	65
4.3.3 Requisitos para su Ubicación .....	65
4.3.4 Ubicación Final .....	69
4.3.5 Selección del Sistema Contraincendios .....	72
4.4 Redes de Distribución .....	73
4.4.1 Tipos de Materiales .....	74
4.4.2 Selección de Materiales para el Proyecto .....	75
4.4.3 Red Primaria .....	87
4.4.4 Red Secundaria o Interior .....	87
4.4.5 Cálculo de Pérdidas de Carga, Diámetros y Velocidad de Circulación en Red Primaria y Secundaria .....	88
4.4.6 Seguridad y Protección Contra Corrosión y Daños en las Redes de Distribución .....	105
4.4.7 Elementos de Dilatación .....	109
4.4.8 Línea de Carga .....	112
4.5 Reguladores de Presión y Contadores .....	113

4.5.1 Tipos y Características de los Reguladores .....	113
4.5.2 Selección del Regulador de Primera Etapa .....	117
4.5.3 Selección del Regulador de Segunda Etapa .....	124
4.5.4 Tipos y Características de los Contadores .....	127
4.5.5 Selección del Contador.....	130
4.5.6 Ubicación Final de Reguladores y Contadores .....	131
4.6 Accesorios y Dispositivos .....	134
4.6.1 Accesorios .....	134
4.6.2 Dispositivos .....	145
4.7 Trazado final .....	150
CAPITULO 5	
5. PRUEBAS FINALES .....	152
5.1 Pruebas de Hermeticidad Finales .....	152
5.2 Ajuste de Llamas .....	154
CAPITULO 6	
6. MEDIDAS DE SEGURIDAD .....	157
6.1 Ubicación de los Aparatos .....	157
6.2 Inscripciones de Seguridad y su Ubicación .....	159
6.3 Acciones en Caso de Eventualidades .....	161
CAPITULO 7	

7. ANÁLISIS DE COSTOS ..... 165

7.1 Costos de Instalación de Tanque de Almacenamiento

y Línea de Carga ..... 167

7.2 Costos de Instalación de Acometida y Accesorios ..... 169

CAPITULO 8

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 175

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

## ABREVIATURAS

GLP	Gas Licuado de Petróleo
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	Propano
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	Butano
TM	Toneladas Métricas
Sup.	Superior
Inf.	Inferior
BTU/Kg	Unidad Térmica Británica por Kilogramo
BTU/litro	Unidad Térmica Británica por Litro
Kcal/litro	Kilocaloría por Litro
BTU/m <sup>3</sup>	Unidad Térmica Británica por Metro Cúbico
Kcal/m <sup>3</sup>	Kilocaloría por Metro Cúbico
Kg	Kilogramo
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
INEN	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización
Art	Artículo
NFPA	National Fire Protection Association
ASME	American Society of Mechanical Engineers
UNE	Siglas de las Normas Españolas
AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación
NOM	Norma Oficial Mexicana
m <sup>2</sup>	Metro Cuadrado
lt/min	Litro por Minuto
Kg/h	Kilogramos por Hora
kW	Kilowatts
Kcal/h	Kilocaloría por Hora
m <sup>3</sup>	Metro Cúbico
NPT	National for Pipes Threads
USD	Dólares Americanos
Kg/cm <sup>2</sup>	Kilogramo Fuerza por Centímetro Cuadrado
Kg/mes	Kilogramos por Mes
Kg/día	Kilogramos por Día
MPa	Mega Pascales
m <sup>3</sup> /s	Metros Cúbicos por Segundo
cm <sup>3</sup>	Centímetros Cúbicos
mm	Milímetros

## ABREVIATURAS

ISO	International Organization for Standardization
ASTM	American Society for Testing and Materials
ANSI	American National Standards Institute
AGA	American Gas Association
PE	Tubería Plástica de Polietileno
bar	Bares de Presión
psig	Libras por Pulgada Cuadrada Manométricas
MRS	Resistencia Mínima Requerida
inox.	Inoxidable
V	Voltios
$\Delta L$	Diferencia de Longitud
L	Longitud
$\Delta t$	Diferencia de Temperatura
unid.long	Unidad de Longitud
$m/m^{\circ}C$	Metro por Metro por Grado Centigrado
Kg/m	Kilogramos por Metro
$\mu m$	Micrómetro
$m^3/h$	Metros Cúbicos por Hora
mbar	Mili Bares de Presión
m/s	Metros por Segundo
PCS	Poder Calorífico Superior
cm	Centímetros
fig	Figura
BP	Baja Presión
MP	Media Presión
Cu	Cobre
Cant	Cantidad
unid	Unidad
Gl	Galón
USD/h	Dólares Americanos por Hora
Cant.	Cantidad
unid.	Unidad
Costo/unid	Costo por unidad
Ced.	Cédula

## ABREVIATURAS

Kg/m	Kilogramos por Metro
m <sup>2</sup> /Gl	Metros Cúbicos por Galón
unid/m <sup>2</sup>	Unidad por Metro Cuadrado
m/h	Metros por Hora
m/Rend	Metros por Rendimiento
LH EXT	Rosca Izquierda Externa
RH EXT	Rosca Derecha Externa
M	Macho
H	Hembra
gr	Gramo
gr/punto	Gramo por Punto de Soldadura
unid/corte	Unidad por Corte
unid/punto	Unidad por Punto de Soldadura
h/contador	Hora por Contador Instalado
CantxRend.	Cantidad por Rendimiento

## SIMBOLOGIA

°C	Grados Centígrados o Celsius
Nº	Número
IV	Cuarto en Números Romanos
$C_{TN}$	Consumo Total Nominal
$E_i$	Consumo Nominal Unitario de los Equipos
$N_i$	Número de equipos
$f_d$	Factor de diversidad
$f_a$	Factor de simultaneidad de los aparatos
$f_c$	Factor de simultaneidad de casas
$C_p$	Consumo Probable
%	Símbolo de Porcentaje
A	Autonomía
%min.	Porcentaje Mínimo de GLP
V	Vaporización del Tanque
D	Diámetro Exterior del Tanque
L	Longitud
K	Constante según el Porcentaje de Volumen en el Tanque
f	Factor según la Temperatura del Aire
"	Pulgadas
Nc	Número de Cilindros Requeridos
Fi	Factores para Matriz de Selección
Sm	Superficie Mínima de Seguridad
±	Más o Menos
+	Más
c	Coefficiente de dilatación lineal
Q	Caudal
D	Diámetro Interno
R	Reynolds
$P_1$	Presión absoluta inicial en bar ( $P > 0.1$ bar)
$P_2$	Presión absoluta final en bar ( $P > 0.1$ bar)
$d_r$	Densidad Relativa del Ga

## SIMBOLOGIA

$L_E$	Longitud Equivalente del Tramo
$P_1$	Presión inicial en mbar (P hasta 0.1bar)
$P_2$	Presión final en mbar (P hasta 0.1bar)
$^{\circ}$	Grados Sexagesimal
$V$	Velocidad del Gas
$Z$	Coefficiente de Compresibilidad
$P$	Presión Absoluta al Final del Tramo Medida en Bar
$Q_{NT}$	Caudal Nominal Total
$Q_a$	Caudal Real de Uso
$\Sigma$	Sumatoria
$L_{real}$	Longitud Real
$L_{equivalente\ de\ accesorios}$	Longitud Equivalente de los Accesorios
$D_i$	Diámetro Interno
$D_{nom}$	Diámetro Nominal
$H_i$	Rosca Hilo Interno
$H_e$	Rosca Hilo Externo
$SO$	Soldable
$e$	Espesor de Pared
$d_1$	Diámetro interior del Accesorio de Cobre
$d_2$	Diámetro externo del Tubo de Cobre
$V_{intersticio}$	Volumen del Intersticio
$\emptyset$	Diámetro

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 4.1 Válvula de exceso de flujo, con adaptador y válvula de cierre. Marca REGO .....	60
Figura 4.2 Medidor de nivel tipo flotante .....	60
Figura 4.3 Válvulas de alivio de presión .....	61
Figura 4.4 Válvula de cierre manual para servicio de vapor .....	62
Figura 4.5 Válvulas de llenado de no retroceso .....	62
Figura 4.6 Medidor fijo del nivel máximo de líquido .....	64
Figura 4.7 Multiválvula: contiene válvula de servicio, de llenado y de alivio de presión .....	64
Figura 4.8 Puntos de sujeción en tuberías .....	110
Figura 4.9 Lira de dilatación .....	111
Figura 4.10 Regulador básico .....	116
Figura 4.11 Contador de diafragma .....	129
Figura 4.12 Accesorios de cobre .....	135
Figura 4.13 Puntos de fusión del cobre, material de aporte y fundente .....	137
Figura 4.14 Fenómeno de capilaridad .....	139
Figura 4.15 Corte del tubo .....	140
Figura 4.16 Rebabado del tubo .....	141
Figura 4.17 Limpieza del tubo .....	141
Figura 4.18 Aplicación del fundente .....	142
Figura 4.19 Acoplamiento tubo-accesorio .....	142
Figura 4.20 Color de llama .....	143
Figura 4.21 Calentamiento .....	144
Figura 4.22 Enfriamiento y limpieza .....	144
Figura 4.23 Volumen del material de aporte .....	145
Figura 4.24 Válvula de alivio .....	146
Figura 4.25 Válvula de retención .....	147
Figura 4.26 Limitador de caudal .....	147
Figura 4.27 Válvula de corte .....	148
Figura 4.28 Manómetro .....	149
Figura 4.29 Unión roscada .....	149
Figura 5.1 Señal de seguridad 1 .....	160

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 5.2 Señal de seguridad 2.....	160
Figura 5.3 Señal de seguridad 3.....	160

## INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Oferta y Demanda de GLP 2002 y 2003 .....	4
Tabla 2	Propiedades Físicas del GLP y sus Componentes Propano y Butano.....	5
Tabla 3	Area de las plantas.....	29
Tabla 4	Especificaciones generales de los materiales .....	29
Tabla 5	Consumo aproximado de gas en los equipos.....	32
Tabla 6	Constante K según porcentaje de volumen de líquido en el recipiente.....	39
Tabla 7	Constante f según temperatura del medio ambiente.....	39
Tabla 8	Vaporización de un cilindro de 45 kg (Según su contenido).....	40
Tabla 9	Vaporización de tanques fijos al 20% y a 15°C.....	45
Tabla 10	Vaporización de tanques fijos al 40% y a 15°C.....	46
Tabla 11	Vaporización de tanques fijos al 50% y a 15°C .....	47
Tabla 12	Cálculo del consumo de kilogramos de GLP por día (familia de cinco miembros clase media).....	48
Tabla 13	Matriz de selección de tanque fijo o tanques móviles.....	57
Tabla 14	Distancias mínimas de seguridad de recipientes que almacenan GLP.....	66
Tabla 15	Distancias mínimas de seguridad desde el punto de transferencia.....	69
Tabla 16	Costo por metro lineal de tubería.....	79
Tabla 17	Dilatación lineal de las tuberías.....	83
Tabla 18	Disponibilidad de tuberías.....	84
Tabla 19	Peso por metro lineal de las tuberías.....	85
Tabla 20	Rugosidad en tuberías.....	85
Tabla 21	Matriz de selección de tuberías.....	86
Tabla 22	Longitud equivalente de accesorios roscados.....	91
Tabla 23	Longitud equivalente de accesorios soldados.....	92
Tabla 24	Longitud equivalente de válvulas.....	92

## INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 25	Caudal <b>Q</b> de los equipos.....	94
Tabla 26	Longitud equivalente para línea de baja presión con accesorios de ½” de diámetro.....	96
Tabla 27	Cálculo de Diámetros para la Red Primaria o de Media Presión .....	103
Tabla 28	Cálculo de la relación Q/D, Número de Reynolds y Velocidad en la Red Primaria.....	104
Tabla 29	Distancias de separación de tuberías de conducción de GLP a otras tuberías.....	108
Tabla 30	Presión de vapor en el recipiente con relación a la temperatura.....	119
Tabla 31	Reguladores de presión primera etapa.....	120
Tabla 32	Características del regulador REGO LV4403TR.....	121
Tabla 33	Características del regulador REGO 1584MN.....	123
Tabla 34	Reguladores de presión segunda etapa .....	125
Tabla 35	Características del regulador REGO LV4403B .....	126
Tabla 36	Simbologías de equipos y accesorios .....	150
Tabla 37	Costo de instalación del tanque y línea de carga.....	167
Tabla 38	Costo mano de obra instalación del tanque.....	168
Tabla 39	Costo mano de obra instalación de línea de carga.....	169
Tabla 40	Costo de instalación de acometida .....	170
Tabla 41	Costo mano de obra en acometida .....	17

## INTRODUCCIÓN

La evolución del ser humano ha caminado de la mano con el uso de diferentes formas de energía, las que aplicadas correctamente han permitido que el hombre las use para satisfacer sus necesidades. El uso de la energía

en los hogares va de la mano con la comodidad y funcionabilidad que ofrecen, la cual es percibida físicamente e inmediatamente por el usuario.

Una de las energías usadas en los hogares es la que proporciona la combustión del GLP. La combustión (energía química) que se produce en los equipos de consumo de GLP, tiene un proceso anterior a su uso, donde se considera el diseño que agrega, a más de los percibidos por el usuario, sobretodo seguridad.

Este diseño va desde el análisis de las propiedades del GLP a las normas aplicables a este tipo de instalaciones. Se realiza la selección de los componentes básicos de la instalación, basándose en el consumo de los apartamentos. Para culminar se consideran las acciones a aplicarse en caso de posibles eventualidades y finalmente se expone el costo que representa la instalación aplicada a este tipo de residencias.

## **CAPITULO 1**

# **1. GENERALIDADES DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) Y SUS APLICACIONES.**

## **1.1 Origen y características físico químicas del GLP.**

El Gas Licuado de Petróleo, al que llamaremos simplemente por sus siglas como GLP, tiene su origen en el tratamiento que se le da al petróleo crudo y/o al gas natural en sus fases de refinamiento.

Los hidrocarburos cuyos componentes son hidrógeno y carbono, se presentan bajo tierra tanto en estado líquido como estado gaseoso. Se formaron en el transcurso de millones de años, cuando grandes masas de materiales orgánicos quedaron atrapados bajo la tierra, estas bajo la acción de altas presiones y temperaturas se fueron transformando en petróleo crudo (hidrocarburo líquido) y en gas natural (hidrocarburo gaseoso).

El gas natural se lo puede hallar disuelto en el petróleo crudo como gas asociado, en pozos donde el producto dominante es el petróleo. También lo podemos encontrar como gas libre no asociado donde el producto dominante es el gas o en mezclas de hidrocarburos, tanto gaseosos como líquidos en los llamados pozos de condensados.

El GLP es la mezcla de gases de petróleo producidos ya sea por pozos petrolíferos o gasíferos. Estos gases se procesan en una planta de refinación, obteniéndose como resultado el GLP.

Los Gases Licuados del Petróleo son hidrocarburos compuestos principalmente de propano y butano, que en mayor o menor proporción acompañan al petróleo crudo y al gas natural; además de isobutano y etano en pequeñas cantidades (2).

En nuestro medio al que llamamos por GLP, estrictamente debería conocerse como Propano Comercial, ya que es este el compuesto predominante con aproximadamente el 70% en la mezcla, y el butano representa el resto con el 30% de volumen. Otra relación que se comercializa en nuestro medio (propano/butano) es de 60%-40% (13). Si el butano es el predominante, se llamará Butano Comercial, no usado en nuestro medio por lo que al Propano Comercial lo seguiremos identificando simplemente como GLP.

En el crudo, la mayor presión de vapor la tienen el propano y el butano, antes del transporte del crudo se debe reducir este inconveniente por lo que se separaban durante el proceso de “estabilización” en el campo de extracción (16).

El crudo “estabilizado”, al llegar a las refinerías se procede a separar las cantidades variables de GLP que oscilan entre un 2–3%, mediante la primera etapa de destilación o fraccionamiento (torre atmosférica).

“Las plantas de gas natural utilizan un proceso de destilación fraccionada, “despentanizadoras”, donde separan el metano del resto de hidrocarburos que llevan asociados”.

**Además de estos orígenes naturales del GLP, éste se obtiene como subproducto de una serie de procesos de refinería que se listan a continuación (16):**

- **“Reformado Catalítico”**: Se alimenta de naftas ligeras para producir aromáticos y gasolinas. El rendimiento en GLP está entre un 5 a 10%.
- **“Cracking Catalítico”**: Se alimenta de gas-oil o nafta produciendo etileno y propileno para petroquímica. El rendimiento en GLP está entre un 5 a 12%.
- **“Steam Cracking”**: Se alimenta con gas-oil o nafta produciendo etileno y propileno. El rendimiento en GLP está entre un 23 a 30%.
- **“Polimerización y Alquilación”**: Se alimentan de butanos para producir gasolinas. El rendimiento en GLP está entre un 10 a 15%.
- **“Cracking Térmico”**: Se alimenta de gas-oil y fuel-oil para producir gasolina. El rendimiento en GLP está entre un 10 a 20%.
- **“Coking y Visbreaking”**: Se alimenta de gas-oil pesado y residuo para producir coque. El rendimiento en GLP está entre un 5 a 10%.

Los orígenes del GLP en el mercado nacional se pueden atribuir a la producción de gas en los campos de Ancón (Provincia del Guayas), por la explotación de crudo de la compañía inglesa ANGLO (21). Las instalaciones de refinación de gas en ese entonces, no permitían obtener una separación de fracciones de gas que hubiera facilitado el

consumo a nivel nacional del gas propanado. Estas razones, acompañadas a las especificaciones que debían tener las gasolinas utilizadas en los vehículos de la época, influyeron en que las instalaciones de refinación de gas y petróleo instaladas en el país, no permitan la producción de propano en forma separada del butano.

En nuestro país se desarrolló la tecnología de producción, el almacenamiento, la distribución, el consumo y las normas de control para una mezcla de propano butano (GLP), limitando un consumo de gas combustible de excelente poder calorífico que podrían tener mezclas de metano, etano y propano y que tendrían, un precio mucho menor por su fácil disponibilidad y por un requerimiento tecnológico menor para su elaboración en los campos del Oriente.

Los sitios de obtención de GLP en el país son dos: en la Refinería de Esmeraldas mediante los procesos de destilación atmosférica, de cracking catalítico de gasóleos y de la reformación de naftas del crudo extraído en los campos de EL Libertador y de Shushufindi en el oriente; y finalmente en la Refinería La Libertad con procesos de separación y lavado cáustico del gas extraído en los campos de Ancón en la costa. La producción total de estos sitios es de alrededor de 650 toneladas/día.

La oferta y la demanda nacional interna de GLP en los años 2002 y 2003, así como la diferencia, la que se estima se comercializa como contrabando, se especifica en la tabla 1.

Tabla 1: Oferta y Demanda de GLP 2002 y 2003

<b>INDICADORES</b>	<b>AÑO 2002</b>	<b>AÑO 2003</b>
Oferta Nacional GLP (Kg)	721.933.718	785.907.515
Demanda Nacional GLP (Kg)	660.491.885	673.701.723
Diferencia	61.441.883	112.205.792

Las propiedades más importantes del GLP y de sus dos componentes fundamentales se exponen en tabla 2.

Tabla 2: Propiedades Físicas del GLP y  
sus componentes Propano y Butano

<b>NOMBRE</b>	<b>PROPANO</b>	<b>BUTANO</b>	<b>MEZCLA 70-30</b>
Fórmula Química	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-
Gravedad Específica (Líquido)	0.508	0.584	0.531
Gravedad Específica (vapor)	1.522	2.006	1.667
Temperatura de Ebullición	- 42.1 °C	- 0.5 °C	- 162.2 °C
Temperatura Máxima de la Llama	1925 °C	1895 °C	1916°C
Limites de Inflamabilidad (%en aire gas)	Sup. 9.5 Inf. 2.4	8.4 1.9	9.2 2.2
Aire para la Combustión	24 x 1	31 x 1	26 x 1
Poder Calorífico	47,659	46,768	47,392
BTU/Kg (líquido)	24,238	27,432	25,196
BTU/litro (líquido)	6,105	6,910	6,347
Kcal/litro (líquido)	91,000	119,000	99,000
BTU/m <sup>3</sup> (vapor)	23,000	30,000	25,000
Kcal/ m <sup>3</sup> (vapor)			
Metros Cúbicos de Vapor por Galón del Líquido	1.032	0.900	0.99
Litros de Vapor por Litro de Líquido	272.72	237.93	262

## 1.2 Usos y aplicaciones del GLP.

Dentro de las principales ventajas que tiene el uso del GLP sobre otros combustibles, se deben mencionar: limpieza, economía, alto poder calorífico, fácil manejo y transporte, seguridad en su uso, razones por las cuales el uso del GLP es cada vez mayor en el ámbito industrial, comercial y doméstico.

En el sector industrial, se destaca el uso del GLP en: metal-mecánica, cerámica, industria alimenticia, textil, cría de aves, galvanizado, laboratorio, agricultura, etc. Las aplicaciones más importantes en este sector se dan en:

- Hornos estacionarios y continuos.
- Calderas
- Equipos de corte y soldadura de metales.
- Quemadores industriales.
- En sopletes y mecheros.
- Secadoras.
- Incubadoras.
- Incineradores y crematorios.
- Montacargas y vehículos.
- Como propelente en reemplazo del freón.

En el sector comercial, se destaca el uso del GLP en: Panaderías, locales de expendio de alimentos, lavanderías, etc. Las aplicaciones más importantes en este sector se dan en:

- Hornos.
- Secadoras de ropa.
- Cocinas industriales.
- Calentadores (Self service).

En el sector doméstico, se destaca el uso del GLP en: viviendas unifamiliares, viviendas multifamiliares, edificios, piscinas, saunas, etc.

Las aplicaciones más importantes en este sector se dan en:

- Cocinas.
- Secadoras de ropa.
- Calentadores de agua.
- Calefactores.
- Calderos.
- Lámparas.

### **1.3 Futuro de uso del GLP en las instalaciones domiciliarias ecuatorianas.**

Se entiende por instalación domiciliaria al conjunto de aparatos, dispositivos y accesorios encargados de recibir, almacenar, distribuir y controlar el GLP en edificaciones de uso residencial.

El sistema que la gran mayoría de consumidores en el país usan para el abastecimiento de GLP, es por medio de cilindros metálicos que contienen 15 Kg de GLP en estado líquido, los mismos que se conectan directamente al equipo doméstico. La norma NTE INEN 2260:99, en su alcance, excluye a este tipo de instalación, y no la considera como instalación para GLP en edificaciones de uso residencial (14).

Las ventajas de usar una instalación domiciliaria para el consumo de GLP son:

- El diseño de la instalación domiciliaria se hace considerando el consumo probable de los aparatos, la capacidad de vaporización, y el tiempo de cambio o llenado del o de los tanques, sean estos fijos o estacionarios, con lo que se espera que el consumo del GLP en el tanque sea lo más eficiente, y el residuo en el mismo sea inferior a otros métodos de abastecimiento.
- Si se añade el uso de contadores (medidores de consumo), el consumo que debe cancelar el cliente es cien por ciento real y no cancelará residuos de GLP en los tanques.
- La comodidad al no tener que transportar cilindros a cada aparato de consumo.
- El ahorro del espacio, ya que generalmente la ubicación del o de los tanques se lo realiza en un lugar externo.

- Se mejora la estética del lugar donde están los aparatos de consumo, se elimina la presencia de cilindros sucios y oxidados como son generalmente en nuestro medio.
- La despreocupación por parte del usuario del abastecimiento de GLP en tanques, del mismo que se encarga la empresa proveedora.
- La entrega de GLP es directa, entre la empresa Comercializadora y el cliente, eliminando los intermediarios.
- Contar con una reserva adicional de GLP, en caso de problemas en el despacho de GLP (paros, derrumbes, situaciones políticas).

Estas ventajas y más, han hecho que exista un creciente interés por las instalaciones domiciliarias en Ecuador.

El mayor número de instalaciones domiciliarias en Ecuador, se encuentran en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca, ejecutadas en su mayoría por las principales empresas comercializadoras de GLP, como son: Duragas, Agip, y Congas. Las que atienden a un mercado de clase media alta, debido al costo inicial elevado de la inversión en proyectos de urbanizaciones, edificios o viviendas.

En la ciudad de Loja, la empresa comercializadora Lojagas es la única que actualmente atiende instalaciones domiciliarias con tanques móviles. Esta empresa ocupa el 70% de las ventas en la ciudad de

Loja con aproximadamente 1300 Toneladas mensuales de GLP, de las cuales solo el 1% se destina en las instalaciones domiciliarias, con una proyección en este año de alcanzar el 2%.

La creciente tendencia en la ciudad de Loja a la construcción de urbanizaciones cerradas, bloques multifamiliares, y al interés del gobierno seccional en este tipo de proyectos, obliga a las empresas involucradas en el área de GLP a preparar proyectos que garanticen eficiencia y seguridad a los clientes.

## **CAPITULO 2**

### **2. NORMATIVA LEGAL EXISTENTE REFERENTE A LAS INSTALACIONES CENTRALIZADAS Y DE CILINDROS DE GLP.**

Una norma es una especificación técnica o de gestión, es un documento preciso y autorizado con los criterios necesarios para asegurar que un material, producto o procedimiento cumple de conformidad con el propósito con el que fue concebido. Se basa en los resultados de la experiencia y el desarrollo tecnológico. La normalización establece respecto a problemas actuales o potenciales, disposiciones dirigidas a la obtención del nivel óptimo de orden.

#### **2.1 Requisitos Oficiales.**

La Constitución Política de la República del Ecuador, establece en sus artículos las funciones que le corresponden al Estado en materia de hidrocarburos.

A continuación se realizará una breve descripción de la normativa actual en instalaciones centralizadas y de cilindros.

En el Registro Oficial N° 313 del 8 de Mayo de 1998, se publicó el Acuerdo Ministerial 116 sobre el “Reglamento técnico para la comercialización del gas licuado del petróleo” (8). El Acuerdo 116, es en sí, una serie de reglamentos que se deben aplicar a la construcción y montaje de plantas envasadoras y de almacenamiento. Contiene las normas de instalación, características técnicas, pruebas técnicas y forma de operación que deben cumplir los equipos que integran una planta de envasado o centro de almacenamiento, como son:

- Tanques fijos de almacenamiento de GLP
- Tuberías, válvulas y accesorios
- Bombas y Compresores
- Instalaciones de carga y descarga de GLP al granel
- Plataforma de envasado
- Centros de almacenamiento (centros de acopio, depósitos de distribución)
- Instalaciones eléctricas
- Sistemas contra incendio.
- Autotanques (vehículo cisterna)
- Vehículos para transporte de GLP en cilindros
- Bombas y compresores de autotanques.

En el capítulo IV de este reglamento, se hace referencia a las “Instalaciones para consumo del GLP”. Se da la definición de las “instalaciones domésticas” (Art. 31) y de las “instalaciones no domésticas” (Art. 32).

**Las instalaciones domésticas son las que van del artefacto de quema conectado directamente al cilindro con su respectivo conjunto técnico (regulador, manguera) a no más de 1.50 metros de longitud en la manguera. Las instalaciones no domésticas, son las que podrán operar mediante tanques fijos o con cilindros de 45 Kg, utilizarán el conjunto técnico industrial autorizado por el INEN. Los tanques fijos cumplirán con los requisitos técnicos establecidos en el presente Reglamento para los tanques de las plantas de almacenamiento y envasado.**

El Acuerdo Ministerial N° 209 sobre las “Disposiciones para la comercialización de gas licuado de petróleo a través de instalaciones centralizadas” (9). Hace referencia a los pasos y obligaciones que deben seguir las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, para calificar como comercializadoras del gas licuado de petróleo dedicadas al abastecimiento de GLP a través de instalaciones centralizadas y poder realizar proyectos de este tipo. Este Acuerdo, también informa sobre cual debe ser el procedimiento para la aprobación y ejecución de los proyectos de instalaciones centralizadas. Indica que mientras el INEN elabora la respectiva norma, “se aplicarán las normas técnicas nacionales INEN, que fueren procedentes e internacionales aplicables”.

## 2.2 Normas INEN.

“El Instituto Ecuatoriano de Normalización por sus siglas INEN, es el organismo oficial de la República del Ecuador para la normalización, certificación y metrología a nivel nacional e internacional”.

El INEN ha elaborado la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2260:99 sobre “Instalaciones para gas combustible en edificaciones de uso residencial, comercial o industrial. Requisitos (14)”.

Adicional a la norma NTE INEN 2260:99, existen otras normas INEN de importancia que se deben tomar en consideración para el correcto desarrollo de las instalaciones centralizadas.

- “Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 111:98. Cilindros de acero para gas licuado de petróleo “GLP”. Requisitos e inspección”.
- “Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 117:75. Roscas ASA para tuberías y accesorios. Especificaciones”.
- “Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 440:84. Colores de identificación de tuberías”.
- “Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 885:00. Artefactos domésticos a gas licuado de petróleo (GLP). Mangueras flexibles de conexión. Requisitos”.

- “Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0886:85. Artefactos domésticos a gas (GLP). Boquillas de acople para mangueras. Requisitos dimensionales”.
- “Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1536:98. Prevención de incendios. Requisitos de seguridad de plantas de almacenamiento y envasado de gas licuado de petróleo (GLP)”.
- “Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1682:98. Reguladores de baja presión para gas licuado de petróleo (GLP). Requisitos e inspección”.
- “Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2124:98. Uso e instalación de calentadores de agua a gas de paso continuo y acumulativo”.
- “Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2187:99. Calentadores de agua a gas para uso doméstico. Requisitos e inspección”.
- “Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2259:00. Artefactos de uso doméstico para cocinar, que utilizan combustibles gaseosos. Requisitos e inspección”.

### **2.3 Normas Internacionales de Referencia.**

Al ser el campo de las instalaciones centralizadas relativamente nuevo en nuestro país, en lo referente a la normativa técnica que se requiere para este tipo de instalaciones tanto domiciliarias como industriales, la norma principal NTE INEN 2260:99 sobre instalaciones para gas combustible, no describe de una forma detallada los requerimientos

técnicos para este tipo de instalaciones. El Acuerdo N° 209, en la tercera disposición transitoria, dispone que: “mientras el INEN elabora la respectiva normativa técnica, se aplicarán las normas técnicas nacionales INEN, que fueren precedentes e internacionales aplicables”. Es así que, se hacen necesarias la aplicación de normas internacionales que permitan instalaciones con calidad y seguridad, sin olvidar el avance tecnológico.

Considerando el prestigio y experiencia en el tema, dentro de las normas internacionales mas destacadas tenemos:

### **2.3.1 NORMAS NFPA**

La NFPA es una organización norteamericana reconocida internacionalmente que desarrolla normas para proteger gente, su propiedad y el medio ambiente del fuego. Dentro de las normas NFPA la más importantes referente a las instalaciones con GLP son:

- Norma NFPA 13 (Instalación de Sistemas de Rociadores):  
Norma destinada al diseño y construcción de sistemas de rociadores, considerados como el método más efectivo de protección contra incendios.
- Norma NFPA 54 (Código Nacional del Gas Combustible):  
Brinda los criterios generales referente a la instalación y

operación de las instalaciones de gas de combustible por tuberías y aparatos en aplicaciones residenciales, comerciales y industriales.

- Norma NFPA 58 (Norma para el Almacenamiento y Manejo de Gases Licuados de Petróleo): Constituye la fuente más confiada para requisitos de seguridad a través de la industria. Se aplica en la transportación de GLP en las carreteras y al diseño, construcción, instalación y operación de todos los sistemas de GLP.

### **2.3.2 CÓDIGOS ASME**

ASME es la mayor y más prestigiosa de las asociaciones de Ingenieros Mecánicos del mundo y tiene un sinnúmero de publicaciones y entre las relacionadas con gas tiene los siguientes códigos:

- Código ASME B31.8: “Transmisión y distribución de gas por sistemas de tuberías”.
- Código ASME Sección VIII, División 1: Trata sobre el diseño, fabricación e inspección de recipientes sujetos a presión.

### 2.3.3 NORMAS UNE

Son las Normas Nacionales de España, aprobadas por AENOR. Referente a las instalaciones de gas, dentro de estas Normas tenemos:

- UNE 19-009/1: “Roscas para tubos en uniones con estanqueidad en las juntas. Medidas y tolerancias”.
- UNE 19-040: “Tubos roscables de acero de uso general. Medidas y masas. Serie Normal”.
- UNE 19-046: “Tubos sin soldadura roscables. Características”,
- UNE 19-049: “Tubos de acero inoxidable para instalaciones interiores de agua fría y caliente”.
- UNE 19-152: “Bridas. Medidas de acoplamiento para presiones nominales 1 a 6”.
- UNE 19-153: “Bridas. Medidas de acoplamiento para presiones nominales 10 a 16”.
- UNE 19-282: “Bridas sueltas con anillo. Para presión nominal 6”.
- UNE 19-283: “Bridas sueltas con anillo. Para presión nominal 10”.
- UNE 19-679: “Condiciones generales que deben cumplir las llaves para combustibles gaseosos maniobradas

manualmente, a presiones de servicio de hasta 5 Kgf/cm<sup>2</sup>, en instalaciones interiores”.

- UNE 19-680: “Llaves metálicas de macho cónico para combustibles gaseosos a presión de servicio de hasta 0,2 Kgf/cm<sup>2</sup>, accionadas manualmente para instalaciones interiores”.
- UNE 19-727: “Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Clasificación de los materiales utilizados en la construcción”.
- UNE 37-141: “Cobre C-1130. Tubos redondos de precisión, estirados en frío, sin soldadura, para su empleo con manguitos soldados por capilaridad. Medidas, tolerancias, características mecánicas y condiciones técnicas de suministro”.
- UNE 37-202: “Tubos de plomo”.
- UNE 53-333: “Plásticos. Tubos de polietileno de media y alta densidad para canalizaciones enterradas de distribución de combustibles gaseosos. Características y métodos de ensayo”.
- UNE 53-539: “Elastómeros. Tubos flexibles no metálicos para conexiones a instalaciones y aparatos que utilicen combustibles gaseosos de la 1a, 2a y 3a familia. Características y métodos de ensayo”.

- UNE 53-591: “Elastómeros. Materiales para juntas anulares de goma usadas en tuberías y accesorios para suministro de combustibles gaseosos de la primera y segunda familia. Características y métodos de ensayo”.
- UNE 60-002: “Clasificación de los combustibles gaseosos en familias UNE 60-490 Centralización de contadores tipo G hasta 10 m<sup>3</sup>/h de capacidad máxima mediante módulos prefabricados para gases de primera y segunda familia a baja presión”.
- UNE 60-601: “Instalaciones de calderas a gas para calefacción y/o agua caliente de potencia útil superior a 70 kW (60200 Kcal/h)”.
- UNE 60-670/1: “Instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales. Generalidades y terminología”.
- UNE 60-670/2: “Instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales. Materiales de los elementos constitutivos de la instalación receptora”.
- UNE 60-670/3: “Instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales. Reguladores de presión, ubicación e instalación”.

- UNE 60-670/4: "Instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales. Recintos destinados a la instalación de contadores".
- UNE 60-670/5: "Instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales. Recintos destinados a contener aparatos a gas. Condiciones de ventilación y configuración".
- UNE 60-670/6: "Instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales. Diseño y construcción".
- UNE 60-670/7: "Instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales. Instalaciones receptoras en locales destinados a usos colectivos o comerciales, requisitos complementarios".
- UNE 60-670/8: "Instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales. Disposiciones especiales para instalaciones receptoras en edificios ya construidos".
- UNE 60-670/9: "Instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales. Pruebas para la entrega de la instalación receptora".

- UNE 60-670/10: “Instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales. Puesta en disposición de servicio”
- UNE 60-670/11: “Instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales. Instalación, conexión y puesta en marcha de aparatos a gas”.
- UNE 60-670/12: “Instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales. Operaciones en instalaciones que estén en servicio”.
- UNE 60-670/13: “Instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales. Criterios técnicos para la revisión de las instalaciones receptoras de gas en baja presión (BP), media presión A (MPA), media presión B (MPB), la conexión y los locales de ubicación de los aparatos a gas”.
- UNE 60-708: “Llaves metálicas de obturador esférico accionadas manualmente para instalaciones receptoras que utilizan combustibles gaseosos a presiones de servicio hasta 0,5 M Pa (5 bar)”.
- UNE 60-712: “Tubos flexibles no metálicos, con armadura y conexión mecánica para unión a instalaciones receptoras y/o aparatos que utilizan combustibles gaseosos”.

- UNE 60-713: “Tubos flexibles de acero inoxidable con conexiones para conducción de combustibles gaseosos a media presión A (0,4 bar) de longitud máxima 2 m”.
- UNE 60-714: “Boquillas torneadas para la conexión de tubos flexibles destinados a conducir combustibles gaseosos a baja presión de la primera, segunda y tercera familia”.
- UNE 60-722: “Productos de estanqueidad no endurecibles para uniones roscadas en instalaciones domésticas de combustibles gaseosos”.
- UNE 60-725: “Productos de estanqueidad endurecibles para uniones roscadas en grifería y aparatos que utilizan combustibles gaseosos”.

#### **2.3.4 NORMAS NOM**

En relación a las instalaciones para GLP, la Norma Oficial Mexicana más importante es la NOM 069-SCFI que a continuación se describe, las demás Normas indicadas son complementarias a la anterior.

- NOM 069-SCFI: “Instalaciones de Aprovechamiento para GLP”. Establece las especificaciones técnicas y de seguridad mínimas que deben cumplir el diseño, y la construcción de las instalaciones para aprovechamiento del GLP, así como los métodos de prueba para las mismas, en sus clasificaciones.

- NOM 014-SCFI: “Medidores de desplazamiento positivo tipo diafragma para gas natural o GLP. Con capacidad máxima de 14m<sup>3</sup> con caída de presión máxima de 0,1254 KPa”.
- NOM 018/1-SCFI: Recipientes portátiles para contener GLP. No expuestos a calentamiento por medio artificiales. Fabricación
- NOM 018/2-SCFI: “Recipientes portátiles para contener GLP. Válvulas”.
- NOM 018/3-SCFI: “Distribución y consumo de GLP. Recipientes portátiles y sus accesorios, cobre y aleaciones. Conexión integral (Cola de cochino) para uso de GLP”.
- NOM 018/4-SCFI: “Distribución y consumo de GLP. Recipientes portátiles y sus accesorios, reguladores de baja presión para GLP”.
- NOM 021/1-SCFI: “Recipientes sujetos a presión no expuestos a calentamientos por medios artificiales para contener GLP. Tipo no portátil requisitos generales”.
- NMX-L-1: “Gas Licuado de Petróleo”.
- NMX-B-10: “Productos siderúrgicos, tubos de acero al carbono con o sin costura, negros o galvanizados por inmersión en caliente para usos comunes”.
- NMX-H-22: “Conexiones roscadas de hierro maleable clase 1,03 MPa (150 PSI) y 2,07 MPa (300PSI)”.

- NMX-W-18: “Cobre. Tubos sin costura para conducción de fluidos a presión”.
- NMX-43: “Tubos de polietileno para conducción de gas natural y gas licuado de petróleo”.
- NMX-W-101: “Cobre. Conexiones Forjadas-Soldables”.
- NMX-X-002: “Latón. Conexiones roscadas”.
- NMX-X-004: “Calidad y funcionamiento de conexiones utilizadas en las mangueras que se emplean en la conducción de gas natural y GLP”.
- NMX-X-006: “Indicadores de nivel de GLP y amoniaco anhídrido”.
- NMX-X-25: “Calidad para válvulas de llenado para uso de recipientes tipo no portátil. Para GLP”.
- NMX-X-026: “Reguladores de baja presión con válvula para acoplamiento directo”.
- NMX-X-029: “Mangueras con refuerzo de alambre o fibras textiles”.
- NMX-X-031: “Instalaciones de gas natural o GLP. Vapor y aire. Válvulas de paso”.
- NMX-X-051: “Calidad y funcionamiento para válvulas de servicio en líquidos o vapores con tubo de profundidad de máximo llenado en recipientes para GLP. Tipo no portátil”.

## **CAPITULO 3**

### **3. CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO MILLENIUM.**

El sitio donde se proyecta la construcción de los bloques multifamiliares denominados Millenium, se ubica en la parte sur-oriental de la ciudad de Loja, en la calle 24 de mayo entre Mercadillo y Olmedo, como se indica en el plano 1, apéndice A.

La construcción consiste de dos bloques de idénticas características; cada bloque tiene una planta baja que servirá como estacionamiento, cuarto de ubicación del sistema eléctrico, cuarto de clasificación de la basura y vivienda del guardia. En esta planta se deberá seleccionar la posible ubicación del tanque estacionario, desde el cual se abastecerá de GLP a los artefactos domésticos que funcionen con este combustible, plano 2, apéndice B.

Los bloques constan de cuatro pisos, distribuidos dos apartamentos por piso en cada bloque. Cada apartamento consta de sala-comedor, tres

dormitorios, dos baños, cocina y patio de lavandería, el total de apartamentos es de dieciséis, planos 3,4,5, apéndices C,D,E.

El área que ocupan las diferentes plantas se exponen en la tabla 3:

Tabla 3: Area de las plantas

<b>DESCRIPCION</b>	<b>AREA EN m<sup>2</sup></b>
Area total del terreno	616.10 m <sup>2</sup>
Area planta baja	103.00 m <sup>2</sup>
Area planta tipo (4 plantas)	388.00 m <sup>2</sup>
<b>Total de Construcción</b>	<b>1655.00 m<sup>2</sup></b>

Las especificaciones generales de los materiales que se usarán en la construcción de los bloques, se exponen en la tabla 3.

Tabla 4: Especificaciones Generales de los Materiales

<b>RUBRO</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b>
Paredes	Mampostería de bloque
Cubierta	Loza de HA
Estructura de cubierta	Novalosa

Tabla 4: Especificaciones Generales de los Materiales

<b>RUBRO</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b>
Loza	Hormigón armado
Enlucidos	Cemento
Revestimientos	Pasteado
Contrapisos (Int.)	Ho simple
Pisos - baños	Cerámico
Pisos	Parquet cerámica
Cielos rasos	Estuco
Puertas (Int.)	Madera guayacán
Ventanas	Aluminio y vidrio
Gradas estructura	Hormigón armado
Gradas revestimiento	Resanteado de cemento
Pasamanos	Madera
Mesones	Loseta Ho Ao
Mesones revestimiento	Granillo
WC. Tanque bajo	Cerámica
Lavamanos	Cerámica
Entrepisos	Novalosa
Instalaciones	Empotradas

# CAPITULO 4

## 4. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN CENTRALIZADA

### 4.1 Cálculo de requerimientos.

El sistema centralizado de GLP servirá en cada uno de los apartamentos a tres equipos domésticos que funcionan con GLP, estos son: una cocina de cuatro hornillas con horno, una secadora de ropa y un calentador de agua instantáneo de 8 lt/min de capacidad.

Cada equipo está fabricado para funcionar con una determinada familia de gases, en nuestro caso el GLP pertenece a los gases de la tercera familia<sup>1</sup>

Cada equipo doméstico que funciona con GLP como combustible, está

---

<sup>1</sup>Generalmente, a los gases se los clasifica en tres grupos: primera, segunda y tercera familia. Los gases de la tercera familia son los formados por butano y propano como productos derivados de la destilación del petróleo.

diseñado para hacerlo con un caudal determinado de GLP, o en otras palabras, el GLP deberá entregar cierta cantidad de calor en función del tiempo para lograr el resultado requerido. Generalmente el requerimiento de GLP ya sea en volumen o en calor por unidad de tiempo, lo da el fabricante en la placa del equipo.

#### 4.1.1 Consumo Total Nominal

El consumo total nominal, se determinará por la sumatoria del valor de consumo de todos los equipos de gas a ser servidos, dados por el fabricante (2).

Los consumos nominales aproximados de los equipos domésticos que funcionan con GLP y que se ubicarán en cada apartamento se exponen en tabla 5:

Tabla 5: Consumo aproximado de gas en los equipos  
(Tomado de referencia [7])

<b>EQUIPO</b>	<b>CONSUMO Aprox Kg/h (kW)</b>
Cocina cuatro hornillas con horno	1.4 (19.05)
Secador de ropa	0.74 (10.27)

Calentador de agua automático de 8 lt/min.	3.0 (41.85)
-----------------------------------------------	-------------

Si designamos al consumo total nominal como  $C_{TN}$  dado en kg/h,  $E_i$  al consumo nominal unitario de los equipos expresados en Kg/h,  $N_i$  al número de equipos que se usarán, tenemos la siguiente expresión para el cálculo del Consumo Total Nominal.

$$C_{TN} = \sum_{i=1}^{\infty} E_i \times N_i \quad 4.1$$

#### 4.1.2 Consumo Probable

Para efectos de cálculos, el uso del Consumo Total Nominal sobredimensionaría la instalación centralizada, en la práctica se debe emplear un factor de diversidad ( $f_d$ ) considerando que (10): no todos los quemadores y equipos están encendidos al mismo tiempo (factor de simultaneidad de los aparatos  $f_a$ ), no todos los equipos de los usuarios funcionan al mismo tiempo (factor de simultaneidad de casas  $f_c$ ), y no todas las casas prenden todos sus equipos a la misma hora (factor de saturación de consumo  $f_s$ ).

Así que el factor de diversidad es el producto entre:

$$f_d = f_a \times f_c \times f_s \quad 4.2$$

Los valores de los diversos factores se han determinado por análisis estadísticos de consumo, de esta forma tenemos:

$$\begin{array}{ll} f_a = 80\% & \\ f_c = 70\% & f_d = 0.8 \times 0.7 \times 0.9 \\ f_s = 90\% & f_d = 0.504 \end{array}$$

El “Consumo Probable” al que llamaremos  $C_p$  dado en kg/h, resulta del producto del consumo total nominal ( $C_{TN}$ ) por el factor de diversidad ( $f_d$ ) (25).

$$\begin{array}{l} C_p = C_{TN} \times f_d \\ C_p = C_{TN} \times 0.504 \end{array} \quad 4.3$$

## 4.2 Cálculo y dimensionamiento del tanque de almacenamiento

### 4.2.1 Autonomía de almacenamiento

Se conoce por “Autonomía de Almacenamiento” al tiempo mínimo en el que el tanque ya sea este fijo o móvil, se encuentra funcionando normalmente, sin que en los mismos se efectúe recarga de GLP o cambio de tanques en el caso de que estos sean móviles (25).

Para considerar el tiempo de autonomía adecuado se debe considerar:

- El tiempo de consumo de cada uno de los equipos que funcionarán con el tanque.
- La capacidad máxima de llenado y la capacidad mínima de GLP que debe quedar en los tanques.
- El número de días que deberá transcurrir entre cada recarga.

Por las consideraciones anteriores, en un sistema centralizado de GLP para el sector doméstico es conveniente una autonomía de mínimo entre 15 y 20 días, esto por motivos de productividad de las empresas abastecedoras.

Para el cálculo de la Autonomía, normalmente se considera que el tanque por norma de seguridad solo debe llenarse hasta el 85% de su capacidad total, y que la mínima cantidad de GLP aprovechando al máximo la capacidad del tanque sea al 20% (17), de modo que, más abajo de este punto la vaporización puede resultar ineficiente. Elegir un nivel mínimo de GLP en el tanque mayor al 20%, puede que disminuya la capacidad del tanque, en consecuencia un menor costo, pero al mismo tiempo disminuyen los días de autonomía. La capacidad en kilogramos de GLP al 85%, generalmente lo da el fabricante del tanque.

Es común usar el 85%<sup>2</sup> como capacidad máxima de llenado del tanque con GLP en estado líquido, esto se debe a que al llenarlo a un porcentaje mayor, se corre el riesgo de que en un aumento de la temperatura externa, por consiguiente aumento de la temperatura del GLP en el tanque, puede llegar el GLP en estado líquido a ocupar todo el volumen del tanque, ocasionando que salga GLP en fase líquida, lo cual resultaría extremadamente peligroso.

Para estimar la autonomía se usará la siguiente fórmula:

$$A = \left( \frac{\text{Capacidad del tanque al 85\%} \times (85 - \% \text{ mín. GLP})}{\text{Consumo de los equipos} \times 85} \right) \quad 4.4$$

Donde, la autonomía A se expresa en días, la “Capacidad del tanque al 85%” dado en Kg, el “% mín. GLP” es el porcentaje mínimo de GLP que se desea que exista en el tanque y el “Consumo de los equipos” en Kg/día.

---

<sup>2</sup>Para una mayor exactitud en el cálculo del porcentaje de llenado máximo de los recipientes con GLP, referirse al apéndice F.

#### 4.2.2 Vaporización natural de los depósitos

La totalidad de los equipos domésticos que funcionan con GLP usan este combustible en estado gaseoso. Cuando sale GLP en fase gaseosa desde un recipiente, la presión en su parte interior disminuye. Para compensar esta caída de presión el GLP líquido que se encuentra en el recipiente entra en ebullición y se transforma en vapor. El proceso de ebullición del GLP es endotérmico, es decir, necesita calor para que el mismo ocurra, es el llamado calor latente de vaporización<sup>3</sup> (17).

El calor que requiere el GLP para la vaporización lo cede el entorno por convección y radiación a la cara externa del recipiente y, a través de aquella, por conducción al GLP. La zona del depósito en contacto con la zona de vapor no se considera porque el calor absorbido por esta zona es muy poco. La superficie del recipiente en contacto con el líquido se conoce como “zona mojada”.

En consecuencia, cuando el calor que se necesita para poder

---

<sup>3</sup>Calor latente de vaporización, cuando se produce el cambio de fase líquida a gaseosa, los efectos del calor que acompañan a los cambios de presión constante no presentan cambios en la temperatura de la sustancia.

vaporizar el GLP líquido es insuficiente, el líquido dentro del recipiente empieza a enfriarse, la temperatura dentro de el disminuye y la humedad del aire en contacto con las paredes del recipiente se congela en consecuencia la vaporización decrece. Este fenómeno indica que se deberá aumentar la capacidad del recipiente o inducir la vaporización entregando más calor.

En conclusión, la capacidad de vaporización de un recipiente que contiene GLP, es directamente proporcional a:

- La superficie total del tanque
- La temperatura del medio que rodea el tanque
- El porcentaje de GLP en el recipiente
- La velocidad del viento

Es inversamente proporcional a:

- La presión relativa de salida del tanque.

Si designamos como  $V$  a la vaporización del tanque dado en Kg/h,  $D$  al diámetro exterior del tanque en metros,  $L$  al largo total del tanque en metros,  $K$  es una constante que depende del porcentaje de volumen de líquido en el recipiente,  $f$  es un factor dependiente de la temperatura prevaleciente del aire, tenemos

la siguiente expresión para el cálculo de la Vaporización del tanque (7):

$$V = \frac{D \times L \times K \times f}{30.57} \quad 4.5$$

Los valores correspondientes al factor K y a f se exponen en la tabla 6 y tabla 7, respectivamente:

Tabla 6: Constante K según porcentaje de volumen de líquido en el recipiente (7)

Porcentaje de Líquido en el recipiente	Valor de K
60	100
50	90
40	80
30	70
20	60
10	45

Tabla 7: Constante f según temperatura del medio ambiente

Temperatura del Medio ( °C)	f
-7	2
-4	2,25
-1	2,50
2	2,75

Temperatura del Medio ( °C)	f
4	3
7	3,25
10	3,50
13	3,75
16	4
18	4,25
21	4,5

La ecuación 4.5, se usa generalmente para el cálculo de la vaporización en tanques fijos. Mas adelante se explicará porqué en el país solo el cilindro que lleva 45 Kg de GLP se usa en instalaciones domiciliarias, para el cálculo del valor correspondiente a la vaporización de cilindros de 45 Kg de capacidad se usará la tabla 8.

Tabla 8: Vaporización de un cilindro de 45 kg

(Según su contenido)

Kgs. De gas en el interior del cilindro de 45 Kg.	CAPACIDAD DE VAPORIZACION			
	a 15°C		a 21°C	
	Kcal/h	Kg/h	Kcal/h	Kg/h
45	68000	5.7	75000	6.3
21	37000	3.1	40000	3.4
10	22000	1.8	25000	2.1
5	15000	1.3	17000	1.4

Otra manera de calcular la vaporización de los depósitos, es por medio de los “diagramas de vaporización” dados por los fabricantes de los depósitos, para el uso de estos se requiere conocer: la presión relativa de servicio, la temperatura externa, el porcentaje de llenado y la superficie del recipiente. En el apéndice H se expone un diagrama para el cálculo de la vaporización (25).

#### **4.2.3 Sistemas de tanques móviles**

Los tanques móviles llamados comúnmente cilindros, son recipientes utilizados para almacenar y transportar gas combustible, cuya capacidad volumétrica total no exceda de 0,11 m<sup>3</sup> de contenido de agua (45 kg. de gas combustible), y que por su tamaño y peso permite ser transportado manualmente con cierta facilidad. Estos recipientes deben ser llenados únicamente en las plantas envasadoras (8).

En el país se usan dos tipo de cilindros, el de 15 Kg y el de 45 Kg de capacidad. El de 15 Kg la norma INEN 2260 lo excluye para el uso en las instalaciones de gas licuado de petróleo tanto domiciliarias, comerciales e industriales. Este se considera para ser instalado únicamente a un solo equipo y de uso residencial (14).

A continuación se describen los elementos que conforman el cilindro de 45 Kg, en el apéndice I se puede apreciar las partes constitutivas del cilindro de 45 Kg de capacidad.

- Asa o Aro de protección: este elemento tiene la finalidad de proteger a la válvula y va soldado al casquete superior del cilindro.
- Portaválvulas: Sirva para alojar a la válvula del cilindro, tiene un agujero interno roscado de diámetro  $\frac{3}{4}$ " , 14 hilos NPT. Va soldado en el agujero del casquete superior.
- Cuerpo: Formado por tres partes de acero, un cuerpo cilíndrico central con una costura longitudinal, un casquete superior y un casquete inferior. Los tres elementos se unen mediante cordones de soldadura.
- Base: Es un anillo de acero que se ubica en la parte baja del cilindro, soldado en el casquete inferior. Su función es sustentar la estabilidad del cilindro, protege el contacto del fondo del cilindro con el suelo y así evitar la acción corrosiva de la humedad. La base además, recibe todo el impacto al ser bajado de los vehículos al suelo.
- Válvula de servicio: Generalmente hecha de una aleación de bronce, esta compuesta por un maneral que permite el cierre o abertura de la válvula permitiendo el paso del GLP, consta de una válvula de alivio que se abre en caso de sobre presión

(26.4 Kg/cm<sup>2</sup>) permitiendo el desalojo del gas, la rosca de unión al portaválvulas del cilindro es una rosca macho ¾" NPT. Para un mayor detalle referirse a la figura del apéndice J, válvula para cilindro de 45Kg.

#### **4.2.4 Sistemas de tanque fijo**

Tanque fijo o estacionario es el recipiente que por su capacidad volumétrica total, su tamaño y peso, debe permanecer fijo en el lugar de emplazamiento, no cambiará su situación, condición o lugar. Los tanques estacionarios para uso domiciliario vienen en capacidades desde 0.3, 0.5, 1, 2, 2.8, 4, 5 y 7 m<sup>3</sup>. Capacidades mayores se usan generalmente en instalaciones industriales o plantas de envasado.

Estos son llenados en el sitio, por esta razón tienen una serie de accesorios que brindan seguridad, protección y servicio. En un tanque tipo estacionario como el que se indica en el apéndice K, plano 7, generalmente se destacan los siguientes elementos:

- El cuerpo y casquetes: Es un cilindro de acero con una costura longitudinal de soldadura, cerrado mediante soldadura con dos casquetes ubicados en los extremos.
- Soportes o patas: Son cuatro piezas de metal soldadas bajo el cuerpo del tanque, destinadas a mantener su estabilidad,

aislar el tanque del contacto con el piso protegiéndolo de la corrosión.

- Capuchón de protección: Es una pieza que permite la protección de los accesorios que se ubican en la parte superior del tanque, contra la lluvia, golpes, intromisión.
- Conexiones: Destinadas para la instalación de los diferentes accesorios, entre las conexiones más comunes tenemos: entrada de líquido, válvula de llenado, válvula de salida de líquido y válvula de seguridad.

#### 4.2.5 Dimensionamiento

Para dieciséis apartamentos, utilizando la ecuación 4.1 y los valores de la tabla 5, se calcula el “Consumo Total Nominal”:

$$C_{TN} = 1.4 \times 16 + 0.74 \times 16 + 3.00 \times 16$$

$$C_{TN} = 82.24 \text{ kg/h}$$

Utilizando la ecuación 4.3, se encuentra el “Consumo Probable”:

$$C_P = 82.24 \times 0.504$$

$$C_P = 41.45 \text{ kg/h}$$

Para la vaporización (V) de un tanque fijo se usa la ecuación 4.5, por medio de la tabla 6 para un porcentaje mínimo de líquido en el recipiente del 20% se obtienen un valor de K igual a 60, el valor del factor f se tomará de la tabla 7 considerando que el promedio de la temperatura ambiente en la ciudad de Loja está entre los 15 °C, obteniendo un valor de 4. Las dimensiones del diámetro D y de la longitud L, se tomarán de las tablas dadas por el fabricante hasta que el valor de la vaporización sea el inmediato mayor al valor obtenido en la ecuación 4.3, “Consumo Probable”.

Utilizando los valores dados por el fabricante de tanques fijos (24), según la capacidad en m<sup>3</sup>, la longitud y el diámetro externo, y por medio de la ecuación 4.5 obtenemos los diferentes valores de vaporización (V) expuestos en la tabla 9.

Tabla 9: Vaporización de tanques fijos al 20% y a 15°C

Capacidad en m <sup>3</sup> de agua	Longitud (m)	Diámetro (D)	K al 20 %	f a 15 °C	V (Kg/h)
0.5	1.18	0.76	60	4.00	7.04
1	2.23	0.76	60	4.00	13.31
2	2.35	1.07	60	4.00	19.74
2.8	3.66	1.03	60	4.00	29.60
4	4.42	1.07	60	4.00	37.13
5	4.96	1.17	60	4.00	45.56
7	6.53	1.22	60	4.00	62.54

A continuación, se calcula igual que en el caso descrito anteriormente, la vaporización (V) para diferentes tipos de tanques, primero considerando un porcentaje mínimo de líquido en el recipiente del 40% se obtienen un valor de K igual a 80 (tabla 6) y el valor del factor f seguirá siendo igual a 4 (tabla 7 a 15 °C). Luego, para un porcentaje mínimo de líquido en el recipiente del 50% se obtienen un valor de K igual a 90 (tabla 6) y el valor del factor f seguirá siendo igual a 4 (tabla 7 a 15 °C). Los resultados se indican en la tabla 10 y tabla 11 respectivamente.

Un valor de porcentaje mínimo de líquido en el recipiente mayor al 50%, no sería práctico por la capacidad de GLP que quedaría sin utilizarse, por lo que no se calcula la vaporización para valores más altos al 50%.

Tabla 10: Vaporización de tanques fijos al 40% y a 15°C

Capacidad en m <sup>3</sup> de agua	Longitud (m)	Diámetro (D)	K al 40 %	f a 15 °C	V (Kg/h)
0.5	1.18	0.76	80	4.00	9.39
1	2.23	0.76	80	4.00	17.74
2	2.35	1.07	80	4.00	26.32
2.8	3.66	1.03	80	4.00	39.46
4	4.42	1.07	80	4.00	49.51
5	4.96	1.17	80	4.00	60.75
7	6.53	1.22	80	4.00	83.40

Tabla 11 Vaporización de tanques fijos al 50% y a 15°C

Capacidad en m <sup>3</sup> de agua	Longitud (m)	Diámetro (D)	K al 50 %	f a 15 °C	V (Kg/h)
0.5	1.18	0.76	90	4.00	10.56
1	2.23	0.76	90	4.00	19.96
2	2.35	1.07	90	4.00	29.61
2.8	3.66	1.03	90	4.00	44.39
4	4.42	1.07	90	4.00	55.69
5	4.96	1.17	90	4.00	68.34
7	6.53	1.22	90	4.00	93.82

La elección del tanque se debe realizar escogiendo el inmediato superior del valor del consumo probable. Según el resultado de la tabla 9, el tanque de 5 m<sup>3</sup> de capacidad nos da una vaporización de 45.56 Kg/h con un porcentaje mínimo del 20% de GLP en el tanque. Por la tabla 10, el tanque de 4 m<sup>3</sup> nos entrega una vaporización de 49.51 Kg/h con un porcentaje mínimo del 40% de GLP en el tanque. Finalmente, por la tabla 11, el tanque de 2.8m<sup>3</sup> entrega una vaporización de 44.39 Kg/h con un porcentaje mínimo del 50% de GLP en el tanque.

Para calcular los días de “Autonomía de Almacenamiento (A)” del tanque, se debe estimar el consumo de los aparatos por día que funcionarán con la instalación. Para ello consideraremos que las familias que ocuparán los apartamentos pertenecen a la

clase media y que la integran un promedio de cinco personas, por medio de datos estadísticos se obtuvo los siguientes valores de consumo al día, indicados en la tabla 12.

Tabla 12: Cálculo del consumo de kilogramos de GLP por día (familia de cinco miembros clase media)

<b>Equipo</b>	<b>Kg/mes</b>	<b>Consumo real por día (kg/día)</b>
Cocina cuatro hornillas	22.5	0.75
Calentador de agua	30.0	1.00
Secador de ropa	7.5	0.25
subtotal por apartamento:		2.00
No de Apartamentos:		16
<b>TOTAL:</b>		<b>32.00</b>

A continuación, por medio de la ecuación 4.4, el valor total de la tabla 12 y utilizando las capacidades de los tanques que obtuvieron un valor inmediato superior del “Consumo Probable” (tablas 9,10 y 11), se procede a calcular la “Autonomía de Almacenamiento”.

Considerando el tanque de 5 m<sup>3</sup> el que tiene 1986.3 Kg al 85%, con un porcentaje mínimo de GLP de 20% y el valor total de la tabla 12, tenemos:

$$A = \left( \frac{1986.3 \times (85 - 20)}{32.00 \times 85} \right)$$

$$A = 47.5 \text{ días}$$

Considerando el tanque de 4 m<sup>3</sup> el que tiene 1589 Kg al 85%, con un porcentaje mínimo de GLP de 40% y el valor total de la tabla 12, tenemos:

$$A = \left( \frac{1589 \times (85 - 40)}{32.00 \times 85} \right)$$

$$A = 26 \text{ días}$$

Considerando el tanque de 2.8 m<sup>3</sup> el que tiene 1112 Kg al 85%, con un porcentaje mínimo de GLP de 50% y el valor total de la tabla 12, tenemos:

$$A = \left( \frac{1112 \times (85 - 50)}{32.00 \times 85} \right)$$

$$A = 14.3 \text{ días}$$

Como puede apreciarse la autonomía del tanque 5 m<sup>3</sup> es muy alta (47.5 días), esta situación no favorece al propietario del sistema centralizado obteniendo un incremento en el costo del tanque y necesariamente un mayor espacio de ubicación. Así mismo, no favorece a la empresa comercializadora del GLP ya que no hará un uso eficiente del vehículo cisterna y del personal.

Los tanques de 4 y de 2.8 m<sup>3</sup>, tienen respectivamente autonomías de 26 y de 14 días, consideradas racionales. Con la finalidad de reducir el costo en la instalación de GLP, se elegirá el tanque de menor capacidad, el de 2.8 m<sup>3</sup>.

En el caso de tanques móviles (cilindro de 45 Kg), el cociente entre el “Consumo Probable” ( $C_p$ ) y la “Vaporización” ( $V$ ) del cilindro de 45 Kg seleccionado según el nivel mínimo de GLP en el cilindro (Tabla 8), nos da el “Número de cilindros requeridos” ( $N_c$ ) para el funcionamiento del sistema (2):

$$N_c = \frac{C_p}{V} \quad 4.6$$

Con el valor del “Consumo Probable” ( $C_p$ ) obtenido y el valor de la tabla 8 con un residuo en el cilindro igual a 5 Kg, el

“Número de cilindros requeridos” ( $N_c$ ) se obtiene por medio de la ecuación 4.6:

$$N_c = \frac{41.45}{1.3} = 32 \text{ cilindros de } 45 \text{ Kg.}$$

Para el cálculo de la “Autonomía” del sistema usando cilindros de 45 Kg se usa la siguiente ecuación:

$$A = \left( \frac{N_c \times 45}{\text{Consumo de los Equipos}} \right) \quad 4.7$$

Donde,  $N_c$  es el número de cilindros de 45 Kg obtenidos mediante la ecuación 4.6, y el “Consumo de los Equipos” es el valor expresado en Kg/día indicado en la tabla 12.

Reemplazando los datos en la ecuación 4.7 obtenemos:

$$A = \left( \frac{32 \times 45}{32.00} \right) = 45 \text{ días}$$

#### 4.2.6 Selección, tanque fijo o tanques móviles

Para determinar el sistema que mejor conviene, se realizará una matriz de selección considerando siete factores ( $F_i$ ) sobre

seguridad y costo del sistema, para la ponderación de la matriz se considera a los factores de seguridad como de mayor importancia:

- F1= Cantidad de GLP almacenado (20%):
- F2= Riesgo por el lugar donde se efectúa el llenado del tanque(s) (20%)
- F3= Periodo de uso antes del mantenimiento del tanque(s) (15%).
- F4= Evacuación de tanques en caso de emergencia (15%).
- F5= Costo de tanque(s) (15%)
- F6= Superficie mínima de seguridad ocupada (10%)
- F7= Residuo de GLP en el tanque(s) (5%)

Las escalas de evaluación son:

<u>Para F1</u>	<u>Para F2</u>	<u>Para F3</u>
3.- De 250 a 1000 Kg	3.- Bajo	3.- Bajo
2.- De 1000 a 2000 Kg	2.- Medio	2.- Medio
1.- De 2000 a 3000 Kg	1.- Alto	1.- Alto
<u>Para F4</u>	<u>Para F5</u>	<u>Para F6</u>
3.- Fácil	3.- De 0 a 1000 USD	3.- Baja
2.- Mediana	2.- De 1000 a 2000 USD	2.- Igual
1.- Difícil	1.- De 2000 a 3000 USD	1.- Alta

Para F7

3.- Ninguno

2.- Bajo

1.- Alto

Procedemos a analizar cada uno de los factores, de esta forma obtener la matriz de selección:

➤ F1= Cantidad de GLP almacenado (20%): Si elegimos usar un tanque fijo de 2.8 m<sup>3</sup> se tendrán almacenados inicialmente 1112 Kg al 85%. En el caso del uso de cilindros de 45 Kg se tendrán 32 cilindros en uso y 32 cilindros de reserva, dando un total 2880 Kg en cilindros llenos.

➤ F2= Riesgo por el lugar donde se efectúa el llenado del tanque(s) (20%): Los cilindros de 45 Kg se llenan con GLP en las plantas envasadoras, a diferencia de los tanques fijos que se llenan en el sitio de consumo. El llenado de tanques fijos es una operación que requiere de extremas medidas de seguridad, ya que el GLP se inyecta con alta presión desde el vehículo cisterna por medio de una bomba hacia la válvula de llenado del tanque, el GLP se encuentra en estado líquido y su escape produciría un incremento considerable de su volumen (un litro de líquido al contacto con el medio ambiente se expande en aproximadamente 262 litros de vapor [2]). Por

consiguiente mayor ventaja tiene en este punto el cilindro de 45 Kg

- F3= Periodo de uso antes del mantenimiento del tanque(s) (15%): Al tanque fijo se le debe realizar cada cinco años una prueba volumétrica y de hermeticidad (8), que determina el estado del mismo, al estar fijo en un solo sitio el tanque tiene mínimas posibilidades de raspones o abolladuras que comprometan su seguridad. En el caso de los cilindros de 45 Kg su mantenimiento se realiza en las plantas envasadoras (8), observando el cumplimiento de la norma INEN 111 (abolladuras, porcentaje de pintura deteriorada, estado de bases, asa, etc.), el hecho de tener que transportar los cilindros aumenta la posibilidad de cilindros con problemas en el mantenimiento. En este punto mayores ventajas tiene el uso de tanques fijos.
- F4= Evacuación de tanques en caso de emergencia (15%): Al estar los cilindros de 45 Kg apoyados sobre sus bases, además considerando el peso de cada cilindro (aprox. 75 Kg), la evacuación de estos es fácil en comparación con el tanque fijo.
- F5=Costo de tanque(s) (15%): Al realizar el dimensionamiento del sistema se determinó usar un tanque fijo de 2.8 m<sup>3</sup> el cual tiene en el país un costo de 2800 USD. De usarse un sistema

con cilindros de 45 Kg se requieren 64 cilindros, cada cilindro a un valor de 70 USD nos da un total de 4480 USD

- F6= Superficie mínima de seguridad ocupada (10%): Al realizar el dimensionamiento del sistema, se determinó usar un tanque fijo de 2.8 m<sup>3</sup> el que tiene un diámetro exterior de 1.03 m y una longitud entre sus extremos de 3.66 m, la norma NFPA 58 “Código del gas-LP” indica que el tanque deberá ubicarse respecto al edificio importante, vías públicas o línea de propiedad adyacente sobre la que pueda construir, a mínimo 3 m (20). De esta forma la superficie mínima de seguridad (Sm) será igual a:

$$Sm = (1.03 + 3) \times (3.66 + 3)$$

$$Sm = 7.03 \times 6.66 = 46.81m^2$$

En el caso de utilizar tanques móviles, según la norma citada anteriormente las distancias mínimas de seguridad desde los extremos de los tanques a puntos críticos, es de 3 m. El diámetro externo de un cilindro de 45 Kg es de 0.37 m, se colocarán dos filas de 32 cilindros cada una (32 de consumo y 32 de reserva) separados entre tanques 0.10 m, de esta forma la superficie mínima de seguridad es:

$$\text{Longitud de las filas} = (2 \times 0.37) + (31 \times 0.10) = 14.94 \text{ m}$$

$$\text{Ancho de las filas} = (0.37 \times 2) + 0.10 = 0.84 \text{ m}$$

$$S_m = (14.94 + 3) \times (0.84 + 3)$$

$$S_m = 17.94 \times 3.84 = 143 \text{ m}^2$$

Casi el doble de superficie que el requerido para un tanque fijo.

➤ F7 = Residuo de GLP en tanque(s) (5%): De usarse un tanque fijo, el residuo de GLP que queda en el mismo y que ya no produce la vaporización requerida no ocasiona pérdida en el usuario, ya que cancelará únicamente la cantidad de GLP que marca el vehículo cisterna al momento del llenado. De usarse cilindros de 45 Kg el residuo que quede en cada uno de los tanques móviles y que ya no se vaporizan, serán favorables a la planta envasadora y perjudicarán al cliente.

Por lo expuesto anteriormente se procede a elaborar la matriz de selección, expuesta en la tabla 13:

Tabla 13: Matriz de selección de tanque fijo o tanques móviles

	F1 20%	F2 20%	F3 15%	F4 15%	F5 15%	F6 10%	F7 5%
1.-Sistema de tanques fijos	3 60	1 20	3 45	1 15	2 30	3 30	3 15
2,- Sistema de tanques móviles	1 20	3 60	1 15	2 30	3 45	1 10	2 10

	Total 100%
1.-Sistema de tanques fijos	<b>215</b>
2,- Sistema de tanques móviles	<b>190</b>

Según el puntaje mayor de la matriz, la mejor opción es trabajar con un tanque fijo de 2.8 m<sup>3</sup> de capacidad.

#### 4.3 Análisis de la ubicación del tanque, accesorios y seguridad.

Del análisis realizado anteriormente, se seleccionó un tanque fijo de 2.8 m<sup>3</sup> de capacidad. La ubicación del tanque, los accesorios que permitan la carga, entrega y la medición del GLP, así como la seguridad en el sistema, se fundamentarán en normas técnicas, las que se analizan a continuación.

#### 4.3.1 Accesorios del tanque

Son partes conectadas a las aberturas del recipiente, que conforman una unidad hermética. Generalmente se incluyen, dispositivos de alivio de presión, válvulas de cierre, válvulas de exceso de flujo, dispositivos medidores de nivel de líquido, dispositivos de alivio de presión y cubierta de protección. Estas partes metálicas deberán elaborarse con acero, fundición dúctil, fundición maleable o latón, no deberán ser nunca de fundición de hierro.

**Los accesorios deberán ser construidos con materiales apropiados para el servicio de GLP y resistir la acción del mismo bajo condiciones de uso. Los accesorios que resistan presión y que no actúan como fusibles, deberán poseer un punto de fusión mínimo de 816 °C. Los accesorios de los recipientes deberán poseer una presión de trabajo asignada no menor que 1.7 MPa (20).**

Para el caso de un tanque fijo de 2.8 m<sup>3</sup>, la norma NFPA 58 “Código del gas-LP” menciona que los accesorios que obligatoriamente deben instalarse en un tanque fijo de 2.8 m<sup>3</sup> son (20):

➤ “Una válvula de exceso de flujo de extracción de líquido comandada” (20): También llamada válvula de trasiego o check-lok, se utiliza en aplicaciones de extracción de líquido, permanece cerrada hasta que es accionada por medio de un adaptador y se utiliza conjuntamente con una válvula de

cierre. Se conecta al recipiente mediante una conexión no menor que 3/4" con rosca NPT. "Diseñadas para proporcionar una forma conveniente de evacuar líquido de tanques estacionarios antes de trasladarlos" (6), figura 4.1.

- Un medidor de nivel en porcentaje (20): Consta de una carátula tipo reloj que permite conocer el nivel de líquido en porcentaje que se encuentra en el tanque, estos pueden de tipo rotativo o tipo flotante, figura 4.2.
  
- "Una o mas válvulas de alivio de presión de presión interna tipo resorte" (20): Dispositivo de alivio de vapor diseñado para abrir como para cerrar, manteniendo la presión interna del fluido. Para tanques sobre superficie se usan del tipo interno con las piezas móviles de la válvula encajadas dentro de la conexión del recipiente. La presión de apertura de las válvulas de alivio debe ser igual al 100% ( $\pm 10\%$ ) de la presión de diseño del tanque, de igual manera la tasa de descarga mínima de las válvulas de alivio de presión para un tanque de 2.8 m<sup>3</sup> deberá ser de 1.47 m<sup>3</sup>/s, si el mismo se ubica en superficie, y un 30% menor si el tanque es subterráneo (20), figura 4.3

**Conexión de 7590U o  
7591U Chek-Lok®**

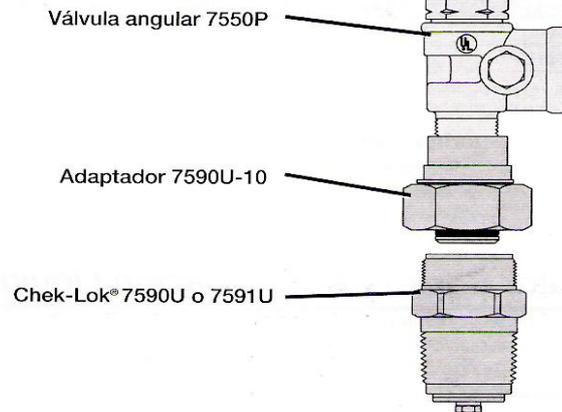


Figura 4.1: Válvula de exceso de flujo, con adaptador y válvula de cierre. Marca REGO (tomado de referencia [6])

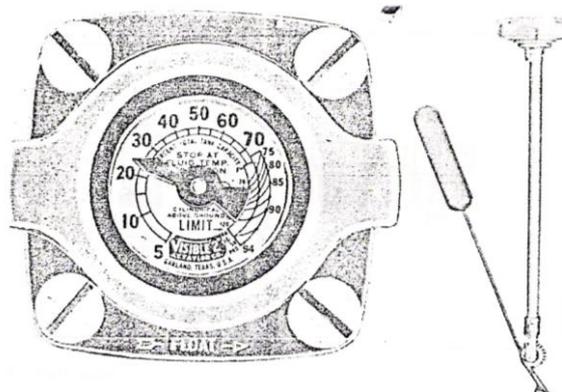


Figura 4.2 Medidor de nivel tipo flotante  
(tomado de referencia [2])

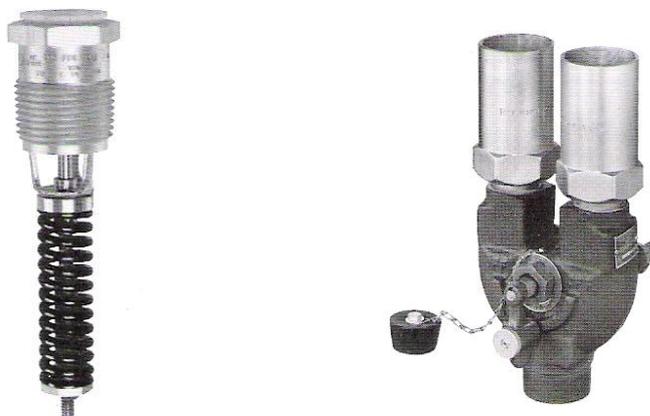


Figura 4.3 Válvulas de alivio de presión

(tomado de referencia [6])

- “Una válvula de cierre manual para servicio de vapor” (20):  
También conocida como válvula de servicio, consta de una válvula manual que permite abrir o cortar el flujo de GLP en estado de vapor al accionarla, puede incluir una protección contra exceso de flujo, figura 4.4.

**Se excluye la protección si se instala a la salida de la válvula por medio de un acople flexible un regulador, y a su vez el orificio del tanque que conecta con la válvula no supera 8mm de diámetro (20).**

- “Una válvula de llenado de no retroceso” (20): Su función es cerrarse cuando se detiene o se invierte el flujo al efectuar el llenado de tanque, figura 4.5.



Figura 4.4 Válvula de cierre manual para servicio de vapor  
(tomado de referencia [6])



Figura 4.5 Válvulas de llenado de no retroceso  
(tomado de referencia [6])

- “Medidor fijo del nivel máximo de líquido” (20): “Nos permite determinar el porcentaje máximo de llenado de un tanque, consiste en un tubo fijo con una válvula de purga” (2). Por medio de este medidor, en el momento que se esta llenando el tanque, inmediatamente al llegar al nivel máximo de llenado permitido en el tanque (aprox. 85%), el líquido dentro del tanque sube por el tubo y se vaporiza indicando visualmente que se ha llegado al límite máximo permitido, figura 4.6

Los accesorios descritos anteriormente, son los mínimos que se deben instalar en un tanque de 2.8 m<sup>3</sup>, algunos de ellos pueden encontrarse en un solo conjunto denominado “multiválvula”, figura 4.7. La adición de más accesorios se lo hará siempre que su aumento signifique un mayor control en la seguridad del GLP en el tanque, uno de los accesorios importantes y que debería en lo posible instalárselo en el tanque, es el manómetro el que se describe a continuación:

- Manómetro: Proporciona el valor de la presión manométrica en el tanque. Deberá estar directamente unido al orificio del recipiente o a una válvula o accesorio que se encuentre unido directamente a dicha abertura.

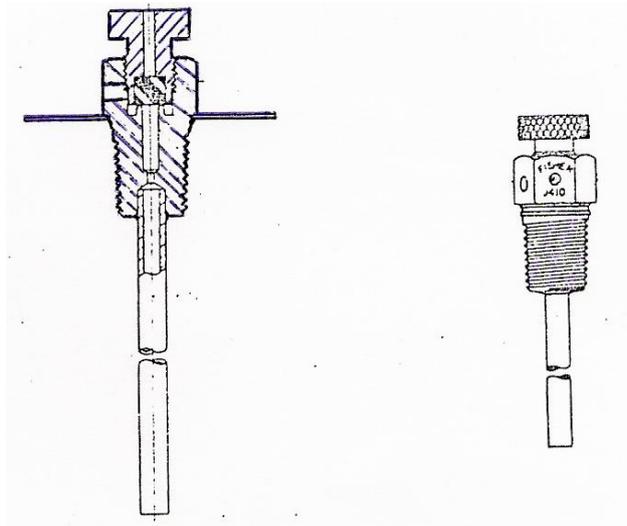


Figura 4.6 Medidor fijo del nivel máximo de líquido  
(tomado de referencia [6])



Figura 4.7 Multiválvula: contiene válvula de servicio, de llenado y  
de alivio de presión (tomado de referencia [6])

#### **4.3.2 Tipo de ubicación**

El o los tanques que suministran GLP, podrán ubicarse de las siguientes formas (14):

- Tanques sobre superficie a nivel del suelo.
- Tanques sobre superficie en azoteas.
- Tanques bajo superficie enterrados.
- Tanques parcialmente bajo superficie.
- Tanques en talud.

#### **4.3.3 Requisitos para su ubicación**

La ubicación de los tanques de suministro de GLP, según sea el tipo de ubicación, deben cumplir ciertos requisitos que afirmen la seguridad de la propiedad, los individuos, y del sistema de abastecimiento de GLP.

Las distancias mínimas de seguridad que deben existir entre los tanques que almacenan GLP, estén estos sobre superficie o bajo superficie, hacia diversos lugares se exponen a continuación en la tabla 14 (20).

Tabla 14: Distancias mínimas de seguridad de recipientes que almacenan GLP

Lugares o Instalaciones	Distancias mínimas en metros desde la zona respectiva a recipientes según capacidad de almacenamiento (m <sup>3</sup> )			
	0.5 a 2.5		2.5 a 5	
	Sobre superficie	Bajo superficie	Sobre superficie	Bajo superficie
a) Locales habitados, edificios, línea de propiedad adyacente	3	1.5	5	1.5
b) Sótanos	3	1.5	5	1.5
c) Motor eléctrico o de explosión	5	1.5	5	1.5.
d) Interruptor o toma corriente	3	1.5	5	1.5
e) Depósito de materiales inflamables	3	1.5	5	1.5
f) Vías de tren, trolebuses	3	1.5	5	1.5
g) Vías públicas urbanas	3	1.5	5	1.5
h) Canalización de edificios	0.5	Ninguna	0.5	Ninguna
i) Alcantarilla del edificio	3	Ninguna	3	Ninguna
j) Otras instalaciones con peligro de incendio	5	1.5	8	1.5
k) De la pared a la boca de trasvase del vehículo cisterna	3	Ninguna	3	Ninguna

Tabla 14: Distancias mínimas de seguridad de recipientes que almacenan GLP (continuación)

Lugares o Instalaciones	Distancias mínimas en metros desde la zona respectiva a recipientes según capacidad de almacenamiento (m <sup>3</sup> )			
	0.5 a 2.5		2.5 a 5	
	Sobre superficie	Bajo superficie	Sobre superficie	Bajo superficie
l) De la proyección en el suelo de líneas aéreas de alta tensión y transformadores	5	Ninguna	8	Ninguna
m) Distancia horizontal desde la descarga de la válvula de alivio a aberturas por debajo de la descarga	1	1	1	1
n) Distancia horizontal desde la válvula de alivio, descarga de venteo, conexión de llenado, a fuente externa de ignición, aberturas de aparatos de venteo directo, tomas de aire para ventilación mecánica	3	3	3	3

**La distancia de 5 m entre los recipientes de 2.5 m<sup>3</sup> a 5 m<sup>3</sup> de capacidad y los locales habitados, edificios o líneas de propiedad adyacente, podrán reducirse hasta no menos de 3 m si se ubica un tanque único de 4.5 m<sup>3</sup> de capacidad de agua o menor, siempre que dicho recipiente se encuentre a una distancia no menor de 7.6 m de cualquier otro tanque de GLP de más de 0.5 m<sup>3</sup> de capacidad (20).**

Para el caso de tanques sobre superficie las distancias se miden desde las paredes del tanque, en el caso de los tanques enterrados se miden desde la válvula de seguridad de presión del tanque.

Si el punto donde se realiza el llenado de los tanques o llamado también punto de transferencia se encuentra en el tanque, se debe cumplir las distancias de la tabla 14, caso contrario el punto de transferencia deberá cumplir las distancias expuestas en la tabla 15 (20).

El acuerdo 116 “Reglamento técnico para la comercialización del gas licuado del petróleo”, indica que a todo tanque fijo se le deberá realizar cada cinco años las respectivas pruebas hidrostáticas y de calibración (8). De esta manera, el piso donde se ubicará el tanque debe diseñarse para soportar una carga estática igual al peso del tanque vacío (tara), más el peso del volumen de agua que puede contener el tanque.

Tabla 15: Distancias mínimas de seguridad desde el punto de transferencia

EXPOSICIÓN	DISTANCIA MÍNIMA HORIZONTAL m
a) Locales habitados y edificios	3
b) Edificios con paredes sin resistencia al fuego	8
c) Aberturas en las paredes de los edificios o fosa en o por encima del punto de transferencia	8
d) Línea de propiedad lindera sobre la cual puede edificarse	1
e) Espacios exteriores que congregan público, incluidos patios de escuelas, campos de deportes y patios para juegos	8
f) Borde de carreteras o vías públicas	3
g) Caminos de entrada al interior de la propiedad.	1.5
h) Recipientes que no sean los que están siendo llenados	3
i) Surtidores y recipientes de superficie y subterráneos de combustibles líquidos inflamables	6

#### 4.3.4 Ubicación final

Considerando que el tanque no se instalará en sitios sobre el cual circulen vehículos, y que la obra civil no considera fosas para tanques bajo superficie o en talud. Se buscará un sitio para instalar el tanque de 2.8 m<sup>3</sup> sobre superficie a nivel del piso o en

la azotea, donde cumpla con las distancias mínimas descritas en las tablas anteriores.

A las medidas del tanque seleccionado (2.8 m<sup>3</sup>) se le debe adicionar 3 m por lado, cumpliendo con las medidas de seguridad requeridas, lo que da un rectángulo de 7.03 m por 9.66 m. Se debe buscar una superficie de tal forma que la ubicación del tanque cumpla con las distancias mínimas a locales habitados, edificios o línea de propiedad adyacente.

Observando el plano 2 del apéndice B, "Planta Baja" (estacionamiento), los lugares para una posible ubicación del tanque son la parte frontal a los estacionamientos 7, 8 y 9 que está entre los dos edificios, y el espacio posterior del edificio desplazando los estacionamientos 15 y 16. Las medidas disponibles son de 7.75 m por 4.02 m para el primer caso y de 8 m por 4.88 m, por consiguiente las superficies libres en el estacionamiento son inadecuadas para la ubicación del tanque.

En el plano 8 del apéndice L, la elección de la ubicación del tanque en la azotea del bloque de ingreso cumple con las medidas de seguridad indicadas en la tabla 14.

En el caso de tanques ubicados en azoteas se debe adicionalmente cumplir con lo siguiente (14):

- El volumen total máximo almacenado debe ser de máximo 10 m<sup>3</sup>.
- Si el piso donde se ubica el tanque se comunica directamente con orificios que van a niveles inferiores, la distancia mínima de seguridad debe ser de 6 m.
- Si el sitio de ubicación del tanque en la azotea se utiliza para otros fines, el tanque debe protegerse con cerramiento.
- Las instalaciones en azoteas o terrazas no deben disponer de equipos de vaporización y trasvase ni se deben utilizar muros para reducir las distancias de seguridad.
- La superficie de la instalación del tanque debe tener, al menos, una cuarta parte de su perímetro abierto a calles o zonas ventiladas, si existen protecciones de fabrica, estas deben ser de una altura inferior a 0.70 m y a ras del suelo haya aberturas de al menos 150 cm<sup>3</sup> por metro de longitud de la zona perimetral protegida.
- Debe tener un gabinete abierto propio del sistema contra incendios
- La toma de tierra del recipiente debe ser independiente de la del edificio y debe estar protegido por un pararrayos u otro sistema análogo.
- La línea de carga debe situarse en la facha exterior del edificio.

En cumplimiento de las medidas de seguridad adicionales indicadas anteriormente, sobre todo evitar el mismo nivel del piso del tanque con el ingreso a la azotea y los ductos existentes, se ubicará el tanque en una loza especialmente construida para este fin, que usará las columnas existentes en la azotea, evitando tapar los ductos con la loza, esto se indica en los planos 9 y 10 de los apéndices M y N. El tanque queda ubicado en la parte frontal del edificio con la finalidad de instalar

una línea de carga hacia la calle, no existiendo líneas áreas de alta tensión ni transformadores ubicados a menos de 5 m.

La loza para ubicar el tanque, deberá diseñarse para soportar una carga estática de 3380 Kg distribuidos uniformemente en cuatro puntos de apoyo.

#### **4.3.5 Selección del sistema contra incendios**

El GLP es altamente inflamable y explosivo, es así que se deben adecuar sistemas para la protección contra incendios que pudieran producirse por fugas de GLP o producidos por fuentes de ignición, que crearían la pérdida de vidas humanas y la destrucción significativa de bienes.

La protección en el sitio de ubicación del tanque, deberá determinarse mediante un análisis adecuado de protección contra incendios. El área de seguridad requerida para la ubicación del tanque de 2.8 m<sup>3</sup> es de 68 m<sup>2</sup>, según la NFPA el área máxima que cubre un extintor de 5 Kg de polvo químico seco es de 150 m<sup>2</sup> (26), por consiguiente se instalará un extintor portátil aprobado con una capacidad de mínimo 5 Kg de polvo químico seco con calificación C (NFPA 58).

Adicionalmente se habilitará un sistema semifijo de extinción, compuesto por un reservorio de agua, bombas, tuberías, hidrantes, mangueras y pitones. El reservorio de agua que se utilizará será el mismo que sirve para la protección contra incendios del edificio. El diámetro de la tubería secundaria que conecta la línea principal de distribución de agua a un hidrante, debe cumplir la exigencia del INEN que es de 80 mm de diámetro (26). El hidrante no se ubicará nunca en dirección de los casquetes del tanque, ya que en caso de una explosión por aumento de la presión, estos son los primeros en desprenderse a una gran velocidad, el hidrante deberá ubicarse en un lugar de rápido acceso, que no tenga que pasarse por el tanque para llegar al mismo y que su ubicación no este a más de 15 m del tanque. En el caso de la manguera de incendio esta no debe ser de una longitud menor a 30 m y de un diámetro de 38 mm, el pitón de la manguera no debe tener un diámetro menor a 20 mm. Las mangueras y pitones deben mantenerse en estaciones de incendios adyacentes a los hidrantes, generalmente adaptados en huecos de la pared con una profundidad de 250 mm y a una altura de 1.20 m con respecto al piso (26).

#### **4.4 Redes de distribución.**

La conducción del GLP desde el tanque que lo almacena hasta los puntos de consumo, se lo realiza canalizándolo por medio de tuberías rígidas o semirrígidas adecuadas para este tipo de fluido a conducir y que resistan la acción del medio exterior.

Para la conducción del GLP se debe en primer lugar, utilizando criterios de seguridad y economía, seleccionar el material de la tubería de la red de distribución, luego se realizará el trazado adecuado de la red considerando las respectivas normas técnicas de seguridad.

Debido a que uno de los factores importantes que se debe tener muy en cuenta a la hora de seleccionar la tubería es la presión a la cual fluirá el GLP dentro de la misma, es necesario indicar que la norma INEN 2260, clasifica a las instalaciones en (14):

- De baja presión (BP): hasta 0.05 bar
- De media a presión A (MPA): hasta 0.4 bar (6 psig)
- De media presión B (MPB): hasta 4 bar (60 psig)

#### **4.4.1 Tipos de materiales**

Los materiales con los que están construidas las tuberías rígidas o semirrígidas que se utilizan para la conducción del GLP, son de dos tipos, las tuberías metálicas y las tuberías plásticas. Ambas clases de tuberías deben tener una composición química

que no sea atacada por el gas combustible, y un ataque mínimo del medio exterior con el que estén en contacto.

Dentro de las tuberías metálicas, estas pueden ser de acero al carbono, acero inoxidable, cobre y aluminio; no deben utilizarse tuberías de fundición de hierro (19).

**Las especificaciones exigidas por la norma INEN 2260 para las tuberías metálicas y plásticas de uso con GLP tenemos (14):**

- **Para tubería rígida de acero al carbono o de acero forjado, mínimo deben ser tipo cédula 40 y que esté de acuerdo a las siguientes normas: ISO 65 Heavy o ASTM A 53; negro o galvanizada por inmersión en caliente sin o con costura. El diámetro interior mínimo debe ser de 12.7 mm.**
- **Para tubería de cobre rígida o flexible sin costura, según las normas: ISO 1635 o ASTM B 88 de tipo K o L.**
- **Para tubería flexible corrugada de acero inoxidable, según las especificaciones de la Norma para Sistemas de Cañerías de Combustible que utilizan Tubos Corrugados de Acero Inoxidable, ANSI/AGA LC 1.**
- **Para tubería plástica, deben ser de polietileno (PE) y se deben utilizar exclusivamente en instalaciones enterradas; sus especificaciones deben cumplir con lo establecido en la norma ISO 4437/ASTM D 2513 o equivalente aceptado por el INEN.**

#### **4.4.2 Selección de materiales para el proyecto**

Como se analizará mas adelante, el sistema de distribución de GLP domiciliario debe regularse en dos etapas, una primera etapa en la que la presión manométrica de la tubería estará en

rangos aproximados entre 0.35 a 1.4 bar (5 a 20 psig), y una segunda etapa en la que la presión manométrica en la tubería estará en rangos aproximados entre 0.022 a 0.032 bar (0.325 a 0.469 psig). La tubería en la primera etapa es la mas importante en lo que respecta a longitud, esta tubería que sirve de matriz para la distribución del GLP, va desde la salida del regulador de primera etapa ubicado en el tanque de almacenamiento, sobre la terraza, bajando por el ducto de luz de los apartamentos. En cada apartamento desde la tubería matriz, se derivan tuberías hacia los reguladores de segunda etapa y se ingresa con la tubería de servicio (segunda etapa) a cada apartamento.

Para la selección del tipo de material que se usará en las redes de distribución, se considerará únicamente los tipos de tuberías que se consiguen en nuestro medio y que son exigencia de la norma INEN 2260, las que son: tuberías de acero cédula 40, cobre, acero inoxidable cédula 40 y tubería plástica de polietileno tipo PE80. En lo que respecta al uso del cobre como material de conducción, la tubería de cobre tipo L es la adecuada, mientras la presión de trabajo no supere los 1.4 bar (20 psi) (18). La designación del polietileno como PE80 tubería de polietileno, se relaciona con el nivel de MRS que se debe considerar en el diseño de tuberías para transporte a 20°C por

un tiempo de servicio de al menos 50 años, en este caso PE80 es de 8 MPa, recomendado para trabajar a una presión máxima de 4 bar (58 psig) (5).

Según la clasificación de las instalaciones indicadas al final del subcapítulo 4.4, la máxima presión de funcionamiento permitida es de 4 bar (60 psig) que corresponde a una instalación de “mediana presión B”. Los fabricantes de reguladores de primera etapa para uso residencial (la mayor presión de funcionamiento), fabrican los equipos para una presión máxima de 1.4 bar (20 psig), esta presión la tomaremos para el análisis de selección de la tubería, tubería que al seleccionarla servirá con un mayor factor de seguridad para la tubería en la segunda etapa, y de menor presión. Al igual que en la elección del tanque se realizará una matriz de selección, donde se considera siete factores ( $F_i$ ) que involucran costos y propiedades físicas de las tuberías, el mayor puntaje en la matriz nos dará la elección del tipo adecuado de material para la tubería.

Como aún no se conoce el diámetro nominal que se deberá usar en las líneas de distribución, la experiencia señala que para este tipo de consumo y dependiendo de la distancia, los diámetros nominales generalmente usados son de  $\frac{1}{2}$ ”,  $\frac{3}{4}$ ” o 1”, por lo que

se usará un diámetro referencial de  $\frac{3}{4}$ " para obtener la matriz de selección.

Los Factores a evaluarse son:

- F1= Costo por metro lineal de tubería (25%):
- F2= Costo de mantenimiento por protección (20%)
- F3= Dilatación lineal (15%).
- F4= Longitudes disponibles (15%)
- F5= Peso por metro lineal de tubería (15%)
- F6= Rugosidad (10%)

Las escalas de evaluación son:

<u>Para F1</u>	<u>Para F2</u>	<u>Para F3</u>
3.- De 0.1 a 2 USD	3.- Ninguno	3.- Bajo
2.- De 2.1 a 4 USD	2.- Medio	2.- Medio
1.- Mas de 4.1 USD	1.- Alto	1.- Alto
<u>Para F4</u>	<u>Para F5</u>	<u>Para F6</u>
3.- De 150 m.	3.- Bajo	3.- Baja
2.- Entre 15 m y 30 m	2.- Medio	2.- Media
1.- Hasta 6 m	1.- Alto	1.- Alta

Procedemos a analizar cada uno de los factores, de esta forma obtener la matriz de selección:

- F1= Costo por metro lineal de tubería (20%): En el mercado nacional se tienen los siguientes costos por metro lineal de tubería, tabla 16.

Tabla 16: Costo por metro lineal de tubería

<b>Tipo de Tubería</b>	<b>Costo por metro lineal de tubería (USD)</b>
Tubo de acero cédula 40 ¾"	2.54
Tubo de cobre tipo L ¾"	3.60
Tubo de acero inox. cédula 40 ¾"	14.33
Tubería plástica (PE80) ¾"	1.82

- F2= Costo de mantenimiento por protección (20%): Este factor considera el costo que se debe adicionar a la tubería, para evitar la influencia negativa de agentes externos que producen en la tubería reacciones peligrosas en el mantenimiento de la estanqueidad del sistema. El sistema de tuberías se trasladará sobre la terraza, entrando por los ductos de luz sujetado a la pared de los edificios, a los puntos de consumo en los mismos. Las propiedades de las tuberías pueden afectarse

principalmente por la exposición a la intemperie y estar sujetas a la corrosión de los contaminantes químicos de la atmósfera local. Para que ocurra la corrosión atmosférica debe existir un sustrato metálico, humedad y un agente químico. Analizaremos la acción de los factores sobre la tubería y el costo que se debe adicionar para proteger la misma.

En el tubo de acero cédula 40, el ambiente puede causar deterioro del material, es decir corrosión atmosférica, por lo que para su protección requiere la aplicación de por lo menos una capa de pintura de látex acrílico, la que tiene una resistencia media a las condiciones atmosféricas y a la corrosión. Para su implementación se requiere materiales diversos (brocha, lija, diluyente, etc) y mano de obra, el valor aproximado de la aplicación protectora para una tubería de este material en diámetro nominal  $\frac{3}{4}$ ", es de 0.48 USD por metro lineal, valor considerado como medio.

El tubo de cobre, al ser un metal noble (+0.34 V), situado por encima del hidrógeno (0.00 V) en la escala electroquímica<sup>4</sup> (3), es un metal que tiene una gran resistencia a la corrosión atmosférica, si la misma no tiene altos porcentajes de cloruros o de sulfuro hidrógeno. En un medio electrolítico, los iones de

un metal (ánodo) menos noble que el cobre reaccionan con los iones hidróxidos que se depositan en el cobre (cátodo) formando hidróxidos, óxidos o sales metálicas, pueden producir en el cobre un estado de pasividad tal que llegue a asegurarse su protección. Por lo expuesto y considerando que la atmósfera donde se ubicará la tubería no es altamente corrosiva, el cobre se lo puede ubicar sin protección alguna.

En el tubo de acero inoxidable, el carácter de inoxidable se debe a la habilidad del cromo y de otros elemento de aleación, de formar una capa de óxido protectora (4), en forma instantánea, en una atmósfera oxidante como: aire, agua y otros fluidos que contienen oxígeno. Esta capa torna pasivo al acero evitando su corrosión posterior, estrictamente la corrosión del acero pasivado baja a menos de 0.05 mm al año, pero no desaparece. Por lo expuesto el tubo de acero inoxidable se lo puede ubicar a la intemperie sin protección alguna.

---

<sup>4</sup>Escala electrolítica: o también llamada de los “Potenciales de Reducción”, para mayor explicación referirse al apéndice O.

La tubería plástica de polietileno, es insensible a la corrosión electroquímica e inerte a la mayoría de las reacciones

químicas (5), se altera o envejece principalmente por la acción de radiación ultravioleta de la luz y por el calor. Una forma de protección es pasar la tubería a través de una vaina de acero (contratubo), el diámetro de la vaina será dos veces el diámetro de la tubería. Un metro de tubería plástica de diámetro  $\frac{3}{4}$ " , se debe ubicar en una vaina de acero galvanizado de diámetro  $1\frac{1}{2}$  de 1.5 mm de espesor como mínimo, el valor de un metro de tubo galvanizado de  $1\frac{1}{2}$  y de 2 mm de espesor es de 2.03 USD.

- F3= Dilatación lineal (15%): La dilatación es el fenómeno por el cual se produce un aumento en el volumen de un cuerpo, sin que por ello aumente su masa (3). La diferencia de temperatura entre el medio ambiente y la temperatura del GLP dentro de la tubería produce una dilatación lineal, la misma que debe tomarse en consideración a la hora de instalar la tubería, a mayor dilatación mayores inconvenientes. La ecuación 4.8 nos permite calcular la variación de longitud ( $\Delta L$ ):

$$\Delta L = c \times L \times \Delta t \quad 4.8$$

Donde  $c$  es el coeficiente de dilatación lineal en  $\text{unid.long./unid.long.}^\circ\text{C}$ ,  $L$  la longitud de la tubería en metros y  $\Delta t$  la diferencia de temperatura en  $^\circ\text{C}$ . Para una tubería de

1m, y considerando que la temperatura exterior en el lugar de ubicación de la misma puede variar desde unos 5 °C hasta 15 °C ( $\Delta t=10$  °C), obtenemos la tabla 17.

Tabla 17: Dilatación lineal de las tuberías

<b>Tipo de Tubería</b>	<b>c(m/m°C)</b>	<b><math>\Delta L \times 1000</math> (mm)</b>
Tubo de acero cédula 40 $\frac{3}{4}$ "	$1.14 \times 10^{-5}$	0.114
Tubo de cobre tipo L $\frac{3}{4}$ "	$1.65 \times 10^{-5}$	0.165
Tubo de acero inox. cédula 40 $\frac{3}{4}$ "	$1.68 \times 10^{-5}$	0.168
Tubería plástica (PE) $\frac{3}{4}$ "	$1.62 \times 10^{-5}$	1.62

F4= Longitudes disponibles (15%): A mayor disponibilidad de longitud en las tuberías, permite la disminución de accesorios de unión entre las mismas, por consiguiente reduce el costo de la instalación. En la tabla 18 se informa las longitudes disponibles para los diferentes tipos de tubería (23).

Tabla 18: Disponibilidad de tuberías

<b>Tipo de Tubería</b>	<b>Disponibilidad (m)</b>
Tubo de acero cédula 40 $\frac{3}{4}$ "	6 m

Tubo de cobre tipo L $\frac{3}{4}$ "	6 m, 18 m, 30 m.
Tubo de acero inox. cédula 40 $\frac{3}{4}$ "	6 m
Tubería plástica (PE80) $\frac{3}{4}$ "	10 m, 150 m.

➤ F5= Peso por metro lineal de tubería (15%): Este factor considera el peso de la tubería del que depende su facilidad de transporte y de instalación. Los valores de peso por metro lineal se informan en la tabla 19 (23).

➤ F6= Rugosidad (10%): se define a la rugosidad como el estado de uniformidad en la pared interna del tubo, a mayor rugosidad mayor pérdida de carga del fluido transportado. En la tabla 20 se indica la rugosidad absoluta de los materiales nuevos, y la rugosidad media en tuberías viejas (rugosidad práctica la que se usa en la matriz ) con agua como fluido (3):

Tabla 19: Peso por metro lineal de las tuberías

<b>Tipo de Tubería</b>	<b>Peso (Kg/m)</b>
Tubo de acero cédula 40 $\frac{3}{4}$ "	1.683
Tubo de cobre tipo L $\frac{3}{4}$ "	0.683
Tubo de acero inox. cédula 40 $\frac{3}{4}$ "	1.700
Tubería plástica (PE) $\frac{3}{4}$ "	0.160

Tabla 20: Rugosidad en tuberías

<b>Tipo de Tubería</b>	<b>Rugosidad nueva (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Rugosidad media (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
Tubo de acero cédula 40 $\frac{3}{4}$ "	45	500
Tubo de cobre tipo L $\frac{3}{4}$ "	1.5	3
Tubo de acero inox. cédula 40 $\frac{3}{4}$ "	45	150
Tubería plástica (PE) $\frac{3}{4}$ "	1.5	6

Por lo expuesto anteriormente se procede a elaborar la matriz de selección, expuesta en la tabla 21:

Tabla 21: Matriz de selección de tuberías

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
	25%	20%	15%	15%	15%	10%
1.-Tubo de acero cédula 40 3/4"	2 50	2 40	3 45	1 15	1 15	1 10
2.-Tubo de cobre tipo L 3/4"	2 50	3 60	3 45	2 30	2 30	3 30
3.-Tubo de acero inox. cédula 40 3/4"	1 25	3 60	3 45	1 15	1 15	2 20
4.-Tubería plástica (PE) 3/4"	3 75	1 20	1 15	3 45	3 45	3 30

	Total 100%
1.-Tubo de acero cédula 40 3/4"	<b>185</b>
2.-Tubo de cobre tipo L 3/4"	<b>245</b>
3.-Tubo de acero inox. cédula 40 3/4"	<b>180</b>
4.-Tubería plástica (PE) 3/4"	<b>230</b>

Según el puntaje mayor de la matriz, la mejor opción es trabajar con tubería de cobre tipo L.

#### 4.4.3 Red primaria

Llamaremos Red Primaria o Red Matriz, al sistema de tuberías exteriores o interiores a la edificación que forman parte de la instalación para el suministro de gas, donde resulte

imprescindible ingresar a las edificaciones multiusuario con el objeto de acceder a los centros de medición (14). Esta red está comprendida entre la salida de la válvula de corte en el tanque a los reguladores de segunda etapa ubicados en los contadores individuales de consumo. La presión manométrica de la tubería estará en rangos aproximados entre 0.35 a 1.4 bar (5 a 20 psig), por lo que según la clasificación de las instalaciones del subcapítulo 4.4, se considera de “media presión (MP)”.

#### **4.4.4 Red secundaria o interior**

La Red Secundaria o Red de Individual, es el sistema de tuberías internas o externas a la vivienda que permiten la conducción de gas, hacia los distintos artefactos de consumo de un mismo usuario (14). Está comprendida desde la salida de los contadores individuales de consumo, hasta los puntos de consumo de cada equipo. La presión manométrica en la tubería estará en rangos aproximados entre 0.022 a 0.032 bar (0.325 a 0.469 psig), por lo que según la clasificación de las instalaciones del subcapítulo 4.4, se considera de “baja presión (BP)”.

#### **4.4.5 Cálculos de pérdida de carga, diámetros y velocidad de circulación en red primaria y secundaria**

La presión del GLP en el inicio de la tubería no es igual al final de la misma, se origina una pérdida de presión (carga) debido

principalmente a la fricción entre el gas conducido y las paredes de la tubería y de los accesorios, así como por el efecto de pérdida de energía por los cambios de sección en caso de existir. La presión al final de la tubería es menor que la presión en el extremo inicial.

Posteriormente, se analizará con mayor detalle la razón del uso de reguladores de GLP en doble etapa, brevemente se explica que en la salida del tanque estacionario se ubicará un regulador llamado de alta o primera etapa, su función es recibir la presión de salida del GLP desde el tanque estacionario y entregarlo a la tubería primaria o de media presión, a una presión entre 0.35 bar y 1.4 bar (5 a 20 psig). El GLP al conducirse por la red de media presión, por acción de la fricción entre la tubería y los accesorios llega a su extremo final a una presión menor a la inicial.

La tubería o línea de media presión llega hasta un regulador de segunda etapa, este recibe la presión final de la línea de media presión y reduce la misma a la presión de consumo de los equipos en el inicio de la red secundaria o línea de baja presión, luego de las pérdidas de carga la presión final al ingreso de los

equipos debe ser de máximo un 5% menor a la presión del inicio en la línea de baja presión.

Las fórmulas que nos permiten determinar las pérdidas de carga, o el diámetro de la tubería, son debidas a Renouard, y son validas si se cumplen las siguientes condiciones de las ecuaciones 4.9 y 4.10 (17):

➤ Si:  $Q/D < 150$  4.9

Siendo Q el caudal transportado en m<sup>3</sup>/h (en condiciones normales, a 15°C y presión atmosférica nivel del mar) y D el diámetro interno real de la tubería en mm

➤ Si el número de Reynolds (R) sea igual o inferior a 2 000 000, dado por:

$$R = 72000 \times \left( \frac{Q}{D} \right) \quad 4.10$$

Donde el caudal Q es en m<sup>3</sup>/h y el diámetro D en mm

Las formulas de Renouard para la determinación de la carga son:

**Para presiones medianas y altas (P>0.1 bar):**

$$P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \times d_r \times L_E \times Q^{1.82} \times D^{-4.82} \quad 4.11$$

Siendo:

$P_1, P_2$ , presiones absolutas inicial y final del tramo en bar

$d_r$ , densidad relativa del gas, 1.54 para el GLP

$L_E$ , longitud equivalente del tramo en metros, igual a la longitud real del tramo mas las longitudes equivalentes de los accesorios.

Q, caudal en m<sup>3</sup>/h, medidos en condiciones normales

D, diámetro interior del tubo en mm.

**Para presiones bajas (P hasta 0.1bar):**

$$P_1 - P_2 = 23200 \times d_r \times L_E \times Q^{1.82} \times D^{-4.82} \quad 4.12$$

Siendo:

$P_1, P_2$ , presiones inicial y final del tramo en mbar

$d_r$ , densidad relativa del gas, 1.54 para el GLP

$L_E$ , longitud equivalente del tramo en metros, igual a la longitud real del tramo mas las longitudes equivalentes de los accesorios.

$Q$ , caudal en  $m^3/h$ , medidos en condiciones normales

$D$ , diámetro interior del tubo en mm.

En la siguiente tabla 22, se indica los valores equivalentes de los diversos accesorios, para la determinación de la longitud equivalente  $L_E$ .

Tabla 22: Longitud equivalente de accesorios roscados

**Le= Longitud equivalente de cañería recta de cobre, en metros**

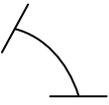
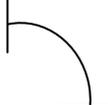
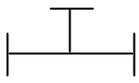
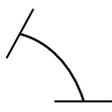
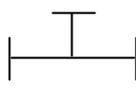
Accesorios		Accesorios roscados		
		Codo 45°	Codo 90°	Tee
Tamaño nominal del caño en pulgadas	Diámetro interior, pulgadas			
1/2	0.545	0.19	0.41	0.83
5/8	0.666	0.24	0.5	1.01
3/4	0.785	0.28	0.59	1.19
1	1.020	0.36	0.77	1.55

Tabla 23: Longitud equivalente de accesorios soldados

**Le= Longitud equivalente de cañería recta de cobre, en metros**

Accesorios		Accesorios soldados		
		Codo 45°	Codo 90°	Tee
Tamaño nominal del caño en pulgadas	Diámetro interior, pulgadas			
1/2	0.545	0.12	0.22	0.62
5/8	0.666	0.15	0.27	0.76
3/4	0.785	0.18	0.32	0.89
1	1.020	0.23	0.41	1.16

\*Los accesorios con bridas tienen  $\frac{3}{4}$ " de la resistencia de los codos y Tes roscados

Tabla 24: Longitud equivalente de válvulas

**Le= Longitud equivalente de cañería recta de cobre, en metros**

Accesorios		Válvulas (roscadas, bridadas o soldadas)		
		Globo	Angulo	Retención
Tamaño nominal del caño en pulgadas	Diámetro interior, pulgadas			
1/2	0.545	4.58	2.30	1.14
5/8	0.666	5.59	2.80	1.40
3/4	0.785	6.60	3.31	1.65
1	1.020	8.58	4.30	2.14

La velocidad máxima del GLP en las tuberías no debe sobrepasar los 15 m/s (17), por medio de la siguiente ecuación se comprueba el valor de la velocidad del GLP.

$$V = 354 \times Z \times Q \times P^{-1} \times D^{-2} \quad 4.13$$

Siendo:

V, velocidad del gas en m/s

Z, coeficiente de compresibilidad, 1 hasta medias presiones

Q, caudal en m<sup>3</sup>/h, medidos en condiciones normales

P, presión absoluta al final del tramo medida en bar

D, diámetro interior del tubo en mm

Inicialmente, con el uso de la ecuación 4.12 se determinará el diámetro interior en la línea de baja presión, la cual es igual para cada apartamento. Para ello se seguirá el siguiente procedimiento:

- Calcular el caudal Q en m<sup>3</sup>/h, para ello a los valores de la tabla 5 se los convierte de kW a kcal/h (1 kW=860 kcal/h) y se divide para el poder calorífico superior PCS del GLP igual a 24,600 kcal/m<sup>3</sup>, obteniéndose la tabla 25:

Tabla 25: Caudal **Q** de los equipos

<b>EQUIPO</b>	<b>Caudal Q m<sup>3</sup>/h</b>
Cocina cuatro hornillas con horno	0.666
Secador de ropa	0.359
Calentador de agua automático de 8 lt/min	1.463

➤ Se obtiene el “Caudal Nominal Total ( $Q_{NT}$ )” por apartamento usando la ecuación 4.14, igual a la suma de los caudales nominales de cada uno de los equipos. Al  $Q_{NT}$  lo multiplicamos por el factor de simultaneidad de los aparatos  $f_a$  que es igual a 80%, de esta forma se obtiene el caudal real de uso  $Q_a$  por apartamento, ecuación 4.15.

$$Q_{NT} = \sum Q_{\text{individuales}} \quad 4.14$$

$$Q_{NT} = 0.666 + 0.359 + 1.463 = 2.488 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$Q_a = Q_{NT} \times f_a \quad 4.15$$

$$Q_a = Q_{NT} \times 0.8 = 1.99 \text{ m}^3 / \text{h}$$

➤ Se calcula la longitud equivalente  $L_E$ , para ello se realiza el trazado de las líneas de baja presión que será igual para cada apartamento, esto se indica en los planos 11 y 12 de los apéndices P y Q respectivamente. Con el uso del plano 11 se determina primeramente la longitud real ( $L_{real}$ ) de la línea de baja presión, se puede observar en el plano 12 que la tubería de baja presión es la que sale desde el regulador ubicado antes del contador, pasando por el mismo y derivándose a los puntos de consumo. Estrictamente hablando, el cálculo de los parámetros en la selección de la tubería se debería realizar para cada tramo de consumo, esto se lo haría si la longitud de la tubería fuera considerable (tramos rectos mayores a 5 m), al no ser este el caso sería costoso acoplar tuberías de diferentes diámetros, para lo cual únicamente consideramos el tramo mas largo, en este caso desde la salida del regulador hasta el punto de consumo del calentador de agua, el mismo que es de 4.05 m. Para calcular la longitud equivalente de los accesorios, determinamos el tipo y cantidad de accesorios que hay en la tubería analizada, se estima un diámetro de tubería (en este caso se tomará una tubería de  $\frac{1}{2}$ "), usando la tabla

23 se determina la longitud equivalente de los accesorios, indicada en tabla 26.

Tabla 26: Longitud equivalente para línea de baja presión, con accesorios de ½" de diámetro

<b>Acesorios ½"</b>	<b>Cant.</b>	<b>L equivalente (m.)</b>
Codo de 90° soldado	7	0.22x7=1.54
Tee soldada	2	0.62x2=1.24
Válvula de globo.	1	4.58X1=4.58

Por medio de la ecuación 4.16 se calcula la "Longitud Equivalente"  $L_E$

$$L_E = L_{\text{real}} + L_{\text{equivalente accesorios}} \quad 4.16$$

$$L_E = 4.05 + (1.54 + 1.24 + 4.58)$$

$$L_E = 11.41 \text{ m}$$

- Se estima las presiones iniciales y finales en el tramo de baja presión. Los equipos que se usarán funcionan a una presión

de 27.4 mbar, si se considera que la máxima caída de presión permitida al final de la línea es del 5% de la presión inicial, se obtiene una caída de presión de 1.4 mbar ( $P_1 - P_2$ ). La caída de presión obtenida, deberá ser mayor a la caída producida por el contador volumétrico de aproximadamente 1.2 mbar, ubicado al inicio de la línea de baja presión. En consecuencia:

$$P_1 - P_2 = 1.4 \text{ mbar}$$

- Despejando la ecuación 4.12 y reemplazando los valores obtenidos se calcula el diámetro interno de la tubería.

$$D = 4.82 \sqrt{\frac{(23200 \times 1.54 \times L_E \times Q^{1.82})}{P_1 - P_2}}$$

$$D = 4.82 \sqrt{\frac{(23200 \times 1.54 \times 11.41 \times 1.99^{1.82})}{1.4}}$$

$$D = 17.6 \text{ mm.}$$

- En el apéndice R se dan las dimensiones y pesos del tubo de cobre tipo L, de donde obtenemos que el diámetro interno de una tubería de cobre tipo L de ½" es de 13.84 mm, menor al

calculado, en consecuencia recalculamos la longitud equivalente utilizando accesorios de diámetro nominal  $\frac{3}{4}$ ", obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 27: Longitud equivalente para línea de baja presión, con accesorios de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro

<b>Accesorios <math>\frac{3}{4}</math>"</b>	<b>Cant.</b>	<b>L equivalente (m.)</b>
Codo de 90° soldado	7	0.32x7=2.24
Tee soldada	2	0.89x2=1.78
Válvula de globo.	1	6.60X1=6.60

Por medio de la ecuación 4.16 se calcula la “Longitud Equivalente”  $L_E$

$$L_E = L_{\text{real}} + L_{\text{equivalente accesorios}} \quad 4.16$$

$$L_E = 4.05 + (2.24 + 1.78 + 6.60)$$

$$L_E = 14.67 \text{ m.}$$

➤ Despejando la ecuación 4.12 y reemplazando los valores obtenidos se calcula el diámetro interno de la tubería.

$$D = 4.82 \sqrt{\frac{(23200 \times 1.54 \times L_E \times Q^{1.82})}{P_1 - P_2}}$$

$$D = 4.82 \sqrt{\frac{(23200 \times 1.54 \times 14.67 \times 1.99^{1.82})}{1.4}}$$

$$D = 18.58 \text{ mm.}$$

- Por medio de la tabla del apéndice R, el diámetro interno de una tubería de cobre tipo L de  $\frac{3}{4}$ " es de 19.94 mm, por lo que seleccionamos para la línea de baja presión una tubería de cobre tipo L de diámetro nominal  $\frac{3}{4}$ ".
- Utilizando la ecuación 4.9 y la ecuación 4.10, se comprueba el uso correcto de la fórmula de Renouard.

$$Q/D < 150 \quad 4.9$$

$$1.99/19.94 < 150$$

$$0.099 < 150$$

$$R = 72000 \times \left( \frac{Q}{D} \right) \quad 4.10$$

$$R = 72000 \times \left( \frac{1.99}{19.94} \right)$$

$$R = 7185.6 < 2,000,000$$

➤ Finalmente se determina la velocidad en la tubería por medio de la ecuación 12

$$V = 354 \times Z \times Q \times P^{-1} \times D^{-2} \quad 4.13$$

$$V = 354 \times 1 \times 1.99 \times (0.026 + 1)^{-1} \times 19.94^{-2}$$

$$V = 1.73 \text{ m/s} < 15 \text{ m/s}$$

Para calcular los parámetros necesarios en la tubería de media presión, consideramos que la presión en la salida del regulador de primera etapa es de 0.69 bar (10 psig) (7). En la elección del regulador de primera etapa (subcapítulo 4.5) se analizará si para la temperatura más baja de funcionamiento del tanque, el regulador seleccionado podrá entregar el caudal de GLP a una presión no menor de 0.69 bar, de no ser el caso, se deberá nuevamente analizar la selección de la tubería de media presión con una presión menor, por consiguiente mayores diámetros de tubería.

Se considera que la pérdida de carga al final de la tubería (ingreso al regulador de baja) es de un máximo del 10% de la presión manométrica en el inicio de la tubería (17). La línea de media presión sale desde el regulador de alta ubicado próximo a la válvula de consumo del tanque de almacenamiento, y finaliza

antes del regulador de segunda etapa en cada uno de los apartamentos.

El procedimiento en este caso, será el de calcular la presión absoluta al final de cada tramo  $P_2$  por medio de la ecuación 4.11, se deberá realizar una tabla en una hoja electrónica donde se ingresen los valores de las variables para cada tramo, se iniciará en el punto 1 con una presión de 0.69 bar (salida del regulador de alta) mas 1 bar (1.69 bar presión absoluta), se deberá observar que las presiones calculadas no bajen del 10% de la presión manométrica inicial en el punto 1, es decir las presiones no deberán ser inferiores a 0.621 bar manométrico o 1.621 bar absoluto.

Para la obtención de las variables requeridas se seguirá el siguiente procedimiento:

- La línea de media presión inicia como una sola tubería, la misma que se va derivando a cada uno de los bloques, y luego a cada uno de los apartamentos, se hace necesario proceder a dividir en tramos como se indica en el plano 13, apéndice S.
- Seguidamente se determina la longitud de cada tramo haciendo uso del plano 14, apéndice T. En el caso de la línea

de media presión la longitud de la misma es considerable en comparación con la línea de baja presión, por lo que las pérdidas ocasionadas por los accesorios se pueden tomar como un 20% más de la longitud real de la línea.

- Se obtiene el Caudal Nominal Total ( $Q_{NT}$ ) en cada tramo, este caudal en el caso de los tramos que llevan GLP a más de dos apartamentos, lo multiplicamos por el factor de simultaneidad de casas ( $f_c = 70\%$ ) y por el factor de saturación de consumo ( $f_s = 90\%$ ). En el caso de los tramos que ingresan a cada apartamento, el caudal no se lo modifica ya que se lo hizo en el cálculo de las líneas de baja presión.
- Se despeja la ecuación 4.11, obteniéndose la ecuación 4.17 para el cálculo de  $P_2$  se realiza estimando los diámetros internos de la tubería de cobre, de tal forma que los valores de las presiones se encuentren entre el valor inicial de la presión manométrica y mínimo un 10% menos de la misma. Los valores obtenidos se indican en la tabla 27.

$$P_2 = \sqrt{\left( P_1^2 - 48.6 \times d_r \times L_E \times Q^{1.82} \times D^{-4.82} \right)} \quad 4.17$$

Tabla 27: Cálculo de Diámetros para la Red Primaria o de Media Presión

Tramo	P1 (bar)	L (m)	Le=L+20%	dr	Q <sub>NT</sub>	f	Q (m <sup>3</sup> )	Di(mm)	Dnom. (pulg)	P2 (bar)
1-2	1.690	10.6	12.77	1.54	31.84	0.63	20.06	19.94	3/4	1.654
2-3	1.654	2.7	3.24	1.54	15.92	0.63	10.03	13.84	1/2	1.638
3-4	1.638	0.9	1.08	1.54	1.99	1	1.99	10.92	3/8	1.637
3-5	1.637	0.9	1.08	1.54	1.99	1	1.99	10.92	3/8	1.636
3-6	1.638	2.9	3.48	1.54	11.94	0.63	7.52	13.84	1/2	1.628
6-7	1.628	0.9	1.08	1.54	1.99	1	1.99	10.92	3/8	1.627
6-8	1.628	0.9	1.08	1.54	1.99	1	1.99	10.92	3/8	1.627
6-9	1.628	2.9	3.48	1.54	7.96	0.63	5.01	13.84	1/2	1.623
9-10	1.623	0.9	1.08	1.54	1.99	1	1.99	10.92	3/8	1.623
9-11	1.623	0.9	1.08	1.54	1.99	1	1.99	10.92	3/8	1.623
9-12	1.623	2.9	3.48	1.54	3.98	0.63	2.51	13.84	1/2	1.622
12-13	1.622	0.9	1.08	1.54	1.99	1	1.99	10.92	3/8	1.621
12-14	1.622	0.9	1.08	1.54	1.99	1	1.99	10.92	3/8	1.621
2-15	1.654	26.7	32.04	1.54	15.92	0.63	10.03	19.94	3/4	1.627
15-16	1.627	0.9	1.08	1.54	1.99	1	1.99	10.92	3/8	1.626
15-17	1.627	0.9	1.08	1.54	1.99	1	1.99	10.92	3/8	1.626
15-18	1.627	2.9	3.48	1.54	11.94	0.63	7.52	16.92	5/8	1.623
18-19	1.623	0.9	1.08	1.54	1.99	1	1.99	10.92	3/8	1.623
18-20	1.623	0.9	1.08	1.54	1.99	1	1.99	10.92	3/8	1.623
18-21	1.623	2.9	3.48	1.54	7.96	0.63	5.01	16.92	5/8	1.622
21-22	1.622	0.9	1.08	1.54	1.99	1	1.99	10.92	3/8	1.621
21-23	1.622	0.9	1.08	1.54	1.99	1	1.99	10.92	3/8	1.621
21-24	1.622	2.9	3.48	1.54	3.98	0.63	2.51	16.92	5/8	1.621
24-25	1.621	0.9	1.08	1.54	1.99	1	1.99	13.84	1/2	1.621
24-26	1.621	0.9	1.08	1.54	1.99	1	1.99	13.84	1/2	1.621

➤ Finalmente se comprueba si los valores obtenidos anteriormente cumplen la relación Q/D, el número de Reynolds (R) y que el valor de la velocidad (V) en las líneas no sobrepase los 15 m/s. esto se indica en la tabla 28.

Tabla 28: Cálculo de la relación Q/D, Número de Reynolds y Velocidad en la Red Primaria

Q (m <sup>3</sup> )	Di (mm)	Q/D	R	V (m/s)
20.06	19.94	1.01	72430	10.80
10.03	13.84	0.72	52177	11.32
1.99	10.92	0.18	13121	3.61
1.99	10.92	0.18	13121	3.61
7.52	13.84	0.54	39133	8.54
1.99	10.92	0.18	13121	3.63
1.99	10.92	0.18	13121	3.63
5.01	13.84	0.36	26089	5.71
1.99	10.92	0.18	13121	3.64
1.99	10.92	0.18	13121	3.64
2.51	13.84	0.18	13044	2.86
1.99	10.92	0.18	13121	3.64
1.99	10.92	0.18	13121	3.64
10.03	19.94	0.50	36215	5.49
1.99	10.92	0.18	13121	3.63
1.99	10.92	0.18	13121	3.63
7.52	16.92	0.44	32009	5.73
1.99	10.92	0.18	13121	3.64
1.99	10.92	0.18	13121	3.64
5.01	16.92	0.30	21340	3.82
1.99	10.92	0.18	13121	3.65
1.99	10.92	0.18	13121	3.65
2.51	16.92	0.15	10670	1.91
1.99	13.84	0.14	10353	2.27
1.99	13.84	0.14	10353	2.27

➤ De las tablas 27 y 28 se pueden obtener las siguientes conclusiones:

$$P_1 = 0.69 \text{ bar (manométrica)}$$

$$P_2 \text{ menor} = 0.621 \text{ bar (manométrica)}$$

$$\text{Diámetros nominales obtenidos (pulg)} = 3/4", 5/8", 1/2", 3/8"$$

$$V \text{ mayor (m/s)} = 11.32$$

$$V \text{ menor (m/s)} = 1.91$$

Al cumplirse los límites de presión y velocidad, los diámetros obtenidos son los adecuados para el proyecto.

#### **4.4.6 Seguridad y protección contra corrosión y daños en las redes de distribución.**

Anteriormente, se determinó que la red de distribución de GLP sale desde el tanque estacionario ubicado sobre la terraza, continua sobre la misma, y se deriva ingresando verticalmente sobre las paredes de los ductos de luz de cada bloque, para nuevamente derivarse a cada punto de consumo en los apartamentos. Considerando este recorrido, la norma INEN 2260 manifiesta que para tuberías vistas se debe cumplir con las siguientes medidas de seguridad (14):

- Las tuberías verticales deben ir siempre vistas o en cajetines ventilados, tanto en su parte inferior como superior, y accesibles en toda su extensión.
- No se debe realizar perforaciones en elementos que comprometan estructuralmente al inmueble.
- Las tuberías de cobre no deben instalarse en cuartos de baño o zonas donde queden expuestas a la acción de compuestos amoniacales o aguas residuales.
- Los componentes flexibles de los sistemas de tuberías deben cumplir con la norma NTE INEN 885 para el servicio en el cual serán utilizados, se deben tomar las medidas necesarias para procurar la libre contracción y dilatación de los tubos con los cambios de tubería.
- Las tuberías que pueden estar expuestas a choques deben ser de material resistente o estar protegidas eficazmente por un dispositivo adecuado, deben protegerse de manera que se impida su uso como elemento de apoyo para otras funciones.
- Toda la instalación debe contar un sistema de purga y de limpieza.
- Las tuberías no deben instalarse en lugares en los cuales un escape de gas se pueda esparcir a través del edificio, ni por áreas donde haya transformadores eléctricos o recipientes de

combustibles líquidos o líquidos cuyos vapores o ellos mismos sean corrosivos.

- Adecuar limitadores de presión especialmente en edificios de gran altura.
- Forro aislante sobre determinados tubos, aunque estén encamisados para asegurar su aislamiento eléctrico en caso de ser necesario.
- Una conexión a tierra, para descargar la electricidad estática generada.
- Los ductos para las tuberías de gas combustible deben ser exclusivos, y tener facilidad para efectuar trabajos de mantenimiento, verificación de funcionamiento y control de los instrumentos de todo el sistema.
- Los dispositivos de fijación o anclaje deben situarse de tal manera que quede asegurada la estabilidad y alineación de la tubería, estos deben estar recubiertos de un material dieléctrico.
- Las normas técnicas UNE (Norma española) sugieren que para tuberías horizontales con tubos de cobre de 10 a 28 mm de diámetro, los soportes se suelen ubicar entre uno y dos metros (lo que proporcione estabilidad). Si los tubos son de dimensiones superiores, entre 2 y 3 m. En tuberías verticales se suele poner un punto de sujeción por piso en diámetros de

hasta 28mm. Para diámetros superiores dos puntos de sujeción por piso (3).

- Se debe colocar un dispositivo de anclaje cercano a la válvula de paso de cada artefacto.
- La tubería debe ser instalada con una pendiente continua del 0.5%.
- Las distancias mínimas de separación de una tubería vista de conducción de GLP a otras tuberías, conductos o el suelo se indican en la tabla 29 .

Tabla 29: Distancias de separación de tuberías de conducción de GLP a otras tuberías (14)

<b>CONDUCTO</b>	<b>Curso paralelo</b>	<b>Cruce</b>
Conducción de agua caliente	3 cm	1 cm
Conducción eléctrica	3 cm	1 cm
Conducción de vapor	5 cm	1 cm
Chimeneas	5 cm	5 cm
Suelo	10 cm	-

Como se explicó en el subcapítulo 4.4.2 “Selección de Materiales para el Proyecto”, el tubo de cobre es un metal que

tiene una gran resistencia a la corrosión atmosférica, tiene la capacidad de crear un estado de pasividad tal que llegue a asegurarse su protección. Por lo expuesto y considerando que la atmósfera donde se ubicará la tubería no es altamente corrosiva, el cobre se lo puede ubicar sin protección alguna.

#### **4.4.7 Elementos de dilatación.**

Se conoce que la dilatación lineal de la tubería de cobre por cada 1 metro de longitud es del orden de 0.165 mm cuando la variación de temperatura es de 10°C (Diferencia entre la temperatura mas baja esperada y la temperatura mas alta esperada en el sitio). La tubería estará expuesta a cambios de temperatura y a cruces entre zonas de dilatación de las obras de construcción civil (evitar en lo posible), por lo que es necesario sujetar la misma de forma que permita su libre dilatación y evitar empotramientos o anclajes rígidos.

El movimiento de dilatación y contracción ocasiona que las piezas fallen por fatiga, ante ello, se debe evitar colocar puntos de sujeción cerca de las tuberías, de esta forma lograr una dilatación libre. Es recomendable dejar libre y sin sujeción los tubos soldados a los extremos del accesorio a una longitud de

75 cm (en medidas de 12 mm a 19 mm) como se indica en la figura 4.1 (3):

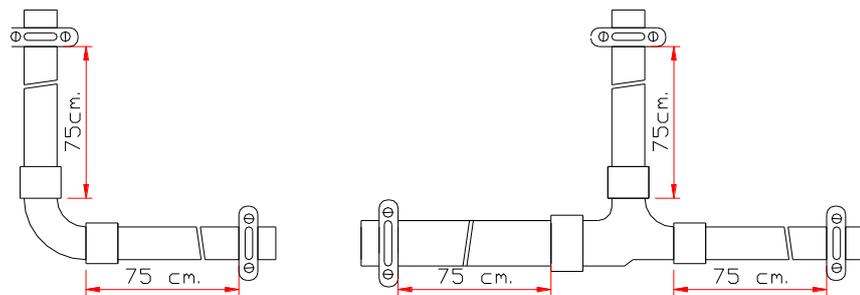


Figura 4.8 Puntos de sujeción en tuberías

(tomado de referencia [3])

En el proyecto, los tramos más largos son los que se deben analizar de tal forma evitar que en ellos se produzcan problemas de fatiga en los elementos debido a la dilatación. En el plano 14 del apéndice T, se puede observar que, existen dos tramos verticales de media presión cada uno de 11.32 m y un tramo horizontal de media presión (salida de tanque hasta el ingreso al segundo bloque) de 25.7 m Para el caso de cada tramo vertical la dilatación total será de 1.87 mm la misma que se puede controlar ubicando los apoyos en los extremos según la regla explicada anteriormente (75 cm libres desde el extremo). En el caso de la tubería horizontal la dilatación será de 4.24 mm,

aunque la dilatación resultante es pequeña y se puede controlar dejando libres 75 cm los extremos hasta los apoyos, se debe tomar en consideración que el paso de la tubería desde el primer bloque de departamentos hasta el segundo, tendrá que dilatarse en la misma medida con la separación de las terrazas, que puede ocurrir por efecto del sol, el viento o un movimiento telúrico. La forma de mitigar el efecto de dilatación es de colocar un elemento flexible en este tramo, el que puede ser una manguera de alta presión para uso con GLP según norma INEN 885, una junta de dilatación similar a las usadas en las líneas de vapor, o una lira de dilatación en cobre como la que se indica en la figura 4.9 (3).



Figura 4.9 Lira de dilatación

(tomado de referencia [3])

#### **4.4.8 Línea de carga.**

El tanque ubicado sobre la terraza, entre sus accesorios consta de una válvula de llenado de no retroceso, que como su nombre lo indica permite que el tanque de almacenamiento del GLP pueda ser llenado en el momento que se requiera evitando el retorno del GLP en sentido contrario. Al no poder llenarse el tanque directamente desde su ubicación, se deberá habilitar una línea de carga (tubería) que permita desde una ubicación adecuada conectar la manguera del vehículo cisterna (repartidor) a una nueva válvula de llenado en el inicio de la línea de carga, conducir el GLP por medio de una tubería hasta el ingreso de la válvula de llenado original del tanque y finalmente introducir el GLP en el tanque estacionario. La línea de carga deberá ubicarse completamente externa al edificio. La conexión de llenado deberá ubicarse a no menos de 2.4 m por encima del nivel del piso (19).

El diámetro de la línea de carga será el mismo que el de la válvula de llenado, en este caso para nuestro tanque de 2.8 m<sup>3</sup> el diámetro de la rosca de la válvula de llenado es de 32 mm NPT, que será el de la línea de carga. El vehículo cisterna por medio de una bomba mecánica trasvasará GLP en estado líquido desde el tanque del vehículo hasta el recipiente

estacionario en la terraza, a una presión promedio de 17 bar (250 psig). La tubería de la línea de carga deberá ser de tipo cédula 80 y con accesorios unidos mediante soldadura. En el plano 15 apéndice U se indica el trazado de la línea de carga.

#### **4.5 Reguladores de presión y contadores**

El regulador de presión, es en sí el corazón de la instalación centralizada. Su función es entregar un flujo constante de GLP a la presión de funcionamiento de los aparatos de consumo, sin importar las variaciones de presión en el tanque, que va desde la más baja, como 0.55 bar hasta 15 bar (6). Además, el regulador debe suministrar la misma presión de consumo de los equipos, sin importar la carga variable producida por el uso intermitente de los aparatos. La correcta elección del regulador sobre la base de la presión de salida y al flujo que se necesita, es fundamental para el buen funcionamiento de un sistema.

Por otra parte los contadores, son los equipos que permiten tanto al usuario como al repartidor del GLP determinar la cantidad de GLP consumido y distribuido respectivamente, en un determinado periodo.

##### **4.5.1 Tipos y características de los reguladores**

Las marcas y modelos de los reguladores usados para reducir la presión en las líneas de transporte de GLP desde el tanque estacionario hasta los puntos de consumo, son muy variadas y extensas. Entre las marcas de reguladores más conocidos en el medio tenemos, REGO, RECA, FISHER, HUMCAR, NOVA, entre otros. Una de las clasificaciones más concretas, la hace la empresa norteamericana REGO, la misma clasifica a los reguladores en (6):

- Reguladores de etapa sencilla: diseñado para ser usado independientemente en sistemas de etapa sencilla.
- Regulador de primera etapa, de alta presión: usado normalmente en aplicaciones de dos etapas en conjunto con un regulador de segunda etapa.
- Regulador de segunda etapa, de baja presión: diseñado para ser usado en sistemas de dos etapas simultáneamente con un regulador de alta presión.
- Regulador de segunda etapa, media presión: la presión de salida es de 0.14 bar (2 psig), y se usa en sistemas de dos etapas simultáneamente con un regulador de alta presión.

Dentro de cada clasificación se deberá seleccionar el regulador según la capacidad en m<sup>3</sup>/h (Kcal/h para los reguladores

REGO), la presión de entrada y el rango que se requiere en la presión de salida.

En la figura 4.10, se indica un regulador básico abre-cierra tipo manual, con los siguientes elementos que lo constituyen:

- Carcasa (2) o cuerpo del regulador
- Diafragma (4)
- Plato de diafragma (5)
- Orificio de entrada (7)
- Resorte para ajuste de presión de salida (3)
- Válvula abre-cierra (6)
- Tornillo de ajuste de la presión (1)
- Entrada de gas (8)
- Salida de gas (9)

En el regulador, el GLP fluye desde la parte de alta presión hasta la parte de baja presión. El GLP en la entrada del regulador (8) y en la entrada del orificio (7) entra a alta presión, inmediatamente después del orificio el GLP se expande y la presión disminuye dentro del regulador y en la salida del mismo (9).

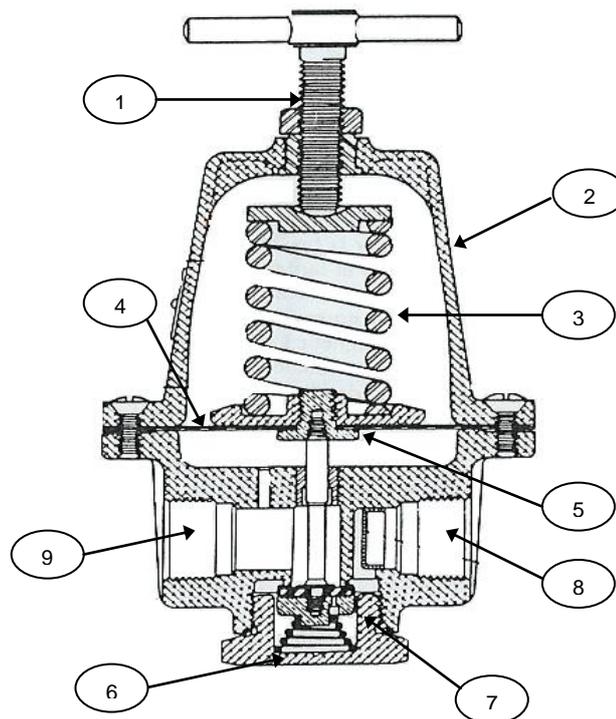


Figura 4.10 Regulador básico

Dentro del regulador y bajo el diafragma (4), existe una fuerza originada por la presión regulada del GLP, la cual trata de mover el diafragma hacia arriba; otra fuerza, originada por el resorte (3) trata de mover el diafragma hacia abajo, según cual sea la fuerza mayor, si la del GLP o la del resorte. Si la presión regulada aumenta, la fuerza que ejerce el GLP bajo el diafragma también aumenta y llega un momento en que se hace mayor que la fuerza que ejerce el resorte y entonces el diafragma se mueve hacia arriba.

La válvula abre-cierra (6) está conectada al diafragma mediante un juego de palancas, de manera que cuando el diafragma sube la válvula cierra, y cuando el diafragma baja la válvula se abre. Este movimiento de la válvula se verifica en fracciones de segundo. Este movimiento permite una presión uniforme, y un flujo uniforme del GLP que llega a los artefactos.

#### **4.5.2 Selección del regulador de primera etapa**

Anteriormente se mencionó que en este proyecto se usará dos tipos de reguladores, el de primera y el de segunda etapa. El uso de un solo regulador o de etapa sencilla, no es conveniente en este proyecto y una aplicación de doble etapa permitirá al distribuidor de GLP disminuir los mantenimientos y las llamadas de auxilio, ya que ofrece las siguientes ventajas:

- La presión de llegada a los aparatos de consumo es constante, permitiendo a los aparatos de consumo de mayor eficiencia operar estable y eficientemente.
- Cuando existe una expansión de gas a alta presión en la boquilla del regulador, se puede producir un enfriamiento de la misma condensando la humedad del medio y congelando el regulador. En un sistema de dos etapas la expansión del GLP de la presión del tanque a la presión de consumo de los equipos se divide en dos partes reduciendo la posibilidad de

congelamiento. Además luego de salir el GLP del regulador de primera etapa y entra a la línea de media presión, absorbe calor de esta línea, reduciendo así la posibilidad de congelación en la segunda etapa.

- En un sistema de etapa sencilla la tubería de transmisión debe ser suficientemente grande como para permitir conducir el GLP hasta el equipo doméstico a 27.4 mbar. En un sistema de doble etapa la tubería de entre el regulador de primera y segunda etapa puede ser bastante más pequeña ya que conduce GLP a una presión mayor que la de funcionamiento. El ahorro en tubería paga el uso de un segundo regulador.
- Los sistemas de dos etapas ofrecen un alto grado de flexibilidad, al permitir adicionar nuevos equipos instalando únicamente un nuevo regulador de segunda etapa.

Con las ventajas explicadas se procederá a continuación a seleccionar el regulador de primera etapa y luego el de segunda etapa.

Para determinar el regulador de primera, se requiere conocer tres parámetros: el consumo total nominal ( $C_{TN}$ ), la presión a la salida del tanque a la temperatura mas baja de

funcionamiento y la presión de trabajo en el inicio de la tubería de media presión.

El consumo total nominal ( $C_{TN}$ ) de la instalación se calculó anteriormente (subcapítulo 4.2.5) y es igual a 82.24 Kg/h o igual a 979,299.2 kcal/h.

La presión relativa en el tanque depende de la temperatura inicial del líquido y de la vaporización (2). En otras palabras, a cada temperatura corresponde una presión de vapor determinada, como puede apreciarse en la tabla 30:

Tabla 30: Presión de vapor en el recipiente con relación a la temperatura (2)

PRESION DE VAPOR RELATIVA bar / psig			
TEMPERATURA °C			
5°C	10°C	15°C	20°C
3,2	4	4,5	5,4

46,4	58	65,4	77,8
------	----	------	------

Con el uso de la tabla 30, se selecciona la presión en el tanque correspondiente a la temperatura mas baja que se puede presentar en la zona, en este caso se considera 5°C lo que nos da una presión relativa de 3.2 bar, la misma que es la presión de ingreso al regulador de primera etapa en la condición mas desfavorable.

La presión al ingreso de la línea de media presión se consideró anteriormente e igual a 0.69 bar. La selección del regulador de primera etapa debe permitir el ingreso del caudal requerido, a la menor presión en el tanque y entregar el flujo a una presión igual o sobre la presión requerida al inicio de la línea de media presión.

Los fabricantes de los reguladores REGO, recomiendan el uso de los siguientes tipos de reguladores en la primera etapa según el consumo, los que se indican en la tabla 31:

Tabla 31: Reguladores de presión primera etapa (6)

<b>Tipo de sistema</b>	<b>Máxima Carga (Kcal/hr)</b>	<b>Regulador sugerido</b>
Primera etapa-alta presión en sistemas de dos etapas	378,786.00	LV3303TR
	629,881.58	LV4403SR
		LV4403TR

La máxima carga requerida en el proyecto es de 979,299.2 Kcal/h mayor a los sugeridos en la tabla 31. Para trabajar con los reguladores indicados en la tabla 31, analizamos el cumplimiento de los parámetros dividiendo a la mitad la carga, con lo que se usarán dos reguladores, cada uno tendrá que trabajar con 489,649.6 Kcal/h y deberán cumplir los parámetros de presión en el tanque y en el inicio de la línea de carga explicados anteriormente.

Si seleccionamos un regulador de primera etapa de la marca REGO, el de mayor capacidad es el regulador LV4403TR cuyas características se indican en la tabla 32:

Tabla 32: Características del regulador REGO LV4403TR (6)

<b>Número de Parte</b>	<b>Conexión de entrada</b>	<b>Conexión de salida</b>	<b>Presión relativa de descarga de Fábrica (bar)</b>	<b>Capacidad de Vapor Kcal/h.*</b>
LV4403TR	NPT H, de 1/2"	NPT H de 1/2"	0.69	629,881.58

\*El flujo máximo se basa en una entrada de presión relativa de 1.38 bar mayor que la calibración del regulador y una presión de descarga 20% menor que la calibración.

Este tipo de regulador, aunque satisface la condición de la carga requerida (usando dos reguladores), no cumple con la condición de trabajo para la presión a la entrada del regulador que debe ser de 3.2 bar, esto se explica ya que el regulador viene calibrado a una presión de fábrica de 0.69 bar, y según la explicación de la tabla 32 para cumplir con la carga indicada en la tabla, la presión de entrada debe ser de 1.38 bar mayor que la presión de calibración del regulador, es decir a 0.69 bar se le suma 1.38 bar con lo que obtenemos 2.07 bar, inferior a la presión mínima que nosotros en las condiciones mas bajas de temperatura obtendremos, 3.2 bar.

Descartando los reguladores sugeridos por el fabricante, se procede a seleccionar reguladores para primera etapa de un mayor consumo y que se ajusten a nuestros requerimientos. La mayor capacidad, luego del regulador LV4403TR ya analizado, es el regulador 1584MN con las siguientes características, tabla 33:

Tabla 33: Características del regulador REGO 1584MN (6)

<b>Número de Parte</b>	<b>Conexión de entrada y salida</b>	<b>Rango recomendado de Presión relativa de descarga (bar)</b>	<b>Presión relativa de descarga recomendada (bar)</b>	<b>Capacidad de Vapor Kcal/h.*</b>
1584MN	NPT H, de 1/2"	0.2-2.07	1.38	1,763,668.42

\*El flujo máximo se basa en una entrada de presión relativa de 1.38 bar mayor que la calibración del regulador y una presión de descarga 20% menor que la calibración.

Este tipo de regulador, satisface la condición de la carga requerida (usando un regulador). Para determinar si cumple con la condición de trabajo para la presión a la entrada mínima que debe ser de 3.2 bar, observemos que el regulador viene calibrado a una presión de fábrica entre 0.2 bar y 2.07 bar, según la explicación de la tabla 33 para cumplir con la carga indicada en la tabla, la presión de entrada debe ser de 1.38 bar mayor que la presión de calibración del regulador, es decir, estimando una presión de calibración de 1.82 bar (está dentro

del rango de fábrica) le sumamos 1.38 bar con lo que obtenemos 3.2 bar, igual a la presión mínima en la entrada del regulador. Ahora, la presión de salida será 20% menos que la presión de calibración seleccionada e igual a 1.456 bar, nuestra presión requerida a la salida del regulador debe ser de 0.69 bar, que es menor a la obtenida por lo que el regulador seleccionado es el adecuado para la regulación en la primera etapa.

#### **4.5.3 Selección del regulador de segunda etapa**

Para determinar el regulador de segunda etapa, se requiere conocer tres parámetros: el consumo por departamento, la presión al ingreso del regulador de segunda y la presión de trabajo en los aparatos domésticos.

El consumo por departamento de la instalación calculado anteriormente e igual a 5.14 Kg/h o igual a 61,206.2 kcal/h.

La presión relativa necesaria en los aparatos de consumo es de 27.4 mbar con un rango de tolerancia del 5%.

La presión relativa de llegada al regulador de segunda etapa, será igual a la presión final en la línea de media presión, determinada por la que se obtuvo a la salida del regulador de

primera etapa menos un 10% considerando la caída de presión en la línea de media presión. En la selección de regulador de primera etapa para las condiciones más desfavorables, se obtuvo una presión a la salida del regulador de 1.456 bar, a este valor menos el 10% da 1.31 bar que es la presión a la entrada del regulador de segunda etapa.

Los fabricantes de los reguladores REGO, recomiendan el uso de los siguientes tipos de reguladores según la etapa y el consumo, tabla 34:

Tabla 34: Reguladores de presión segunda etapa (6)

<b>Tipo de sistema</b>	<b>Máxima Carga (Kcal/hr)</b>	<b>Regulador sugerido</b>
Segunda etapa-baja presión en sistemas de dos etapas	235,575.7	LV4403B
	251,952.6	LV4403B66RA
	403,124.4	LV5503B4/B6
	579,491.0	LV5503B8
	2,469,135.8	LV6503B

La máxima carga requerida por departamento es de 61,206.2 kcal/h, para trabajar con los reguladores indicados en la tabla 34, analizamos el cumplimiento de los parámetros de presión relativa de entrada al regulador y de consumo.

Si seleccionamos un regulador de segunda etapa de la marca REGO, el más próximo de acuerdo a la capacidad es el regulador LV4403B con las siguientes características:

Tabla 35: Características del regulador REGO LV4403B (6)

<b>Número de Parte</b>	<b>Conexión de entrada y salida</b>	<b>Rango de ajuste</b>	<b>Presión relativa de descarga de Fábrica (mbar)</b>	<b>Capacidad de Vapor Kcal/h.*</b>
LV4403B	NPT H, de 1/2"	22.4-32.4	27.4	235,575.7

\*Flujo máximo basado en una entrada de presión relativa de 0.69 bar y 22.4 mbar de presión relativa de descarga.

Este tipo de regulador satisface la condición de la carga requerida (usando un regulador), la presión relativa al ingreso

del regulador de segunda etapa es de 1.31 bar mayor a la indicada en la tabla 35, por lo que el regulador seleccionado cumple con las condiciones necesarias de flujo y presión.

#### **4.5.4 Tipos y características de los contadores**

La función de un contador de GLP, es medir volumétricamente el GLP entregado que pasa a través del mismo hacia los equipos que consumen el GLP. Principalmente, los equipos de medición de consumo de GLP en estado gaseoso, se clasifican en contadores de tipo diafragma, y contadores de tipo rotatorio (14).

Los contadores de tipo rotatorio, dependen de dos lóbulos en forma de ocho. Los lóbulos giran al pasar el GLP, de manera que, durante su operación, cada uno de ellos aísla entre él y el cuerpo un volumen fijo de GLP, que es evacuado a través de la salida del contador (18). Los contadores rotativos son adecuados para medir caudales importantes de GLP, por ello su aplicación es mas en el campo industrial que en el residencial.

Los contadores de diafragma, cuantifican el volumen de gas que pasa a través del mismo, mediante el llenado y vaciado periódico de cámaras de medición provistas de diafragmas (10).

Se utilizan preferentemente en instalaciones residenciales, donde se manejan bajos caudales y bajas presiones, el volumen ocupado es indicado por el contador que lo expresa en  $m^3/h$ . Por lo anterior, veremos en mayor detalle las características de este tipo de contador.

En la figura 4.11, se indica un contador del tipo diafragma, con los siguientes elementos que lo constituyen:

- Tubo de ingreso (1)
- Tubo de salida (2)
- Cámara de medición (3)
- Cámara de medición (4)
- Caja de juego de válvulas (5)
- Índice (6)
- Mecanismo de transmisión (7)
- Cuerpo (8)

En el contador, el volumen de GLP ingresa por el tubo (1) hasta la cámara de medición (3), que es un recipiente de volumen determinado que incluye un diafragma, esta cámara se empieza a llenar de GLP moviendo el diafragma, el que por intermedio de un mecanismo de transmisión (7) que interconecta el diafragma con la caja de juego de válvulas (5), trasmite un movimiento

circular a la caja, la misma sincronizadamente canaliza el GLP de la cámara de medición (3) hacia el tubo de salida del GLP (2), vaciando dicha cámara, al mismo tiempo la cámara de medición (4) que igualmente contiene un volumen fijo y un diafragma, empieza a llenarse de GLP igual como sucedió con la cámara (3). El mecanismo de transmisión (7), además, interconecta la caja de juego de válvulas con el índice (6) que indica el volumen de GLP que ha pasado a través del instrumento, esta medición es directamente proporcional al número de veces que la cámara de medición se llena o vacía.

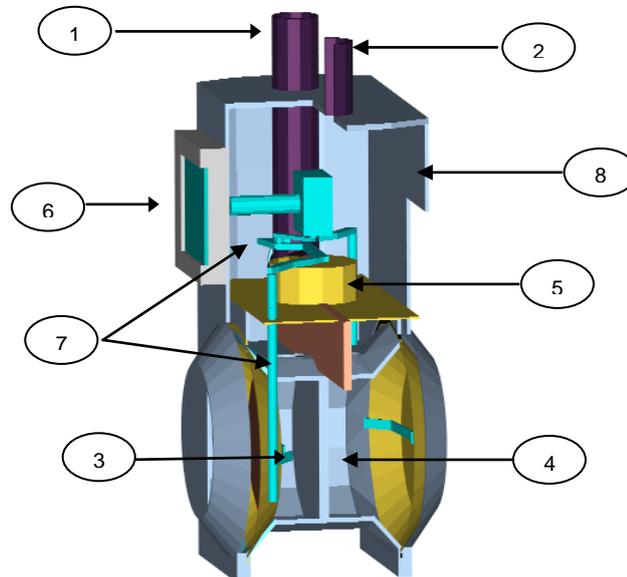


Figura 4.11 Contador de diafragma

#### 4.5.5 Selección del contador

Se deberá ubicar un contador que registre el consumo del cliente, al ingreso de cada apartamento. Por lo indicado en el subcapítulo anterior, el contador adecuado para uso residencial, será un contador de tipo diafragma.

Los parámetros requeridos para la selección de un contador son, el caudal máximo y mínimo de operación, la presión máxima de operación, y la caída máxima de presión de diseño permitida en el contador.

En la tabla 25 se indican los caudales en  $\text{m}^3/\text{h}$  para cada uno de los equipos, se observa que el menor caudal de operación por apartamento es de  $0.359 \text{ m}^3/\text{h}$  correspondiente a la secadora de ropa, y que el máximo caudal de operación será la suma de cada uno de los caudales, e igual a  $2.49 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Los contadores de GLP de uso residencial, por su presión de trabajo generalmente se los ubica luego del regulador de segunda etapa, la presión de salida del regulador de segunda etapa será la de entrada al contador, y en este caso igual a la presión de consumo de los equipos, que es de  $27.4 \text{ mbar}$ .

La máxima caída de presión permitida en el contador, que se consideró anteriormente, es de 1.2 mbar.

Existen múltiples marcas de contadores, se deben seleccionar el contador, eligiendo el que se encuentre lo más cercano a los parámetros requeridos de operación.

El contador de diafragma marca Elster-Amco, modelo BK-G1.6 tiene las siguientes características técnicas (11), para mayor detalle referirse al apéndice V:

- Caudal mínimo de operación 0.016 m<sup>3</sup>/h
- Caudal máximo de operación 3 m<sup>3</sup>/h
- Presión máxima de operación 0.1 bar (100 mbar)
- Caída de presión a 2.5 m<sup>3</sup>/h, igual a 0.171 mbar.

Como se puede apreciar, las características técnicas del contador satisfacen los parámetros de operación requeridos, por lo que se elegirá este tipo de contador.

#### **4.5.6 Ubicación final de reguladores y contadores**

Para el caso del GLP, siempre se debe ubicar el regulador de primera etapa a la salida del tanque estacionario y en el exterior de la edificación (14). En nuestro caso, la ubicación del

regulador de primera etapa se ubica según las normas de seguridad, a la salida del tanque estacionario el que se encuentra en la terraza, permitiendo de esta forma en caso de daño en el diafragma del regulador, descargar el GLP directamente a la atmósfera.

El regulador de segunda etapa para cada apartamento, se instalará antes y conjuntamente con el contador, siempre antes del regulador de segunda etapa se deberá instalar una válvula de cierre (14). Se prevé instalar los reguladores de segunda etapa en el vestíbulo de cada piso al ingreso de cada apartamento, de esta manera en caso de peligro por falla del mismo descargarán directamente hacia el ducto de luz.

Para la correcta ubicación de los contadores, se deberá tomar en consideración las siguientes medidas de seguridad (14):

- Su localización debe ser preferentemente en la parte externa de las viviendas o en áreas comunes.
- Se prohíbe su instalación en cuartos de: máquinas, ascensores, distribución eléctrica, transformadores o en instalaciones que puedan producir llamas o chispas.
- No ubicarlos donde puedan sufrir daños, sujetos a corrosión o a vibración excesivas.

- Los contadores deben ubicarse en lugares secos y ventilados, que sean accesibles al mantenimiento, y que permitan su fácil lectura, deben ubicarse máximo a 2.20 m del suelo, y nunca al mismo nivel del suelo.
- Se deben ubicar a mínimo de 0.9 m de fuentes de ignición.
- No deben ubicarse en lugares con alta temperatura.
- El gabinete deberá estar ventilado con rejillas de una superficie mínima útil de ventilación de 1/10 de la superficie de las puertas del gabinete, comunicadas con el exterior y protegidas con tela metálica.
- La abertura por donde se evacuará el aire viciado o ingreso del mismo, podrá comunicar con el exterior, de forma indirecta a través de escaleras, zaguanes, etc, o directamente por ductos de ventilación, etc.
- Los contadores deben disponer de válvulas que permitan el suministro o suspensión del servicio.

Considerando lo anterior, los contadores se ubicará conjuntamente con los reguladores de segunda etapa en gabinetes herméticos indicados en el plano 16 apéndice W, situados dos en cada vestíbulo en los respectivos pisos.

#### **4.6. Accesorios y dispositivos.**

Al seleccionar anteriormente el tipo de material que se usará en las tuberías que conducirán el GLP tanto en la red primaria como la red secundaria, se seleccionó como mejor opción para este proyecto la utilización de tubería de cobre tipo L, la que viene en longitudes de 6, 18 y 30 m.

A los accesorios, los dividiremos en los de continuidad, y los accesorios de seguridad, los primeros se los usa para permitir los cambio de dirección, derivaciones y la unión de la tubería, en cambio los accesorios de seguridad garantizan un abastecimiento de GLP limpio, seguro y permiten el bloqueo del paso de GLP en caso de ser necesario.

##### **4.6.1 Accesorios**

Este tipo de accesorios se usarán en el recorrido que realizará la tubería desde la terraza hasta los diferentes puntos de consumo, los accesorios utilizados en tubería de cobre serán de: cobre, latón o bronce (3). Los accesorios podrán tener sus extremos roscados internamente identificados como accesorios HI, extremos roscados externamente llamados HE y accesorios soldables llamados SO.

Dentro de estos, los más importantes son: codo 45°, codo 90°, puentes, te, reducciones, unión, unión universal, adaptadores, entre otros, figura 4.12

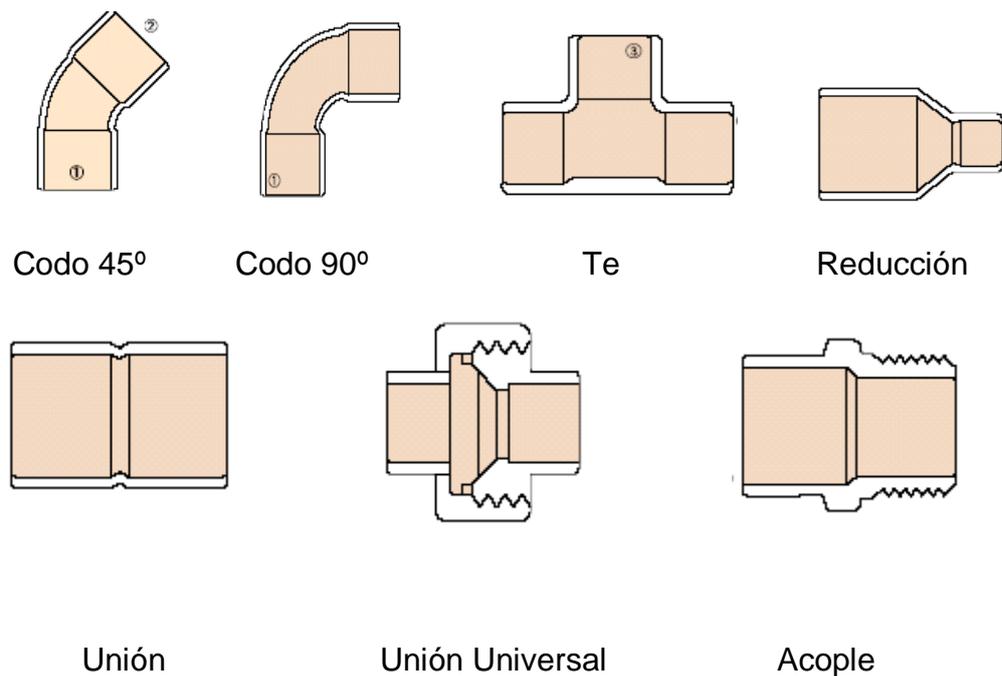


Figura 4.12 Accesorios de cobre

Las uniones en la tubería de cobre con los accesorios, se deberá realizar de tal forma que la unión garantice la estanqueidad del sistema. Estas uniones podrán ser de tipo roscado mientras la presión de servicio no exceda 0.35 bar, caso contrario la unión será con soldadura de cobre con

materiales de fusión mayor que 538°C (soldadura fuerte por capilaridad). Las aleaciones para soldadura de cobre no contendrán más que el 0.05% de fósforo (3).

En nuestro caso, la presión en la línea de media presión es mayor a 0.35 bar por lo que se deberá realizar la unión de la tubería con los accesorios por medio de soldadura de cobre. En la línea de baja presión es permitido colocar accesorios roscados, pero en tubería de cobre esto resulta impráctico, ya que se deberá primero soldarse o abocinarse al extremo del tubo un accesorio que tenga uno de los extremos roscado y de igual forma en el otro extremo del tubo se deberá realizar lo mismo, y así poder unir roscando los dos tubos, lo práctico es utilizar un solo accesorio y soldarlo a los extremos de los tubos a unir.

En la soldadura fuerte por capilaridad se debe considerar la composición del material de aportación, el tipo de fundente y la cantidad de calor requerida para derretir el material de aportación (22).

El material de aportación más común usado en soldadura fuerte es una varilla fosfórica de plata cobre, la plata presente en bajo

contenido mejora las características de flujo del metal derretido aumentando su penetración (22). El material de aportación deberá fundirse a temperaturas mayores a  $538^{\circ}\text{C}$ , pero a temperaturas menores que la de fundición del tubo de cobre. Los mejores resultados se obtienen utilizando varillas con aleaciones que se fundan a temperaturas lo más bajas posibles y con intervalos de solidificación lo más estrechos posibles. En instalaciones de gas de baja y media presión, el material de aporte más adecuado es la varilla llamada Platex AG-150F, esta tiene un 15% de plata y punto de fusión de  $650^{\circ}\text{C}$  (22). En soldadura fuerte intervienen tres materiales con diferentes puntos de fusión, figura 4.13.

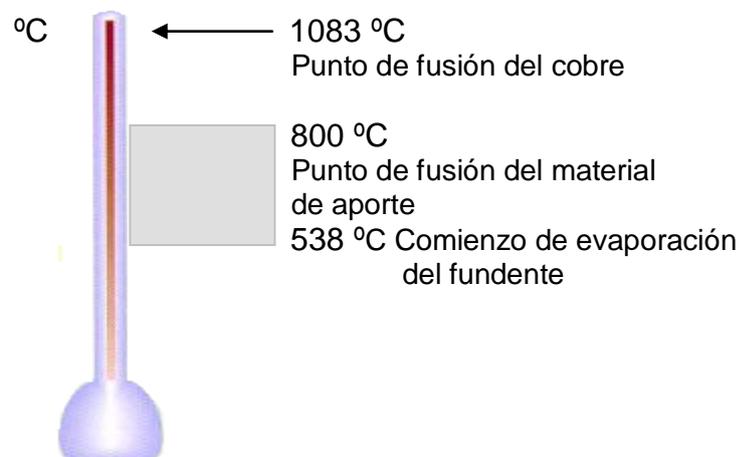


Figura 4.13 Puntos de fusión del cobre, material de aporte y fundente

La función del fundente es la desoxidar la superficie metálica así como de protegerla durante el calentamiento, además facilita y mejora la penetración y distribución del material de aporte durante la soldadura. Cuando se usa soldadura fuerte con varilla en uniones cobre a cobre, no es necesario la aplicación de fundente, ya que el fósforo y el metal de base actúan como agente fundente, el fundente es necesario en uniones de cobre con bronce o cobre con latón. El fundente no tiene como función limpiar las superficies a unir, se lo debe valorar por aspectos como (3,22):

- No ser tan ácido, ya que en caso de que los residuos del mismo no se limpien adecuadamente, estos no produzcan corrosión en el tubo y/o accesorios.
- Deben ser solubles en agua, de esta forma poder eliminar fácilmente los residuos del fundente.
- Debe ser estable durante su almacenamiento, ante el paso del tiempo y los cambios de temperatura.
- No debe ser tóxico ni irritante.
- Debe ser apropiado para el tipo de fluido que se va a transportar en las tuberías.

El proceso de soldadura fuerte se fundamenta en el proceso de capilaridad, el que consiste en la ascensión de un líquido por un

tubo pequeño debido a la tensión superficial, esta altura de ascensión capilar del líquido es inversamente proporcional al diámetro del tubo (3). Si en vez de un tubo pequeño se usan dos tubos encajados el uno en el otro, con una holgura pequeña, el líquido ascenderá por la holgura manifestándose el fenómeno de capilaridad. Esta situación es la que se da entre la unión de un accesorio y un tubo, figura 14.

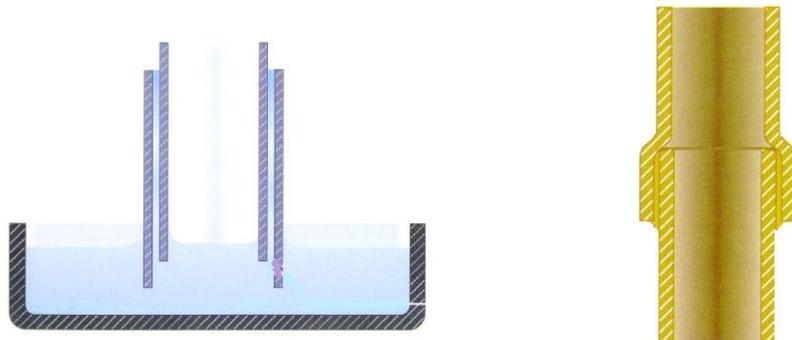


Figura 4.14 Fenómeno de capilaridad

Por lo explicado, la soldadura por capilaridad se da cuando un accesorio y un tubo se unen aportándose calor al conjunto, de tal forma que el material de aporte se funde, y este por el fenómeno de capilaridad asciende dentro del reducido espacio que hay entre la pared del accesorio y del tubo, al enfriarse se consigue una unión totalmente hermética.

La calidad en la unión de los accesorios con la tubería de cobre, depende de la experiencia y habilidad del soldador, los pasos secuenciales que se deben seguir para obtener una adecuada soldadura los describimos a continuación (3,22):

- Corte: Cortar el tubo perpendicularmente, asegurarse que sea a  $90^\circ$ , de preferencia hacerlo utilizando un cortatubo, figura 4.15



Figura 4.15 Corte del tubo (22)

- Rebabado: Seguidamente quitar las rebabas del tubo, ya que estas pueden causar turbulencias, asegurarse de que el accesorio calce correctamente con el tubo, figura 4.16
- Limpieza: Antes de aplicar el fundente es necesario lijar y desengrasar las superficies internas y externas a unir, para ello se utiliza una lija fina o lana de acero, se debe evitar que al limpiar se arranque material, figura 4.17



Figura 4.16 Rebabado del tubo (22)



Figura 4.17 Limpieza del tubo (22)

- Aplicación del fundente: En caso de unión cobre con cobre no es necesaria la aplicación de fundente. Inmediatamente luego de la limpieza, se debe utilizando una brocha aplicar el fundente para soldadura fuerte, con una capa delgada y regular sobre el tubo y el accesorio, el tiempo máximo que se

debe dejar un elemento con fundente antes de la soldadura, no debe sobrepasar de 2 a 3 horas, figura 4.18



Figura 4.18 Aplicación del fundente (22)

➤ Acoplamiento: El tubo se introducirá hasta el tope del accesorio, se gira de izquierda a derecha para repartir uniformemente el fundente y se limpia con un paño el exceso del mismo, figura 4.19



Figura 4.19 Acoplamiento tubo-accesorio (22)

➤ Calentamiento: Como dispositivo de calentamiento se usará un equipo de oxígeno acetileno u oxígeno propano, se regulará el soplete con una llama calorífica y no oxidante de color azul, figura 4.20. Primero se precalienta la tubería, después la tubería y el accesorio se continua calentando hasta que la unión se ponga de un color rojo apagado, para verificar si se ha llegado a la temperatura adecuada se pasa la varilla en el borde del accesorio, cuando se ha alcanzado la temperatura correcta, la varilla del metal de aportación se derretirá en contacto con la unión, se debe derretir la varilla con el calor de la unión más no con el calor directo de la llama del soplete, la flama debe estar en continuo movimiento haciendo que se efectuó el efecto capilar en el metal de aportación derretido en la holgura de la unión, figura 4.21



Figura 4.20 Color de llama (22)

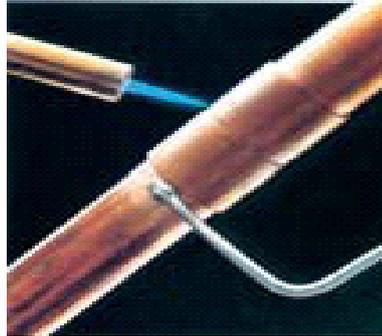


Figura 4.21 Calentamiento (22)

- Enfriamiento y limpieza: Finalmente, luego de un tiempo prudencial, procedemos por medio de un paño húmedo a acelerar el proceso de enfriamiento y luego se limpia la unión en caso de que existan residuos de fundente, figura 4.22



Figura 4.22 Enfriamiento y limpieza (22)

La cantidad de material de aporte que se requiere en la unión por medio de la soldadura, es igual al volumen que ocupa el mismo en el intersticio entre el tubo y el accesorio. Este volumen es igual al volumen de un cilindro hueco de espesor de pared  $e$  y de altura  $L$ , figura 4.23.

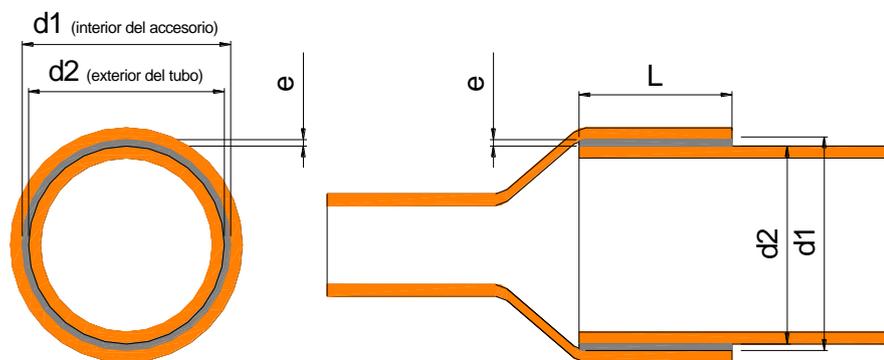


Figura 4.23 Volumen del material de aporte (3)

El volumen del intersticio se calculará por medio de la ecuación 4.18.

$$V_{\text{intersticio}} = 0,785 \times (d_1^2 - d_2^2) \times L \quad 4.18$$

#### 4.6.2 Dispositivos

Aunque su función es de igual importancia que los reguladores de presión o los contadores, los clasificamos como dispositivos

debido a su pequeño tamaño y a su simplicidad de funcionamiento, los dispositivos nos permiten mantener el flujo de GLP dentro de parámetros adecuados de presión y limpieza, permiten bloquear la continuidad del GLP en las líneas y evitan el retroceso del fluido. Los dispositivos que por norma mínimo se deben ubicar en la instalación de gas licuado son (17):

- Válvula de alivio: Se lo colocará al inicio de la línea de media presión o en el regulador de primera etapa, su función es la de no permitir un nivel de presión de trabajo máximo al permitido para las tuberías y dispositivos, figura 4.24.



Figura 4.24 Válvula de alivio (6)

- Válvula de retención: Se ubica después del regulador de alta, su función es la de no permitir el retorno del GLP en la línea de media presión, figura 4.25.



Figura 4.25 Válvula de retención (23)

➤ Limitador de caudal: Es un dispositivo que se conecta generalmente a la salida de la válvula de servicio del tanque, antes del regulador de alta presión. Su función es bloquear el paso de GLP en caso de que por rotura del regulador o de la tubería se produzca una salida brusca y anormal del GLP, en esas condiciones el limitador bloquea el paso del GLP, figura 4.26.

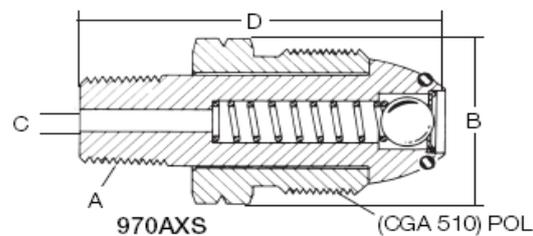


Figura 4.26 Limitador de caudal (6)

Válvulas de corte: Estas deben seleccionarse tomando en cuenta la caída de presión producida, el uso en emergencia, la confiabilidad de la operación y que sean estrictamente para uso con GLP. Su función es la de bloquear el paso del GLP en caso

de mantenimiento o de presentarse una emergencia. Su ubicación se debe realizar a la salida del regulador de alta presión, antes del regulador de segunda etapa o baja presión, al ingreso de cada uno de los aparatos de consumo y válvulas de corte al ingreso de cada bloque de apartamentos, figura 4.27.



Figura 4.27 Válvula de corte (23)

➤ Manómetro: Se instalarán al inicio de la línea de media presión o en el regulador de primera etapa, y al inicio de la línea de baja presión o en el regulador de segunda etapa. Este dispositivo permite censar que la presión en la instalación del sistema sea la adecuada. En la línea de media presión se usará un manómetro con un rango de 0 a 2 Kg/cm<sup>2</sup>, y en la línea de baja presión el manómetro recomendado será con un rango de 0 a 0.15 bar, figura 4.28.

La válvula de alivio y el manómetro si no se los puede ubicar en los reguladores, se los ubicará roscados por medio de adaptadores a tes ubicadas en las tuberías.



Figura 4.28 Manómetro (6)

En el caso de las válvulas de corte, no es conveniente que el calor de la soldadura que se efectuó en la tubería alcance la misma, ya que debilitaría el sello en la válvula, lo recomendable es abocinar el extremo del tubo y por medio de una tuerca roscar a la válvula de corte, figura 4.29.

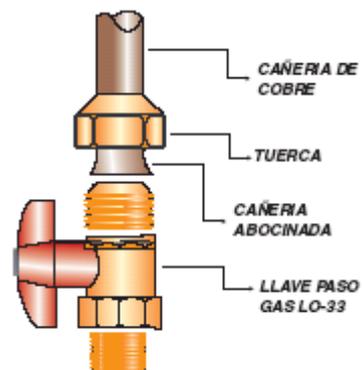


Figura 4.29 Unión roscada (3)

#### 4.7. Trazado Final.

Luego de haber analizado la ubicación de los principales componentes en la instalación de GLP, se procederá a realizar el plano isométrico del trazado final, indicados en los planos 17, 18 y 19 de los apéndices X, Y y Z, para ello utilizaremos las simbologías indicadas en la tabla 36 (10,3):

Tabla 36: Simbologías de equipos  
y accesorios

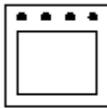
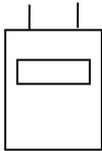
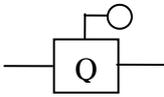
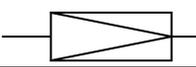
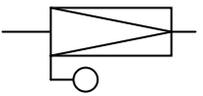
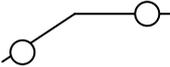
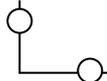
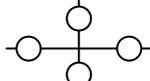
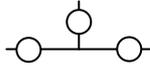
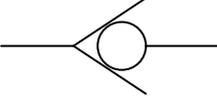
Denominación	Símbolo
Calentador de agua	
Cocina con horno	
Contador de GLP	
Manómetro	
Limitador de caudal	
Regulador	
Regulador con válvula de máxima presión	

Tabla 36: Simbologías de equipos  
y accesorios

Codo 45° soldable	
Codo 90° soldable	
Punto de derivación en Cruz, soldable	
Punto de derivación en Te, soldable	
Secador de ropa	
Tanque	
Tierra	
Tubería de cobre Media Presión	$\frac{\emptyset \dots \text{Cu}}{\text{MP}}$
Tubería de cobre Baja Presión	$\frac{\emptyset \dots \text{Cu}}{\text{BP}}$
Manguera flexible	
Válvula de corte	
Válvula de retención	

# CAPITULO 5

## 5. PRUEBAS FINALES.

### 5.1 Pruebas de hermeticidad finales

Una vez que se ha finalizado la instalación de las líneas de media y baja presión, y antes de proceder a conectar el regulador de primera etapa por medio de un acople flexible (manguera) a un extremo de la línea de media presión y al regulador de segunda etapa en el otro, y en el caso de la línea de baja presión, antes de conectarla al contador volumétrico en un extremo y a los gasodomésticos por medio de un acople flexible; se procede inicialmente a limpiar las tuberías del sistema por medio de aire a presión, de esta forma evitar que dentro de ellas queden materiales extraños que pudieran interferir en el normal funcionamiento de la instalación.

Realizado el procedimiento anterior, se procede a instalar en cada uno de los extremos de las tuberías de las líneas de media y baja presión, un accesorio constituido por un manómetro y una válvula de cierre

rápido, los otros extremos de las tuberías se cerrarán herméticamente utilizando un tapón provisional.

El siguiente paso es probar la “estanqueidad” del sistema de tuberías, para ello inyectamos dentro de las mismas, aire o gas inerte<sup>5</sup> (dióxido de carbono, nitrógeno, etc.) a una presión igual a 1.5 veces la presión máxima de servicio, esta presión de ensayo no puede ser inferior a 0.21 bar (14). El tiempo de prueba deberá ser de 10 minutos como mínimo.

En nuestro caso, la presión de cálculo al inicio de la línea de baja presión fue de 27.4 mbar por tal razón, ensayaremos la estanqueidad de esta línea con aire o gas inerte a una presión de 0.21 bar manteniendo la misma 10 minutos como mínimo. En la línea de media presión, la presión de cálculo al inicio de la línea es de 0.69 bar, por lo que el ensayo de estanqueidad se realizará usando una presión de 1.04 bar manteniendo la misma 10 minutos como mínimo. Se instalará en un extremo de la línea el manómetro con la válvula de cierre rápido y se inyectará por medio de un compresor o un tanque a presión el gas inerte, el otro extremo permanecerá con un tapón.

---

<sup>5</sup>Gas Inerte: A diferencia del oxígeno, el gas inerte no participa como comburente en la formación del fuego (26).

Si la presión no decae dentro de este tiempo se puede considerar a las líneas de servicio como estancas, caso contrario se rastreará la fuga de aire o gas inerte si es el caso, y una vez corregida la falla se procederá a realizar nuevamente el ensayo de estanqueidad. Este procedimiento deberá quedar registrado por escrito.

Las válvulas se deben revisar al mismo tiempo que se prueba las tuberías, abriéndolas y cerrándolas para comprobar su funcionamiento y estanqueidad.

Finalmente, se realizan las respectivas conexiones de tal forma que el GLP fluya del tanque estacionario hacia los gasodomésticos, se debe purgar todo el aire que se encuentre presente en el sistema.

## **5.2 Ajuste de llamas**

Para la comprobación de la presión de funcionamiento de los equipos, se utilizará un manómetro de mayor precisión, el mismo que se ubica a la salida de la manguera que ingresa a cada gasodoméstico, se debe comprobar que la presión en este punto sea la de funcionamiento del equipo igual a 27.4 mbar ( $\pm 5\%$ ), en nuestro caso es la misma en los tres equipos de consumo. Para esto, se va

regulando la presión de ingreso a la línea de baja presión, en el regulador de segunda etapa ubicado antes del contador volumétrico.

El siguiente paso luego de la calibración de la presión, es conectar de una manera que asegure su estanqueidad, cada una de las mangueras hacia las entradas de los equipos de consumo. Se procede a ventilar el área, se deberá inspeccionar nuevamente todo el sistema para verificar la ausencia de fugas y luego encendemos cada uno de los equipos de consumo.

Al encender los equipos de consumo, se deberá observar que (17):

- La llama no trate de desprenderse del quemador, si este es el caso se debe a un exceso de presión.
- La llama no retroceda hacia el interior del quemador, esto se debe a un exceso de aire por baja presión del GLP.
- Si la llama es de color amarillo, alargada y de combustión más lenta, existe una mala regulación por defecto de aire. Si la llama es de aspecto anaranjado, puede deberse a elementos extraños en el quemador (polvo), esto se soluciona limpiando el mismo.

Las observaciones anteriores, deben solucionarse inmediatamente hasta que la llama presente un penacho casi transparente, en el

centro del cual se forma un cono azul, será una llama corta, definida y de combustión ligera.

# CAPITULO 6

## 6. MEDIDAS DE SEGURIDAD.

### 6.1 Ubicación de los aparatos.

Al realizarse la combustión en los equipos, se obtiene una llama, a mayor o menor temperatura, con desprendimiento de calor y la emisión de humos, en mayor o menor grado tóxicos dependiendo principalmente de la fabricación y de los años de operación de los equipos. Por lo anterior, es necesario ubicar el equipo en lugares adecuados que le permitan al usuario un uso totalmente fiable.

Analizaremos las condiciones necesarias que deben cumplir los tres equipos de consumo de GLP, la cocina, el secador de ropa y finalmente el calentador instantáneo de agua, sin olvidar las instrucciones del fabricante.

La cocina doméstica, se debe siempre conectar a la línea de baja presión por medio un tubo flexible (manguera) no mayor a 1.50 m (14),

ajustado con abrazaderas ajustables con herramienta, que se debe conectar por la parte posterior del equipo, y no quede en contacto con las partes calientes del mismo. Se instalará dejando un espacio de 15 cm respecto de cualquier material combustible, los pisos combustibles ubicados debajo de la cocina deberán aislarse adecuadamente. El espacio libre vertical por encima de la parte de cocción superior no menor que 76 cm respecto de los armarios de material combustible o metal (19).

El secador de ropa, se debe siempre conectar a la línea de baja presión por medio un tubo flexible (manguera) no mayor a 1.50 m, ajustado con abrazaderas ajustables con herramienta, se instalarán dejando un espacio de 15 cm respecto de cualquier material combustible, los pisos combustibles ubicados debajo de secadoras de ropa deberán aislarse adecuadamente. El aire de combustión deberá descargarse al exterior. Los conductos para la descarga de los gases no deben atrapar pelusas o disminuir la eficiencia del sistema de escape (19).

El calentador de agua, se debe siempre conectar a la línea de baja presión por medio un tubo flexible (manguera) no mayor a 1.50 m, ajustado con abrazaderas ajustables con herramienta, se instalara el tubo flexible de forma que no quede en contacto con la partes

calientes del calentador. La evacuación de los gases de combustión, se deben eliminar hacia fuera del cuarto donde se encuentra ubicado (lavandería) ya sea por medio de un ducto independiente o de un ducto de evacuación general. El espacio libre vertical arriba del calentador debe ser de 0.4 m como mínimo, y la altura mínima de ubicación del calentador sobre el nivel del piso deberá ser de 1.5 m. Por último, deberá contar con un piloto o algún sistema de encendido eléctrico aprobado (19).

## **6.2 Inscripciones de seguridad y su ubicación.**

La tubería de conducción de GLP, según norma NTE INEN 440 deberá pintarse de color blanco para GLP en estado líquido (línea de carga) y de color amarillo ocre para GLP en estado gaseoso (15). En los sitios donde pueda existir manipulación de: válvulas, acoples flexibles, gabinetes de los contadores, reguladores y tanque de almacenamiento se deberá señalizar indicando el tipo de gas combustible con el que trabaja el sistema, se deberá ubicar la señalización en lugares de fácil observación e identificación.

Es así que, en el sitio de ubicación del tanque, y cumpliendo lo establecido en la norma NTE INEN 2260, se instalarán señales de seguridad de “NO HACER FUEGO/GAS” y “PELIGRO DE FUEGO/GAS” como se indican en las figuras 5.1 y 5.2 como señal de

seguridad 1 y 2 respectivamente, y en los gabinetes de los contadores se ubicará la leyenda en color rojo “GLP”, indicado en la figura 5.3 como señal de seguridad 3.



Figura 5.1 Señal de seguridad 1      Figura 5.2 Señal de seguridad 2



Figura 5.3 Señal de seguridad 3

### **6.3 Acciones en caso de eventualidades.**

Al ser el GLP un fluido altamente inflamable y explosivo, que pudiera ocasionar pérdidas humanas y/o materiales, debido a la incorrecta utilización del combustible por parte del usuario o fallas en el sistema que pudieran acarrear fugas de GLP, obliga a que a las personas que habitarán en cada uno de los apartamentos, se les informe de los peligros que enfrentaría en caso de producirse una fuga de GLP, y las acciones que deben tomar para evitar accidentes o en el último de los casos aminorar los daños al inmueble, siempre precautelando la vida humana.

Como medidas adicionales de seguridad se sugiere la instalación de detectores eléctricos de GLP, por lo menos uno, ubicado en la cocina, además se instalarán adhesivos en lugares visibles y junto a los equipos de consumo de GLP, donde se informa que en caso de detectarse una concentración de GLP en el ambiente, siga las siguientes instrucciones (2):

- No encienda interruptores, llamas, linternas o algún equipo que genere llama o pueda generar chispas, evacue a todos los ocupantes del edificio hasta un lugar seguro.
- Cortar el sistema de energía eléctrica.

- Cerrar la válvula de corte rápida ubicada en el tanque, y todas las válvulas de la línea de GLP que se encuentren en lugares donde se pueda ingresar sin riesgo.
- Desde un teléfono apartado, llamar a la empresa proveedora del servicio de gas y a los bomberos.
- Ventilar en lo posible el sitio de concentración de GLP, abriendo ventanas y puertas.
- Investigar si existen otros puntos contaminados de GLP.
- En el caso de lugares con detectores de GLP, si el mismo empieza a sonar, y el usuario inmediatamente lo escucha, deberá ingresar al sitio donde se ubica el detector y cerrar la llave de servicio del equipo, si esta no funciona deberá cortar el suministro de GLP por medio de la válvula de cierre rápido ubicada antes de la manguera flexible.
- Si el detector de GLP en caso de que exista, lleva ya algún tiempo sonando, el usuario deberá proceder según el procedimiento arriba indicado.

En caso de que el escape de GLP produzca fuego o una explosión, los ocupantes de los edificios deberán (2):

- Evacuar todos lo ocupantes del edificio
- Procurar cerrar el suministro de GLP
- Cortar el sistema de energía eléctrica.

- Desde un lugar seguro llamar inmediatamente a los bomberos.

En caso de que el escape de GLP se produzca en el tanque o en la línea de media presión ubicada en la azotea, se deberá entrenar al o los administradores del edificio para que pueda actuar hasta que hagan presencia los bomberos. Para situaciones de fuga de GLP en la azotea tanto el personal entrenado como los que conforman el cuerpo de bomberos deben considerar (2):

- Evacuar la zona de personas no involucradas en las acciones
- Llamar a los bomberos, y solicitar a la empresa abastecedora de energía eléctrica que suspenda la misma en el sector.
- De ser posible cortar el suministro de GLP
- Nunca acercarse a la nube de vapor, ya que puede arder en cualquier momento.
- Usando la manguera del hidrante, aplicar agua en forma de neblina para dispersar los vapores.
- Si no se puede cerrar la válvula del tanque, evacuar el área.
- Si existe fuego tratar de cerrar la válvula protegiéndose las manos con guantes
- En caso de que el tanque se vire, se debe procurar volverlo a su posición normal ya que se debe evitar que la válvula de alivio esté en contacto con el GLP en estado líquido.

- El fuego solo se tratará de apagar, si se está seguro que al hacerlo no seguirá escapando GLP en estado de vapor, caso contrario es mejor dejar que el GLP se consuma totalmente
- Considerando lo anterior, si existe fuego, ubicándose con la espalda en dirección del viento utilizar el extintor de 5 Kg de polvo químico seco, y tratar de apagar el fuego.
- Si el fuego continúa, ubicándose a una distancia prudente utilizar la manguera del hidrante.
- Cuando un tanque está ardiendo, nunca se debe ubicar o acercarse por los extremos, ya que en caso de una detonación violenta que eleve la presión del tanque, estos salen desprendidos.
- En necesario lanzar agua en forma de neblina sobre el tanque, de esta forma reducir la presión interior del mismo.
- Nunca se debe extinguir la llama que sale de la válvula de seguridad, esta se acabará cuando la presión del tanque regrese a la normalidad.
- En el caso del tanque, si luego de todas las acciones indicadas empieza a aumentar el ruido y la llama que sale de la válvula de seguridad por aumento de la presión interna. En ese momento hay que evacuar el área inmediatamente.
- Una vez solucionado el problema, revisar que todas las áreas del edificio se encuentren libres de GLP tanto en estado gaseoso como en líquido.

## **CAPITULO 7**

### **7. ANÁLISIS DE COSTOS.**

Para realizar el análisis del costo que se originará en la instalación total de los elementos que conforman la instalación centralizada de conducción de GLP, se dividirá la instalación en dos partes. La primera será el análisis del costo en la instalación del tanque de almacenamiento en la terraza, mas la instalación de la línea de carga desde el tanque fijo hasta el sitio de carga ubicado en la parte frontal e inferior de los apartamentos, como se indica en el plano 13 apéndice U.

La segunda parte, la complementarán los costos de los materiales que se requieren para el transporte del GLP, desde el tanque estacionario (excluido este) por medio de las respectivas tuberías, accesorios, contadores y reguladores, hacia cada uno de los equipos gasodomeísticos que se ubicarán en cada apartamento.

Considerando que el proyecto se desarrollará en la ciudad de Loja, y que la empresa Lojagas es la única empresa en el medio que cuenta con el equipo y personal para este tipo de labores. Los rendimientos, el tipo de personal y los valores necesarios para el cálculo del costo por mano de obra, la obtenemos de dicha empresa.

A continuación se describen las funciones del personal requerido y el costo por hora, datos obtenidos de la empresa local:

- **Técnico Instalador 1:** Su función es la de gestionar la adquisición y de los materiales que se requieran en el proyecto, facilitar los equipos para la instalación, supervisa la ejecución de los trabajos bajo las normas técnicas nacionales e internacionales competentes, responsable de preservar un ambiente totalmente seguro en la instalación, responsable de las pruebas de estanqueidad del sistema, responsable de la correcta calibración de los reguladores, contadores y equipos gasodomésticos, lleva el registro de rendimientos y es responsable de su aplicación, supervisa el seguimiento de los planos y sugiere modificaciones, realiza las devoluciones de los materiales no utilizados, realiza las actas de entrega-recepción de la instalación al fiscalizador o dueño de la obra. La remuneración percibida es de 2.42 USD/h.
- **Técnico Instalador 2:** Esta persona es la responsable de la unión entre tuberías o de estas con los accesorios, por medio de soldadura

(metal-metal, cobre-cobre, cobre-bronce) o por medio de roscado, es la persona que ejecuta los trabajos bajo normas técnicas nacionales e internacionales competentes, responsable de preservar un ambiente totalmente seguro en la instalación, responsable de la preservación y el manejo seguro de los equipos y herramientas de trabajo. La remuneración percibida es de 1.68 USD/h.

### 7.1 Costo de instalación de tanque de almacenamiento y línea de carga.

En la tabla 37 se detallarán los elementos constitutivos de esta parte de la instalación, se indicará: la descripción del elemento, el rendimiento en el caso de fungibles, cantidad requerida, costo unitario, el costo total, y finalmente en la tabla 38 y tabla 39 se analizará el costo por mano de obra de esta parte de la instalación.

Tabla 37: Costo de instalación del tanque y línea de carga

Elementos	Rendimiento	Cant.	unid	Costo/ unid	Costo Total
Tanque de 2.8 m <sup>3</sup> con válvulas		1	unid	2800.00	2800.00
Tubo 32 mm. Ced.80		29.8	m	3.27	97.45
Codo soldable 32 mm. 300 psi		9	unid	5.02	45.18
Sierras Sanflex		1	unid	0.80	0.80
Disco de desbaste	1 unid/ 6 m	0.235	unid	4.30	1.01

Tabla 37: Costo de instalación del tanque y línea de carga

Elementos	Rendimiento	Cant.	unid	Costo/ unid	Costo Total
Soldadura 6011 1/8"	0.594 Kg/m soldado	0.838	Kg	2.60	2.18
Pintura esmalte blanca (3.95 m <sup>2</sup> )	19.95 m <sup>2</sup> /Gl	0.198	Gl	12.00	2.37
Diluyente	10% de pintura	0.020	Gl	8.00	0.16
Lija de hierro	0.0255 unid/m <sup>2</sup>	0.101	unid	0.60	0.06
Cepillo de copa	0.011 unid/m <sup>2</sup>	0.043	unid	24.00	1.04
Cable de cobre N.-4		2	m	1.75	3.50
Grilletes de cobre		2	unid	0.45	0.90
Varilla Coperwell		1	m	80.00	80.00
				<b>Total1:</b>	<b>3,034.65</b>

Tabla 38: Costo mano de obra instalación del tanque

Instalación del tanque				
Elementos	horas	unid	USD/ h sueldo	Costo Total
Alquiler de pluma	2	h	30	60.00
Técnico Instalador 1	2.5	h	2.42	6.05
Técnico Instalador 2	2.5	h	1.68	4.20
Técnico Instalador 2	2.5	h	1.68	4.20
<b>Horas 1:</b>	<b>9.50</b>		<b>Total 2:</b>	<b>74.45</b>

Tabla 39: Costo mano de obra instalación de línea de carga

<b>Línea de carga (32 mm)</b>						
<b>Elementos</b>	<b>Rendimiento m/h</b>	<b>metros</b>	<b>horas (m /Rend.)</b>	<b># de personas</b>	<b>USD/ h sueldo</b>	<b>Costo Total</b>
Técnico Instalador 1	2.25	29.8	13.24	1	2.42	32.05
Técnico Instalador 2	2.25	29.8	13.24	2	1.68	44.50
			<b>Horas 2:</b>	<b>35.99</b>		
					<b>Total 3:</b>	<b>76.55</b>

## 7.2 Costo de instalación de acometida y accesorios.

En la tabla 40, se detallarán los elementos constitutivos de esta parte de la instalación, se indicará: la descripción del elemento, el rendimiento en el caso de fungibles, cantidad requerida, costo unitario, el costo total, y finalmente en la tabla 41 se analizará el costo por mano de obra de esta parte de la instalación.

El análisis de los costos de los materiales en la tabla 40, se ha dividido en el costo de los accesorios y el de los materiales fungibles. Así como los costos de la mano de obra en la acometida en la tabla 41, se han dividido en el costo de instalación de los reguladores y contadores, y en el costo de la instalación de las tuberías de cobre.

Tabla 40: Costo de instalación de acometida

Elementos	Características	Cant.	unid	Costo/ unid	Costo Total
Limitador de Caudal	REGO 970 AXS Rosca POL LH EXT- NPT M 1/4"	1	unid	\$ 4.00	\$ 4.00
Bushing de bronce	1/2"M NPT-1/4"H NPT	1	unid	\$ 4.50	\$ 4.50
Regulador de primera incluye válvula de alivio	REGO 1584MN 1/2" H NPT	1	unid	\$ 69.00	\$ 82.00
Manómetro	0-2 Kg/cm2 - 1/4M NPT	1	unid	\$ 11.20	\$ 24.20
Cachimba de bronce	POL RH EXT-1/2"M NPT	1	unid	\$ 3.20	\$ 3.20
Unión de bronce	250 PSI, POL RH EXT	1	unid	\$ 2.50	\$ 2.50
Tubo flexible de conexión de cobre	REGO 913PS12G POL M. Longitu 12"	1	unid	\$ 3.90	\$ 3.90
Universal de cobre	SO-HI 3/4"	1	unid	\$ 3.08	\$ 3.08
Tubería de Cobre	Tipo L 3/4"	116.7	m	\$ 3.60	\$ 420.12
Codo de Cobre	90° SO-SO 3/4"	119	unid	\$ 0.48	\$ 57.12
Adaptador de Cobre	SO-HE 3/4"	56	unid	\$ 0.75	\$ 42.00
Válvula de retención	3/4" H NPT	1	unid	\$ 25.00	\$ 25.00
Te de Cobre	SO-SO 3/4"	33	unid	\$ 0.90	\$ 29.70
Válvula esférica de corte, bronce	3/4" H NPT	51	unid	\$ 4.85	\$ 247.35
Adaptador de acero	1025 12-12 (3/4" NPT)	2	unid	\$ 6.50	\$ 13.00
Tuerca giratoria, acero	441 12-12 (3/4" NPT)	2	unid	\$ 12.98	\$ 25.96
Manguera alta presión	213 12-12 (3/4")	1	m	\$ 11.90	\$ 11.90

Tabla 40: Costo de instalación de acometida

<b>Elementos</b>	<b>Características</b>	<b>Cant.</b>	<b>unid</b>	<b>Costo/ unid</b>	<b>Costo Total</b>
Adaptador de acero	356 12-12 (3/4" NPT)	2	unid	\$ 12.98	\$ 25.96
Adaptador de Cobre	SO-HI 3/4"	34	unid	\$ 0.98	\$ 33.32
Tubería de Cobre	Tipo L 1/2"	12.1	m	\$ 2.26	\$ 27.35
Cruz de cobre	SO 1/2"	3	unid	\$ 1.44	\$ 4.32
Reducción de cobre	SO-SO 1/2"- 3/8"	22	unid	\$ 0.50	\$ 11.00
Tubería de Cobre	Tipo L 3/8"	8.4	m	\$ 1.58	\$ 13.27
Codo de Cobre	90° SO-SO 1/2"	48	unid	\$ 0.48	\$ 23.04
Adaptador de Cobre	SO-HE 1/2"	32	unid	\$ 0.45	\$ 14.40
Válvula esférica de corte de bronce	1/2" H NPT	16	unid	\$ 3.64	\$ 58.24
Te de Cobre	SO-SO 1/2"	1	unid	\$ 0.37	\$ 0.37
Cruz de cobre	SO 3/4"	1	unid	\$ 2.39	\$ 2.39
Reducción de cobre	SO-SO 3/4"- 3/8"	2	unid	\$ 0.70	\$ 1.40
Reducción de cobre	SO-SO 3/4"- 5/8"	1	unid	\$ 0.70	\$ 0.70
Tubería de Cobre	Tipo L 5/8"	8.7	m	\$ 2.95	\$ 25.67
Cruz de cobre	SO 5/8"	2	unid	\$ 2.10	\$ 4.20
Reducción de cobre	SO-SO 5/8"- 3/8"	4	unid	\$ 0.70	\$ 2.80
Te de Cobre	SO-SO 5/8"	1	unid	\$ 0.62	\$ 0.62
Reducción de cobre	SO-SO 5/8"- 1/2"	2	unid	\$ 0.55	\$ 1.10
Universal de cobre	SO-HI 1/2"	16	unid	\$ 2.35	\$ 37.60
Adaptador de bronce	1/2"M NPT-1/2"M NPT	32	unid	\$ 2.25	\$ 72.00

Tabla 40: Costo de instalación de acometida

Elementos	Características	Cant.	unid	Costo/ unid	Costo Total
Regulador de segunda etapa	REGO LV4403B 1/2" H NPT	16	unid	\$ 35.00	\$ 573.00
Adaptador de manómetro	REGO 1494-1 1/2"H NPT-1/2"M NPT-1/4"H NPT	16	unid	\$ 4.00	\$ 77.00
Manómetro	0-0.15 bar	16	unid	\$ 65.00	\$ 1,053.00
Adaptador de Cobre	SO-HI 1/2"	16	unid	\$ 0.45	\$ 7.20
Universal de cobre	SO-SO 1/2"	16	unid	\$ 1.50	\$ 24.00
Reducción de cobre	SO-SO 3/4"-1/2"	17	unid	\$ 0.58	\$ 9.86
Contador de GLP	ELSTER AMCO BK-G1.6	16	unid	\$ 70.00	\$ 1,120.00
Armario de contadores		16	unid	\$ 25.00	\$ 400.00
Universal de cobre	SO-SO 3/4"	16	unid	\$ 2.45	\$ 39.20
Neplo espiga	3/4"M -3/8"M	48	unid	\$ 1.80	\$ 86.40
Socket-GENERAL	BFM -625	48	unid	\$ 0.79	\$ 37.92
Manguera alta presión	223-6 (3/8")	48	unid	\$ 4.80	\$ 230.40
Abrazadera	1/2"	48	unid	\$ 0.56	\$ 26.88
<b>Fungibles</b>	<b>Rendimiento</b>				
Soldadura de Cobre 15% de Ag.	1.12 gr /punto de diámetro 3/8"	32	puntos	\$ 0.04/gr	\$ 1.43
Soldadura de Cobre 15% de Ag.	1.5 gr /punto de diámetro 1/2"	193	puntos	\$ 0.04/gr	\$ 8.65
Soldadura de Cobre 15% de Ag.	1.87 gr /punto de diámetro 5/8"	19	puntos	\$ 0.04/gr	\$ 0.85

Tabla 40: Costo de instalación de acometida

Elementos	Características	Cant.	unid	Costo/ unid	Costo Total
Soldadura de Cobre 15% de Ag.	2.25 gr /punto de diametro 3/4"	469	puntos	\$ 0.04/gr	\$ 21.01
Lija de hierro	0.0255 unid/m <sup>2</sup>	2.55	m <sup>2</sup>	\$ 0.60	\$ 0.04
sierra sanflex	0.036unid/corte	279	cortes	\$ 0.80	\$ 8.04
Loctigas	0.009unid/punto	220	puntos	\$ 17.00	\$ 33.66
				<b>Total 4:</b>	<b>\$ 5,117.81</b>

Tabla 41: Costo de mano de obra en acometida

<b>1.-Instalación de reguladores de segunda etapa y contadores</b>						
Elementos	Rendi- miento h/contador	Cant.	horas (CantxRend.)	# de personas	USD/ h sueldo	Costo Total
Técnico Instalador 2	3	16	48.00	2	1.68	161.28
<b>2.-Instalación de tuberías de cobre y accesorios (Se toma en promedio tubería de 3/4")</b>						
Elementos	Rendi- miento m/h	metros	Horas (m /Rend.)	# de personas	USD/ h sueldo	Costo Total
Técnico Instalador 1	2.31	146	63.20	1	2.42	152.95
Técnico Instalador 2	2.31	146	63.20	2	1.68	212.36
		<b>Horas 3:</b>	<b>174.41</b>		<b>Total 5:</b>	<b>526.60</b>

La suma de cada uno de los costos (materiales y mano de obra) nos da un valor de 8,830.36 USD, obteniéndose un costo de 551.9 USD por apartamento.

La suma de las horas de trabajo es de 219.9 horas, o igual a 27.5 días de trabajo.

## **CAPITULO 8**

### **8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Una vez que se ha concluido el diseño de la instalación de gas licuado de petróleo aplicada a los apartamentos denominados Millenium, los mismos que al igual que la mayoría de obras civiles del tipo residencial que hay y se construyen actualmente en la ciudad de Loja, las que no fueron diseñadas para la instalación de tuberías que conduzcan GLP, peor aún considerar la ubicación de un tanque estacionario, ha sido necesario adecuarse a la estructura física existente, sin que esto represente faltar al suministro normal de GLP, a la estética de los edificios, y de manera especial a la seguridad del sistema.

Se han revisado las normativas técnicas tanto nacionales como las internacionales de trascendencia, de manera que nos ajustemos a estas y podamos determinar la ubicación del tanque y trazados adecuados.

En el subcapítulo 4.2.6, por medio de una matriz de selección se ponderaron diversos factores, dándoles mayor puntaje a los que representan seguridad y luego los factores de costo y comodidad. De esta matriz, pudimos concluir que la ubicación de un tanque fijo es la mejor elección con respecto a los tanques móviles. Luego, en cumplimiento de la normas de seguridad y del espacio disponible se determinó que la mejor ubicación del tanque es en la terraza del primer bloque de apartamentos.

Uno de los parámetros más importantes para la selección del tamaño del tanque estacionario y el dimensionamiento de las tuberías, reguladores y contadores, es el caudal estimado que será conducido, para esto se analizó en el capítulo 4.1 que es necesario aplicar un factor de corrección, llamado "factor de diversidad" considerando el consumo posible que en realidad hará el usuario del sistema. Los valores de los factores de diversidad son muy variados y dependen del origen de la bibliografía tomada para el efecto, y se percibe diferencias de hasta el 40% de los valores entre un autor y otro. Para una mayor exactitud en la obtención del "Consumo Probable" en posteriores diseños, se recomienda medir los tiempos de consumo en instalaciones centralizadas ubicadas en el sector (Loja), considerando el mes del año, la clase social del usuario, el número y tipo de equipos que funcionan con GLP.

En el caso de las redes de distribución en el sector residencial, es recomendable que la presión que soportan las tuberías y accesorios, sea la menor posible, permitiendo la conducción de caudales requeridos y la llegada en el punto de consumo con la presión de calibración de los equipos que funcionan con GLP.

Al igual que la selección del tanque estacionario, en el subcapítulo 4.4.2, por medio de una matriz de selección se ponderaron diversos factores, dándoles mayor puntaje a los que representan seguridad y luego los factores de costo y comodidad, de esta matriz pudimos concluir que la mejor opción es el uso de la tubería de cobre tipo L.

A las redes de distribución las clasificamos en red primaria y red secundaria, de acuerdo a si son de uso individual o colectivo y a la presión de trabajo. Por medio de la ecuación de Renouard (4.12) se calcula el diámetro para la red secundaria o de baja presión, usando el caudal, la longitud equivalente con un diámetro asumido y la presión de trabajo de los equipos estimando una caída de presión máxima del 5% al final de la línea de consumo. Si el valor del diámetro obtenido es igual o aproximado al asumido se lo selecciona, caso contrario se vuelve a replantear la ecuación estimando otro diámetro. Finalmente se concluyó que para la red secundaria se deberá utilizar una tubería de cobre tipo L de diámetro nominal 3/4".

Para el cálculo de la red primaria, a diferencia del caso citado anteriormente, usando la ecuación de Renouard (4.11) no asumimos los diámetros, sino que estimamos la presión inicial y asumimos una pérdida de presión de máximo un 10% al final de la línea. Como esta red esta formada por varias derivaciones que conducen diferentes caudales, se debe calcular el diámetro para cada tramo, tomando la presión final del tramo como inicio de la siguiente, cuidando de que la presión al final de la red primaria no sea mayor al 10% de la presión inicial. Se concluyó que para la red primaria se deberán utilizar tuberías de cobre tipo L de diámetros nominales de 3/4", 5/8", 1/2", 3/8".

Los diámetros obtenidos se validaron usando la relación Q/D (ecuación 4.9) y la fórmula de Renouard (ecuación 4.10), luego se obtuvo la velocidad de conducción del GLP, concluyéndose para la red primaria entre 1.91 m/s y 11.32 m/s, y para la red secundaria de 1.73 m/s, en todo caso siempre menores a 15 m/s.

Siempre considerando lo exigido por las normas técnicas en lo que tiene que ver con la ubicación de tuberías, reguladores y contadores. Continuamos con la selección de los reguladores considerando las ventajas que tienen tanto en la seguridad como en la economía, el uso de dos reguladores, el de primera y el de segunda etapa. La selección se la realiza considerando la presión de ingreso, la presión de salida, el caudal

y la temperatura mas baja que pudiera presentarse en el sitio de ubicación de los mismos. Luego del análisis se selecciona para la primera etapa un regulador marca REGO modelo 1584MN, cuyas características se aprecian en la tabla 33, y para la segunda etapa un regulador marca REGO modelo LV4403B, tabla 35.

Para seleccionar el contador, consideramos la presión máxima de operación, el caudal mínimo y máximo, y la máxima caída de presión permitida. El contador seleccionado fue de tipo diafragma marca Elster-Amco, modelo BK-G1.6, cuyas características se indican al final del subcapítulo 4.5.5.

Al ser el material de las tuberías que rige el diseño el cobre, se prestó especial énfasis a la forma en que se deben unir las mismas con los accesorios. La utilización de los accesorios roscados solo se los podrá realizar si la presión de servicio no excede 0.35 bar, situación que se cumple solo en la red secundaria, pero debido a que el mayor número en longitud y en uniones es en la red primaria, no consideramos práctico el uso de accesorios roscados, y recomendamos usar en todas las tuberías y accesorios soldadura fuerte, que como ya se explicó, por el fenómeno de capilaridad que ocurre en este tipo de soldadura, garantiza la estanqueidad total del sistema.

Luego de determinar el trazado total del sistema, las normas técnicas exigen que se compruebe la estanqueidad del mismo, se sugiere la utilización de un compresor o botella a presión por el cual se inyecte gas inerte a presión en el sistema, se espere un determinado tiempo (capítulo 5) y se compruebe si existen o no caídas de presión. Aunque no es exigencia de las normas competentes, actualmente se dispone en el mercado de detectores electrónicos de gran precisión, los mismos que registran bajísimos niveles de GLP en el ambiente, se sugiere finalizar las pruebas de estanqueidad utilizando dichos instrumentos, de esta forma obtener una instalación 100 % segura.

En el capítulo 7, se obtuvieron los costos que representa la instalación de GLP en los bloques del edificio Millenium. Para el precio final cada empresa instaladora considera su margen de utilidad, si estimamos que la ganancia de la empresa instaladora es el 30% sobre el costo del proyecto, situación no muy lejana a la realidad, con el costo obtenido de US \$8,830.36 más la utilidad estimada, se obtiene un precio de US \$11,479.47, lo que da un precio por apartamento (16 apartamentos) de US \$717.47.

Para concluir, aunque existen reglamentaciones estatales que se deben cumplir para definir a una empresa como instaladora de GLP, la falta de atención por parte del organismo regulador competente, que es en este

caso la Dirección Nacional de Hidrocarburos, no ha capacitado a su personal para que inspeccione desde el inicio, desarrollo y final de la obra de la instalación del sistema que conducirá GLP. Este organismo se interesa más en los pagos que deben realizar las empresas instaladoras para poner en funcionamiento la instalación. Con la realidad manifestada, existen actualmente personas no preparadas que han incursionado en los proyectos de instalaciones, quienes aprovechándose de la falta de control gubernamental, compiten con las empresas calificadas, reduciendo sus costos operativos por medio de: el uso de materiales no aprobados para canalizaciones de GLP, tanques estacionarios no certificados por el INEN, accesorios de cobre unidos a las tuberías mediante soldadura blanda con composición de estaño, accesorios no aptos para GLP, incumplimiento de las distancias de seguridad, empotramientos de tuberías con cruces por salas, baños y cuartos, falta de compromiso en la garantía e inspecciones de mantenimiento, entre otros. Lo mencionado anteriormente, ha creado en el país instalaciones de GLP (relativamente nuevas), que de seguro presentarán fallas con el paso de los años, constituyéndose en bombas de tiempo.

Otro ente llamado a precautelar la seguridad que deben prestar las instalaciones de GLP, son los Gobiernos Seccionales, en la ciudad de Loja y al igual que en otras ciudades del país, los Municipios carecen de “Resoluciones Municipales” que permitan controlar las instalaciones de

GLP. Por lo anterior, esta tesis permitirá que este organismo pueda emitir la respectiva “Resolución”, y evitar futuros desastres en esta nueva actividad.

Como recomendación final, la empresa encargada del abastecimiento del GLP en el tanque estacionario, debe informar a los usuarios sobre: los riesgos que conlleva el uso del GLP en este tipo de instalaciones, las medidas preventivas a aplicarse y las acciones que se deben llevar en caso de algún accidente. El administrador o guardia de los apartamentos, debe ser constantemente entrenado en las acciones que debe seguir en caso de eventualidades, de esta forma evitar tragedias.

## BIBLIOGRAFÍA

1. APUNTES, Técnicas Avanzadas en Química, Determinación de Metales Pesados en Aguas por Voltamperometría, Práctica 6, Ciencias Ambientales curso 2004/2005
2. CASTILLA. F, DIAZ. R, GIL V, PUIGBO. A, VILLARROEL. E. Manual para instalaciones de gas L.P, Industrias Ventane, 1982.
3. CENTRO ESPAÑOL DE INFORMACIÓN DEL COBRE, Tubo y Accesorios de Cobre, Jacomil S.L, Primera edición, 2000
4. COFRE GUERRA PABLO, Boletín Técnico de Tuberías Inoxidables, FastPack Piping Products, 1999
5. DURATEC, Catalogo de Tuberías de Polietileno para Gas
6. ENGINEERED CONTROLS INTERNACIONAL INC, Catálogo L-102-SV Equipos de Gas LP y Amoníaco Anhidro REGO, 2003
7. ENGINEERED CONTROLS INTERNACIONAL INC, Manual para Técnicos de Gas-LP, 1962

8. GOBIERNO NACIONAL ACUERDO 116, Reglamento Técnico para la Comercialización del Gas Licuado de Petróleo, REGISTRO OFICIAL N° 313 ÓRGANO DEL GOBIERNO DEL ECUADOR, 1998
9. GOBIERNO NACIONAL ACUERDO 209, Disposiciones para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo a través de Instalaciones Centralizadas, REGISTRO OFICIAL N° 194 ÓRGANO DEL GOBIERNO DEL ECUADOR, 1999
10. GUERRA CHAVARINO E, Manual Práctico de Instalaciones de Depósitos Fijos para GLP, Bellisco, 1998
11. <http://www.elster-amco.com>
12. <http://www.menergia.gov.ec/php/glp.php>
13. <http://www.petrocomercial.com/xlsframe.asp?menu=productos&color>
14. INEN, NTE INEN 2260:99 “Instalaciones para Gas Combustible en Edificaciones de Uso Residencial, Comercial o Industrial. Requisitos”, Primera Edición, 1999

15. INEN, NTE INEN 439 “Colores, Señales y Símbolos de Seguridad”,  
Primera Edición, 1984
16. JIMÉNEZ FRANCISCO, La Seguridad en la Distribución y  
Manipulación del GLP, Repsol-YPF.
17. LORENZO BECCO J, Los GLP, Repsol Butano, 1989
18. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS DE LA REPUBLICA DEL  
PERÚ, Ventajas del Uso del Gas Natural en la Industria, Ministerio de  
Energía y Minas Dirección General de Hidrocarburos, 2004
19. NFPA, NFPA 54 Código Nacional del Gas Combustible, Sexta  
edición, 1996
20. NFPA, NFPA 58 Código del Gas-LP, 1998
21. PETROLEO XXI, Análisis Acerca del Gas Licuado de Petróleo, 2001
22. PROCOBRE, Soldadura Industrial, <http://www.procobre.cl>
23. PROCOBRE, Usos del Cobre Instalaciones Sanitarias, Papiro  
Publicidad, Segunda edición, 2002

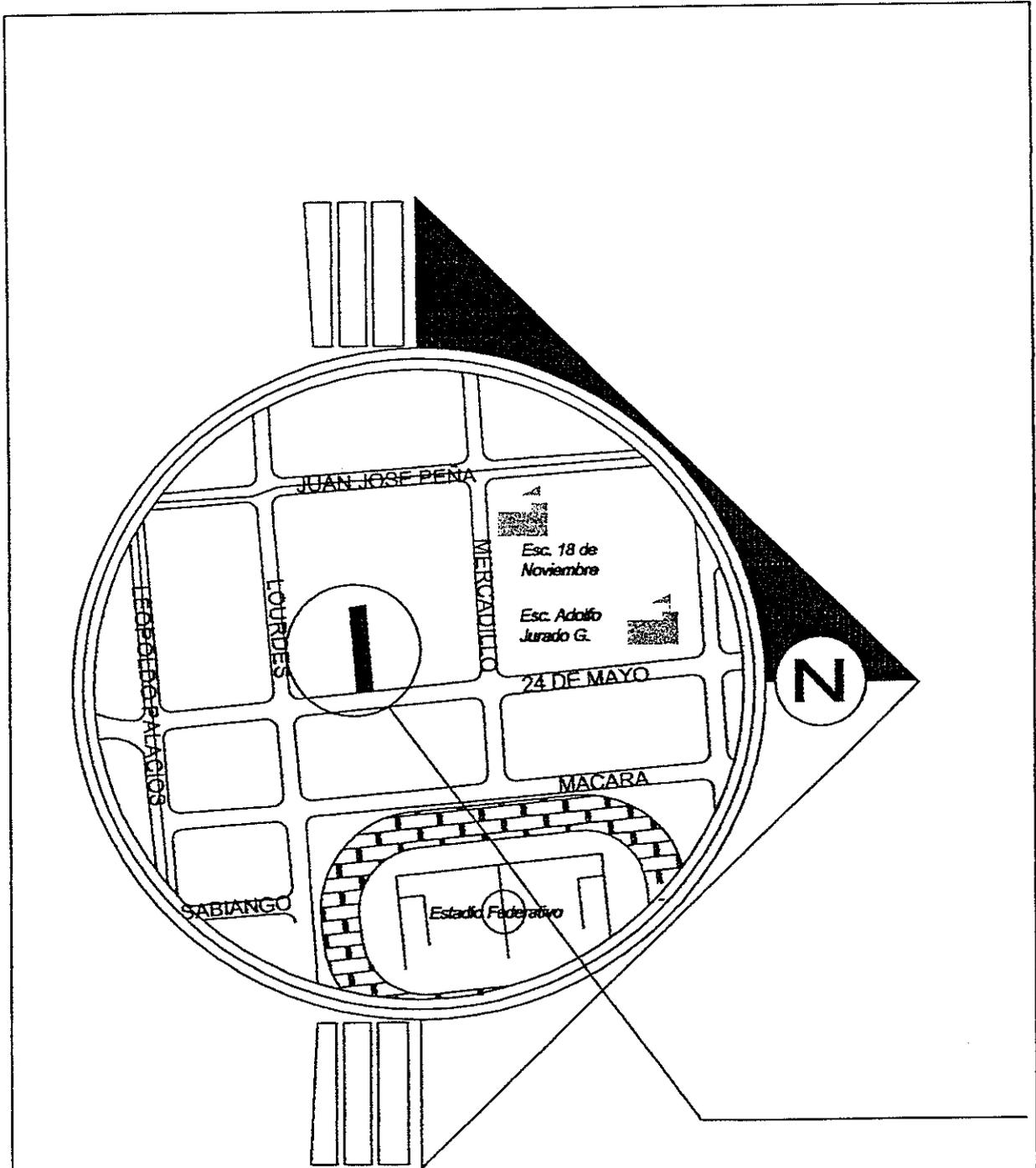
24. SICA, Catálogo de Tanques Estacionarios, SICA METALURGICA ARGENTINA S:A
  
25. SOCIEDAD PARA EL ESTUDIO Y DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DEL GAS, S.A, Curso para Instaladores Autorizados de Gas, Categoría IG-IV, Sedigas, Quinta Edición,1999
  
26. VARGAS ZUÑIGA ANGEL, Seguridad Industrial y Prevención de Incendios, Editorial Series VZ

# APENDICES



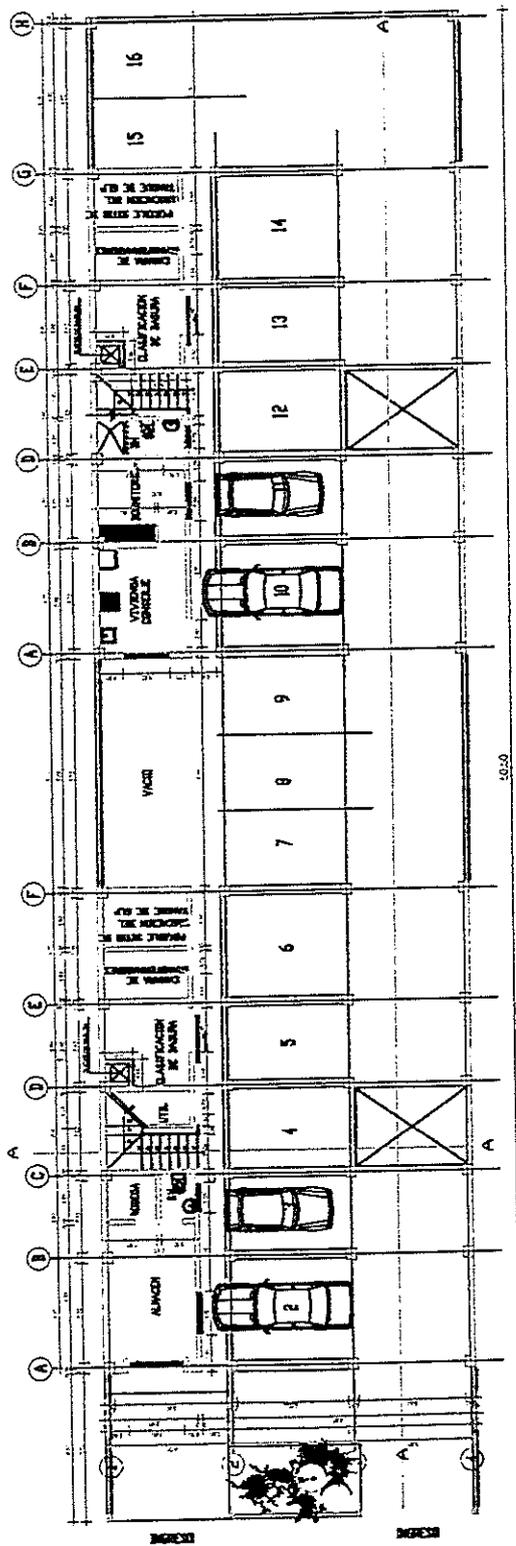
CIB-ESPOL

APENDICE A



PLANO No:	MASA (kg)	<b>FIMCP - ESPOL</b>		ESCALA
<b>1</b>				
	FECHA	NOMBRE:	DENOMINACION:	
Dib.	5/01/05	O. Andre		
Rev.	6/01/05	Ing. Vargas		
Apro.	6/01/05			
<b>ESPOL</b>			CUENTE:	
			MATERIALES:	

APENDICE B

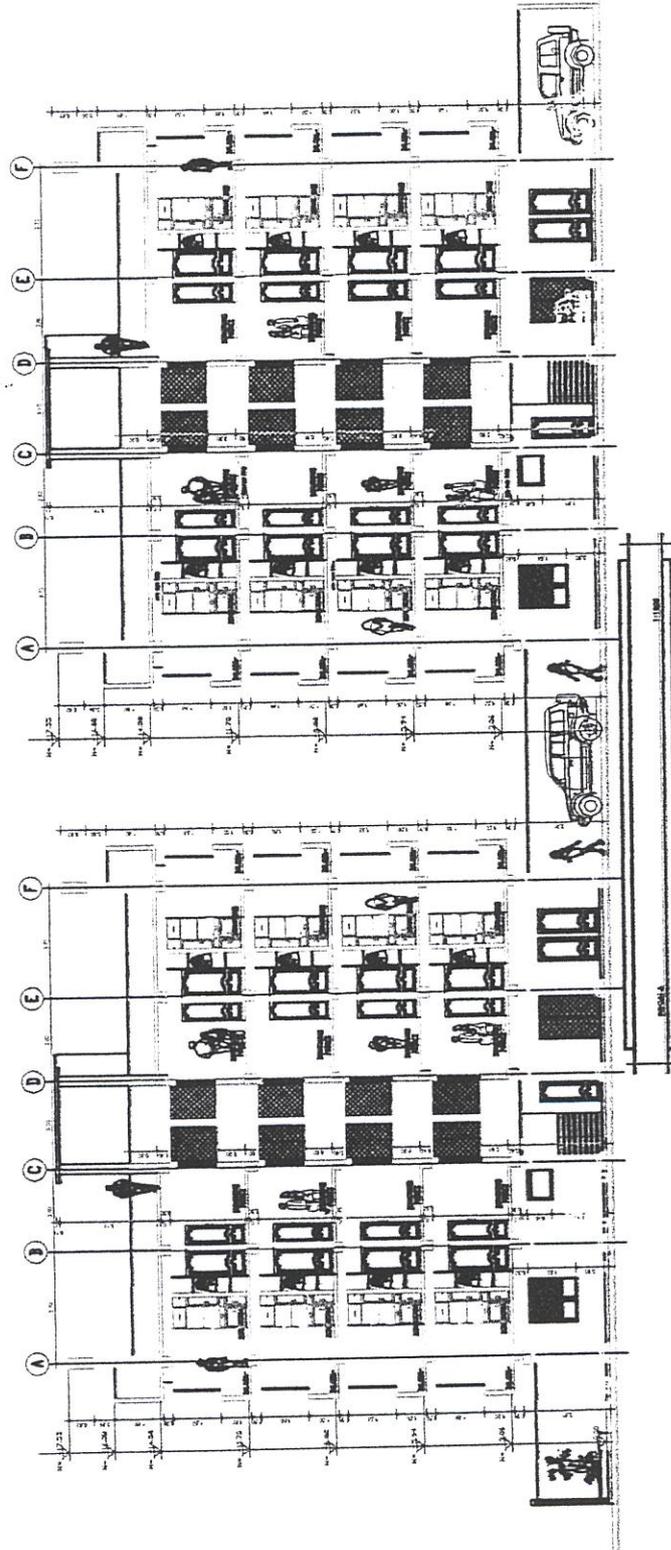


PLANO No:	2	MASA (kg)	FIMCIP - ESPOL			ESCALA	1:250
FECHA	5/01/05	NOMBRE	DENOMINACION:			PLANTA BAJA	
Dib.	O. Andrie						
Rev.	6/01/05	Ing. Varigas					
APRO.	6/01/05						
ESPOL			CLIENTE:			MATERIALES:	





APENDICE D

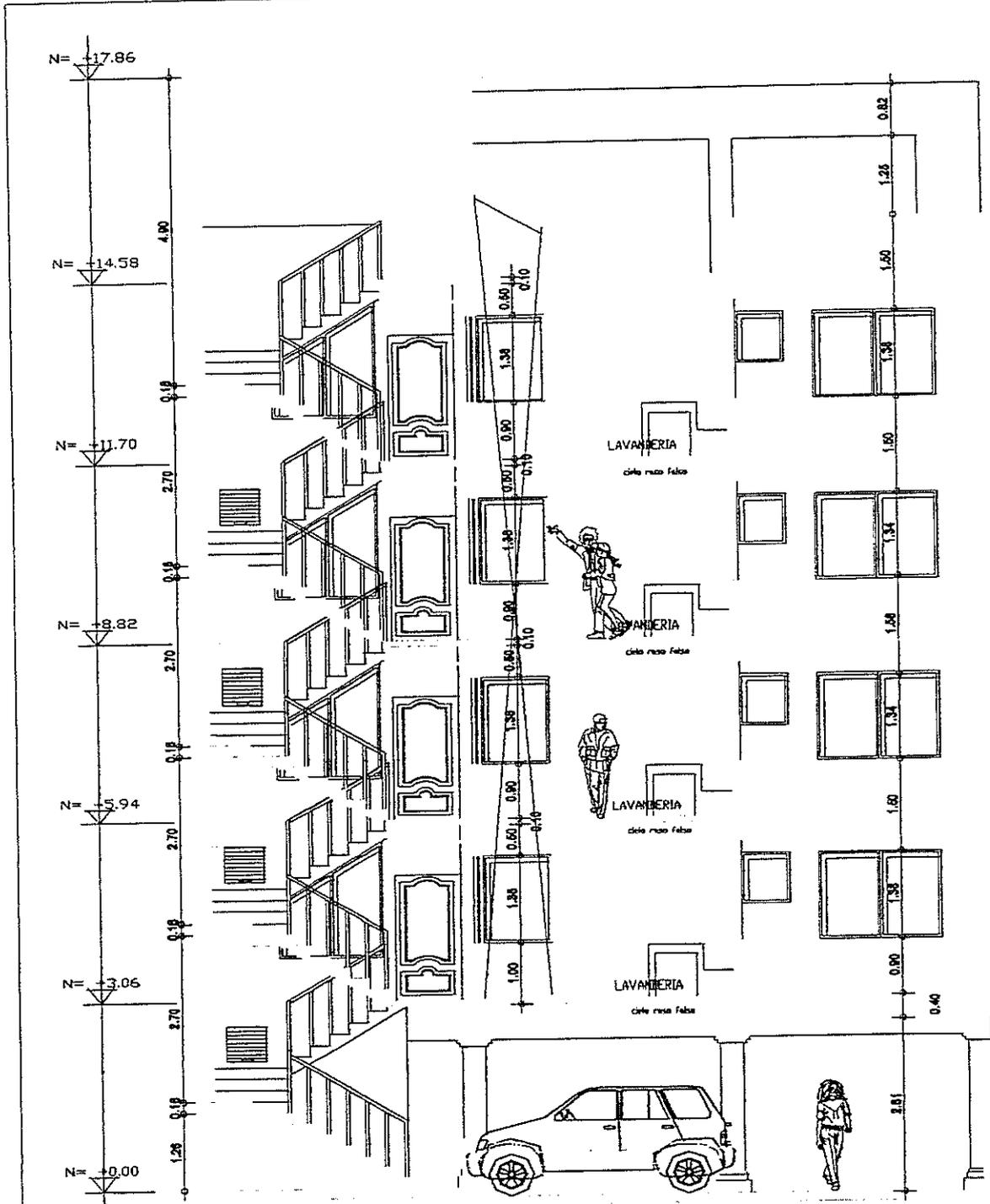


PLANO No: <b>4</b>	MASA (kg)	<b>FIMCP - ESPOL</b>		ESCALA <b>1:250</b>	
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:		
Dib.	5/01/05	O. Andrie	<b>CORTE A-A</b>	CLIENTE:	MATERIALES:
Rev.	6/01/05	Ing. Vargas			
Apro.	6/01/05				
<b>ESPOL</b>					



CIB-ESPOL

# APENDICE E



PLANO No:	MASA (kg)	FIMCP - ESPOL	
5		CORTE B-B	
FECHA	NOMBRE	DENOMINACION	ESCALA
5/01/05	O. Andre		1:100
Rev.	8/01/05		
Apro.	8/01/05		
ESPOL		CLIENTE:	
		MATERIALES:	

## APENDICE F

**Cálculo del porcentaje máximo de llenado de los recipientes sobre superficie, con GLP (tomado de referencia [13])**

La siguiente formula se usa para calcular el porcentaje de la capacidad del recipiente ubicado sobre superficie, que puede ser llenado con líquido,  $V_t$

$$V_t = \frac{L}{G \times F}$$

donde:

L: límite máximo de llenado permitido, obtenido de la tabla del apéndice G

G: peso específico del Gas LP que va a contener

F: factor de corrección del volumen del líquido, obtenido de la tabla del apéndice G, utilizando G y 40°F (4.4°C) para los recipientes en superficie

**EJEMPLO:** El volumen máximo de un Gas LP que tiene un peso específico de 0.530 y que puede encontrarse en un recipiente en superficie con una capacidad de agua de 530 gal (2 m<sup>3</sup>)

Usando la tabla del "límite máximo de llenado permitido" del apéndice G, en la columna de 0 a 4.5 m<sup>3</sup>, con un peso específico de 0.530, se obtiene un valor de 45 %.

Usando la tabla "factores de corrección del volumen del líquido" del apéndice G", en la columna de 0.530, a 40 °F, se obtiene un factor de 1.028.

Reemplazando en la ecuación descrita anteriormente, obtenemos:

$$V_t = \frac{L}{G \times F}$$

$$V_t = \frac{45}{0.530 \times 1.028}$$

$$V_t = 82.6\%$$



CIB-ESPOL

## APENDICE G

Peso específico a 60°F (15,6°C)	0 a 1200 U.S. gal (0 a 4.5 m³) capacidad de agua total	Más de 1200 U.S. gal (más de 4,5 m³) capacidad de agua total
0,496-0,503	41 %	44%
0,504-0,510	42	45
0,511-0,519	43	46
0,520-0,527	44	47
0,528-0,536	45	48
0,537-0,544	46	49
0,545-0,552	47	50
0,553-0,560	48	51
0,561-0,568	49	52
0,569-0,576	50	53
0,577-0,584	51	54
0,585-0,592	52	55
0,593-0,600	53	56

Límite máximo de llenado permitido (tomado de referencia [13])

Peso específico a 60°F/60°F								
Temperatura °F	0.500	0.5079	0.510	0.520	0.530	0.540	0.550	0.560
	Factores de corrección de volumen							
40	1.033	1.032	1.031	1.029	1.028	1.026	1.025	1.024

Factores de corrección del volumen del líquido (tomado de referencia [13])

## APENDICE H

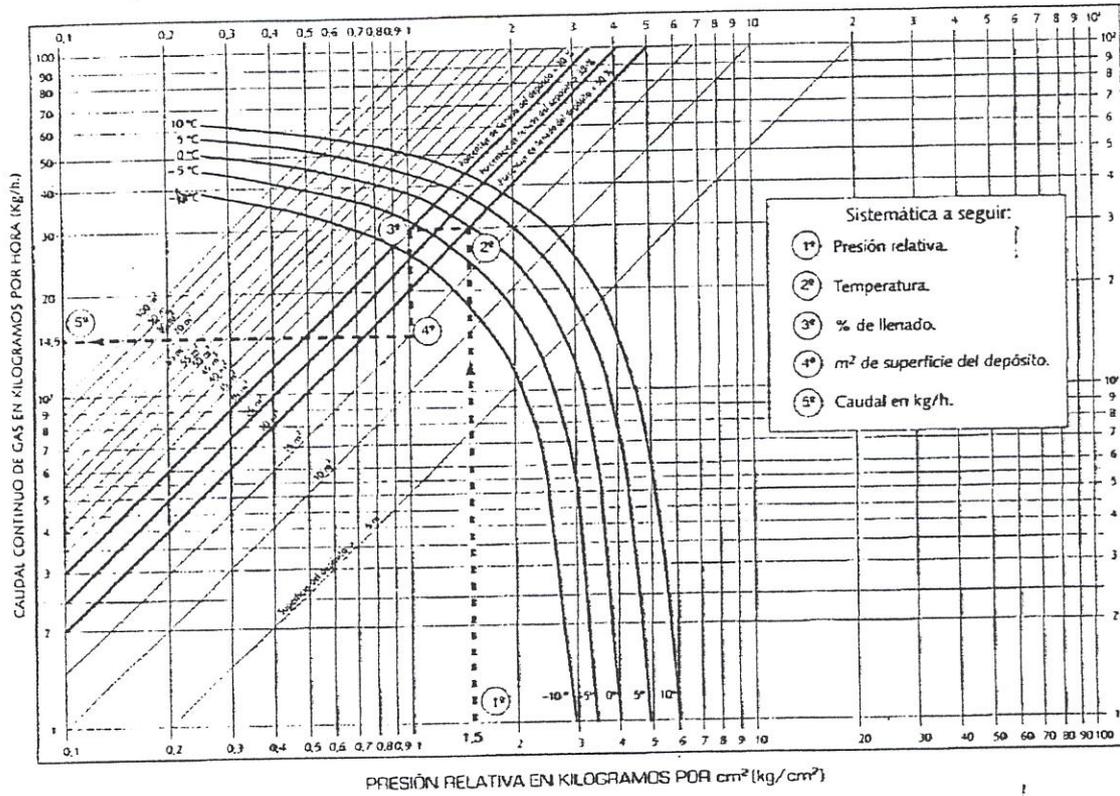
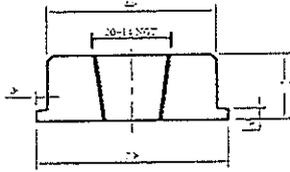


Diagrama para cálculo de la vaporización de depósitos aéreos (tomado de referencia [11])

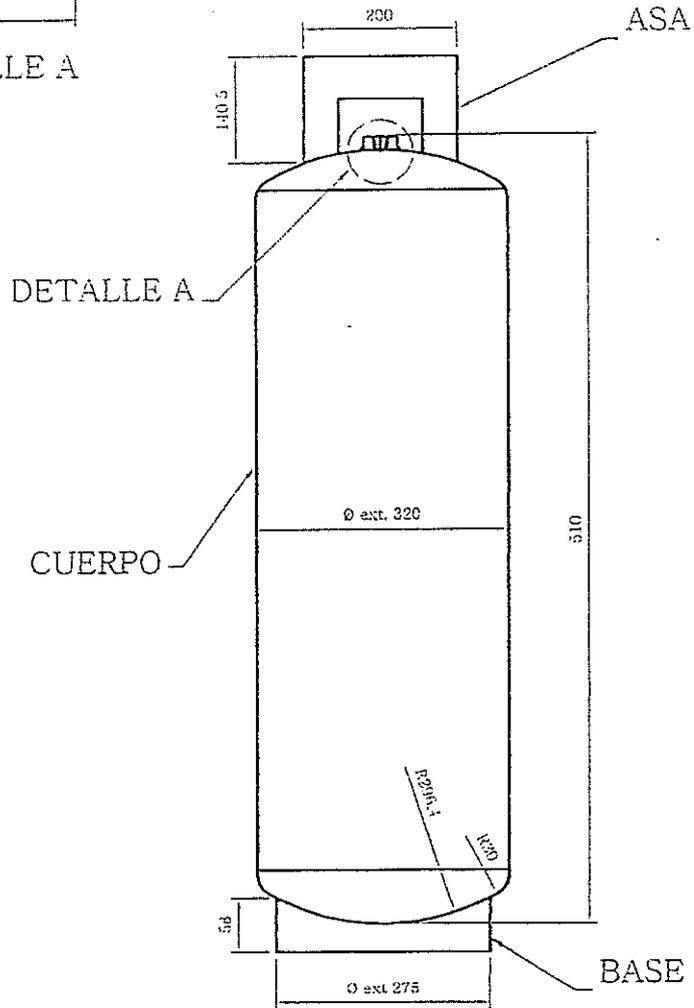


# APENDICE I

PORTAVALVULAS

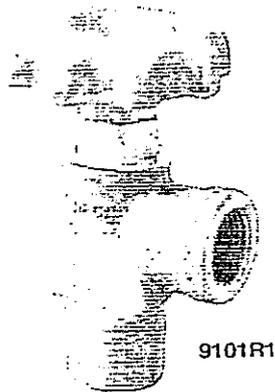
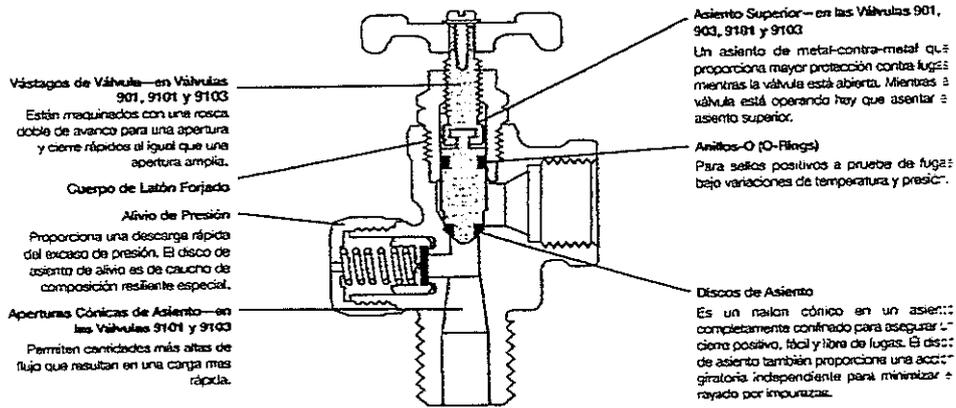


DETALLE A



PLANO No:	MASA No:	<b>FIMCP - ESPOL</b>	
<b>6</b>			
FECHA:	NOMBRE:	DENOMINACION:	ESCALA:
Dib. 5/01/05	O. Andre	<b>CILINDRO DE 45 Kg</b>	1:10
Rev. 6/01/05	Ing. Vargas		
Apro. 6/01/05			
<b>ESPOL</b>		CUENTE:	
		MATERIALES:	

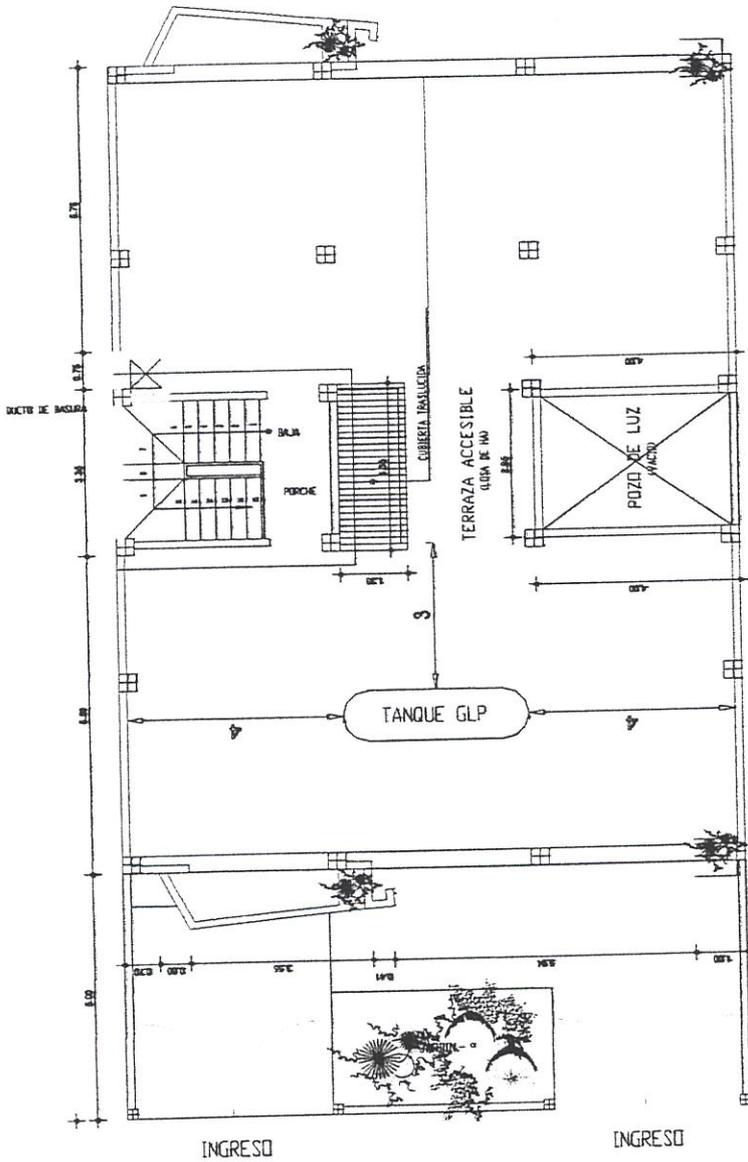
## APENDICE J



Válvula para cilindro de 45 Kg (tomado de referencia [14])

# APENDICE K

# APÉNDICE L



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE FIMCP - ESPOL

PLANO No: <b>8</b>	MAMA (09)	FIMCP - ESPOL		ESCALA	1:150
		FECHA	NOMBRE:	DENOMINACION:	
Dib.	6/01/05	O. Andre	AZOTEA		
Rev.	6/01/05	Ing. Vergas	CLIENTE:		
APRO.	6/01/05		MATERIALES:		
ESPOL					



CIB-ESPOL



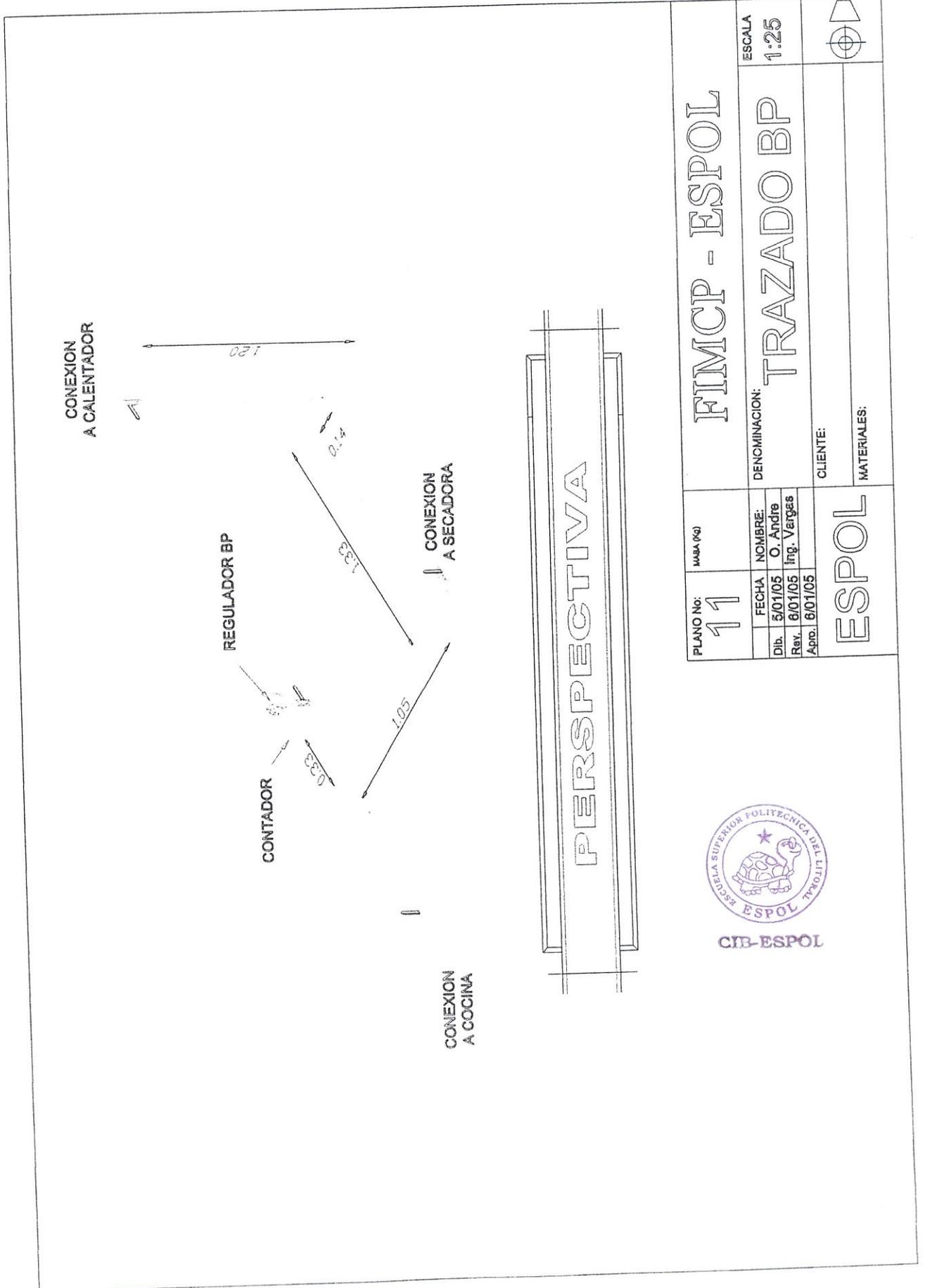


## APENDICE O

TABLA DE LOS POTENCIALES DE REDUCCIÓN: Cuando dos metales humedecidos se ponen en contacto, forman una pila electroquímica. En esta pila el metal químicamente más activo hace de polo negativo (ánodo) y el menos activo, de polo positivo (cátodo) (22). Como consecuencia, el metal más activo se corroe más rápidamente, protegiendo así al menos activo. Este tipo de protección se llama protección anódica y el metal que hace de ánodo se llama metal de sacrificio. Por ejemplo cuando el hierro se recubre de una capa de cinc, aunque este último se ralle y se deteriore, esta capa sirve de protección. El cinc es un metal más activo que el hierro y se oxida más rápidamente, actúa de metal de sacrificio y protege al hierro de la corrosión. En resumen, los metales con mayores valores negativos con respecto al Hidrogeno (0.00 V) son los más activos y sirven para proteger metales que tengan menor valor negativo. Los metales con valores positivos con respecto al potencial Hidrogeno son metales pasivos y resisten de mejor manera la corrosión.

Reacción	Respecto al Hidrógeno
$\text{Mg}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Mg (s)}$	-2.37 V
$\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn (s)}$	-0.76 V
$\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe (s)}$	-0.44 V
$\text{Cd}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cd (s)}$	-0.40 V
$\text{Pb}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Pb (s)}$	-0.13 V
$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu (s)}$	+0.34 V

# APENDICE P

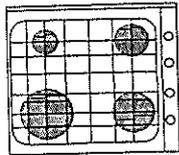


PLANO No: <b>11</b>	MADA (kg)	<b>FIMICP - ESPOL</b>		ESCALA <b>1:25</b>
FECHA 5/01/05	NOMBRE: O. Andrie	DENOMINACION: <b>TRAZADO BP</b>		
Rev. 6/01/05	Ing. Vargas	CLIENTE:		
Apro. 6/01/05		MATERIALES:		
<b>ESPOL</b>				

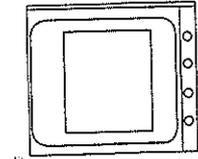


CIB-ESPOL

APENDICE Q

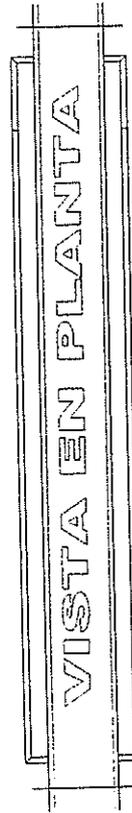
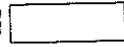


COCINA



SECADORA

CALENTADOR DE AGUA



PLANO No:	12	MASA (kg)	FIMCIP - ESPOL		ESCALA	1:250
FECHA	5/01/05	NOMBRE:	TRAZADO BP			
Dib.	O. Andre	Ing. Vargas				
Rev.	6/01/05					
Aprd.	6/01/05					
ESPOL			CLIENTE:			
			MATERIALES:			

## APENDICE R

### TUBOS DE COBRE

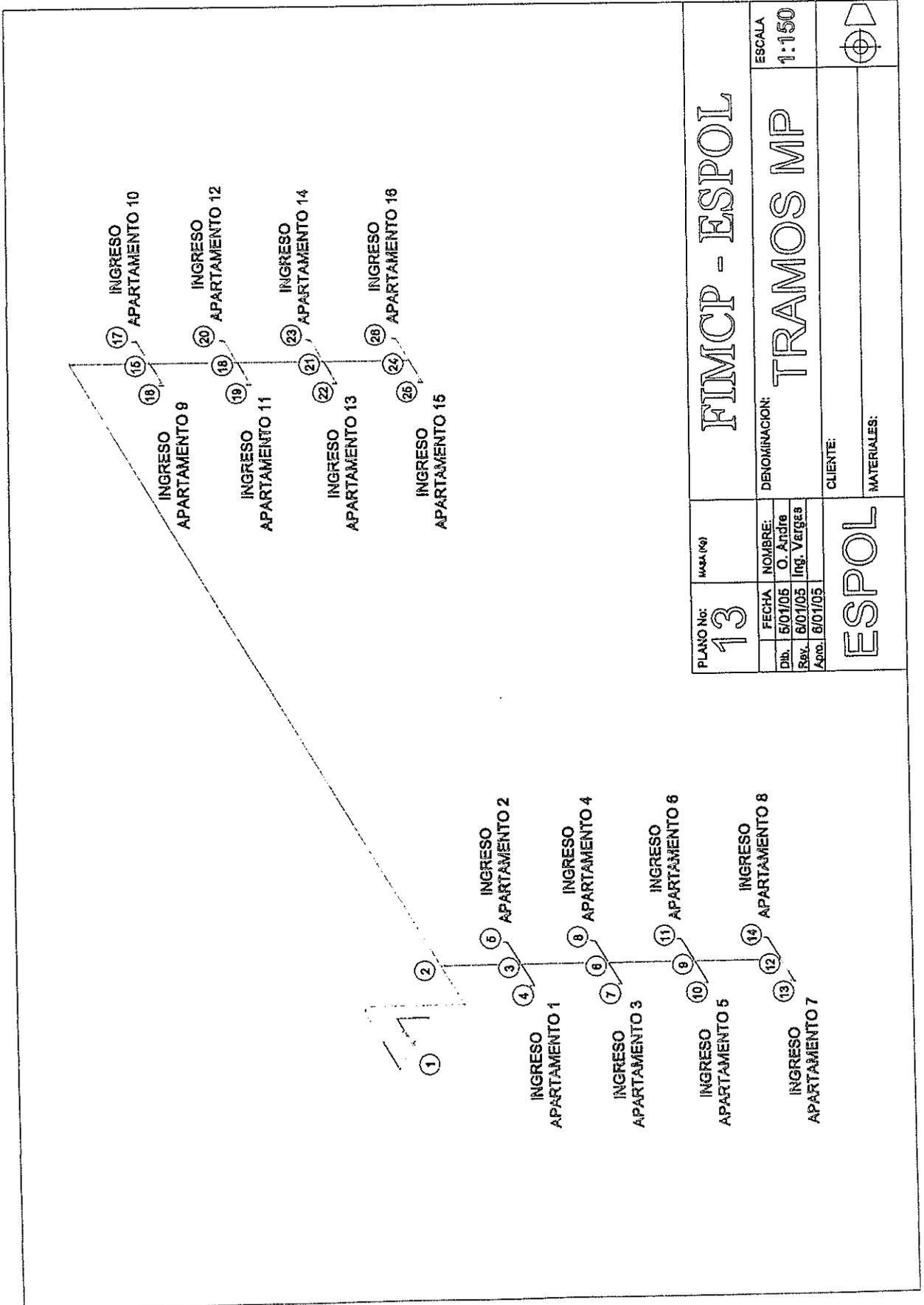
Tipo: L

EN TIRAS RECTAS (Temple Duro)

DIAMETRO NOMINAL EN	DIAMETRO EXT. EFECTIVO EN		ESPESOR PARED	PRESION MAX. PERMITIDA		PESO	LARGOS STD. DESPACHO
	Pulg	mm		Kg/cm <sup>2</sup>	lb/inch <sup>2</sup>		
1/4	3/8	9,52	0,75	72	1,032	0,187	6
3/8	1/2	12,70	0,89	63	891	0,306	6
1/2	5/8	15,88	1,02	57	812	0,424	6
3/4	7/8	22,23	1,14	48	642	0,672	6
1	1 1/8	28,58	1,27	39	552	0,971	6
1 1/4	1 3/8	34,93	1,40	32	467	1,31	6
1 1/2	1 5/8	41,28	1,52	25	366	1,66	6
2	2 1/8	52,08	1,75	20	297	2,50	6
2 1/2	2 5/8	65,43	2,02	16	237	3,66	6
3	3 1/8	76,23	2,29	13	197	4,64	6
4	4 1/8	104,78	2,75	10	157	7,66	6
6	6 1/8	152,08	3,17	7	107	11,27	6

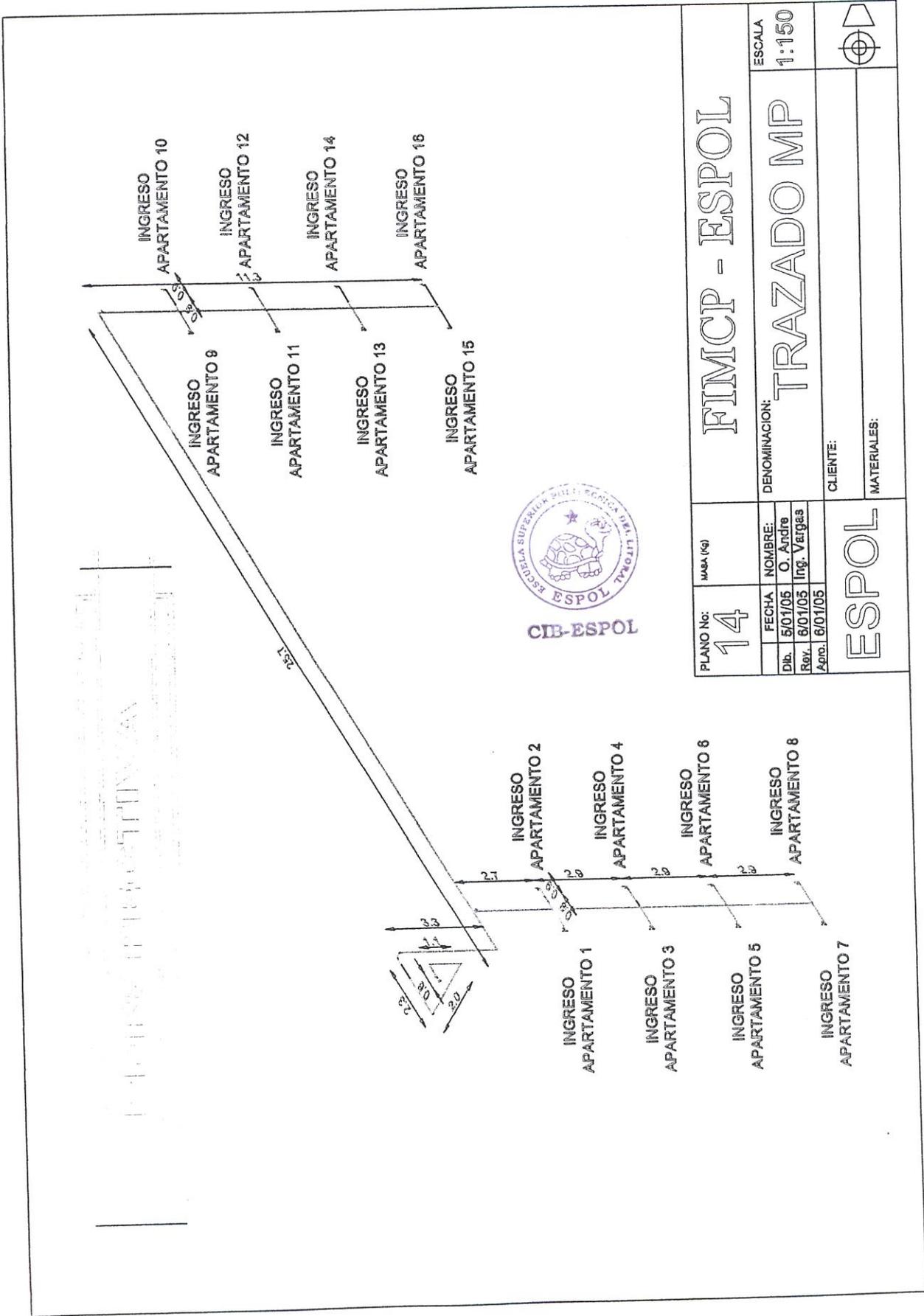
Dimensiones y pesos del tubo de cobre tipo L (tomado de referencia [18])

# APÉNDICE S



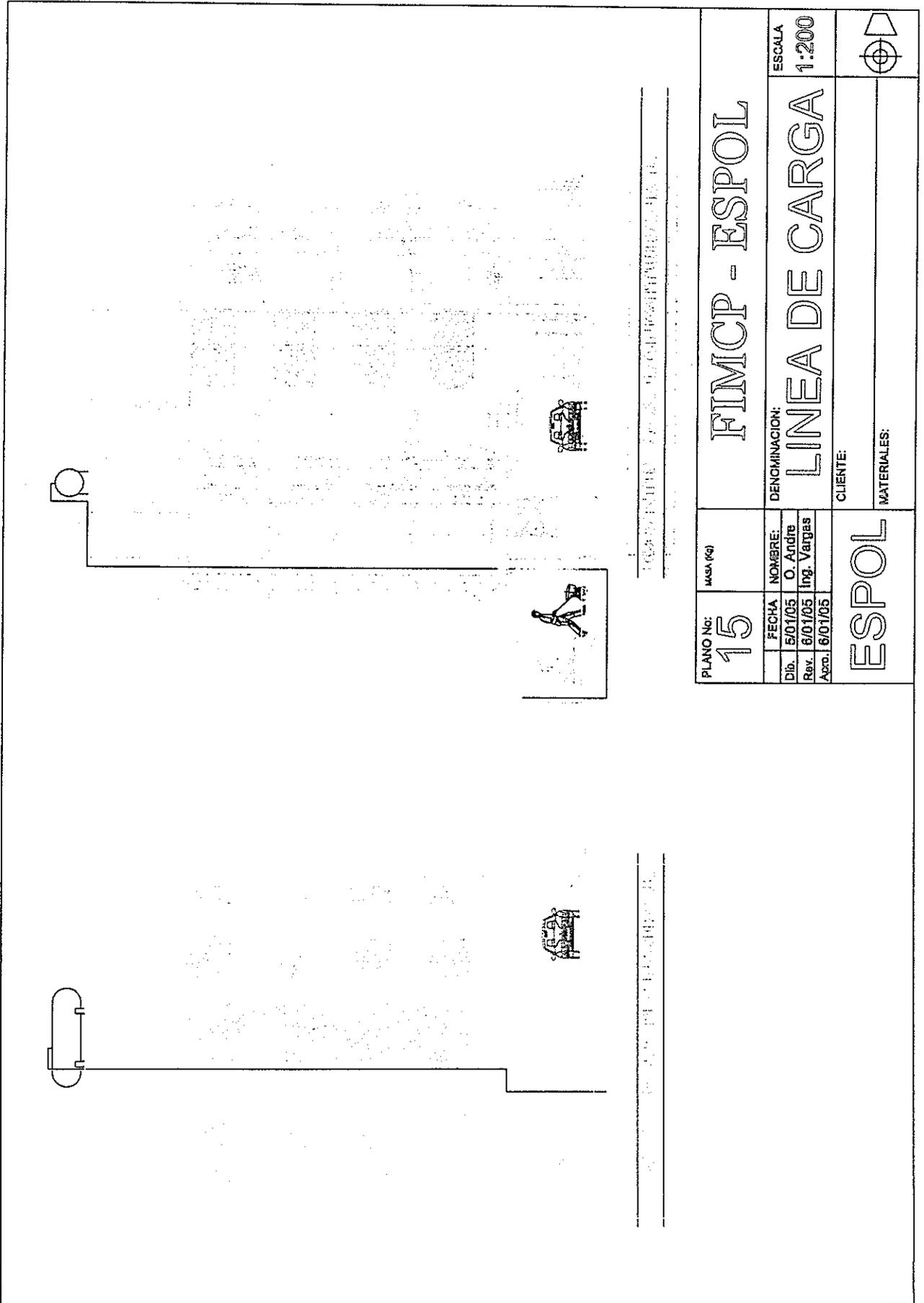
PLANO No: <b>13</b>	MAZA (kg)	<b>FIMICP - ESPOL</b>		ESCALA 1:150
	FECHA Dib. 5/01/06 Rev. 6/01/05 App. 6/01/05	NOMBRE: O. Andrie Ing. Verger S	DENOMINACION: <b>TRAMOS MP</b>	CLIENTE:  MATERIALES: 
<b>ESPOL</b>				

# APÉNDICE T



PLANO No: <b>14</b>		MASA (Kg)		<b>FIMICP - ESPOL</b>		ESCALA
FECHA		NOMBRE:				1:150
Dib.	5/01/05	O. Andre		<b>TRAZADO MP</b>		CLIENTE:
Rev.	6/01/05	Ing. Vargas				
Apro.	6/01/05			<b>ESPOL</b>		MATERIALES:

# APÉNDICE U



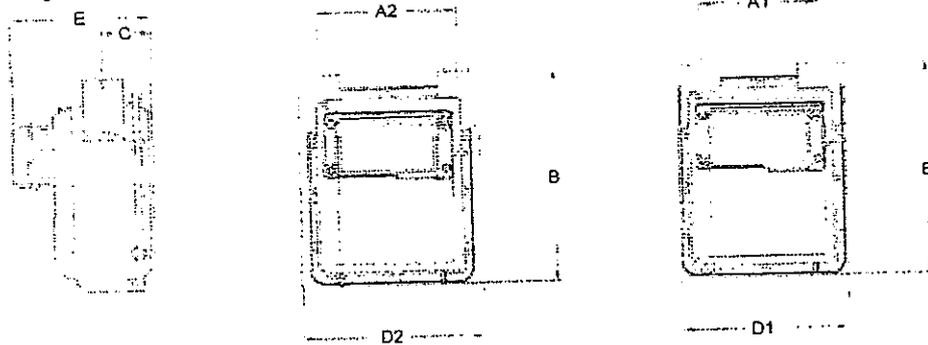
LÍNEA DE CARGA

<b>PLANO No:</b>	<b>15</b>	<b>MASA (kg)</b>		<b>FIMICP - ESPOL</b>	<b>ESCALA</b>	<b>1:200</b>
<b>FECHA</b>	<b>NOMBRE:</b>					
Dib. 5/01/05	O. Andrade					
Rev. 6/01/05	Ing. Vargas					
Apr. 6/01/05						
<b>ESPOL</b>				<b>DENOMINACION:</b>	<b>LINEA DE CARGA</b>	
				<b>CLIENTE:</b>		
				<b>MATERIALES:</b>		

# APÉNDICE V

## MEDIDOR DE GAS DE DIAFRAGMA BK-G1.6

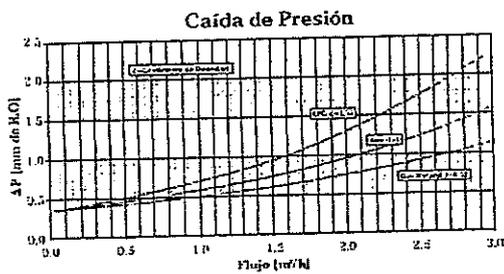
Medidor de gas compacto para instalaciones res...



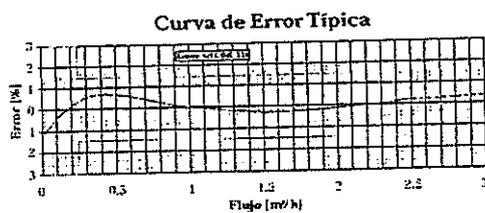
### Dimensiones

A	(1) 110mm/(2) 130mm
B	205mm
C	46mm
D	(1) 155mm/(2) 169mm
E	133mm

### Curva de caída de presión



### Curva de error típica



### Especificaciones técnicas

Medidor basado en la tecnología BK comprobada y aceptada  
 Comportamiento  
 metroológico. .... OIML R31/ EEC 71/318/ NOM014-SCFI  
 Temperatura de funcionamiento. .... -20°C a +50°C  
 Presión de operación máxima ..... 0,1 BAR

### Información para ordenar

Tipo de conexión  
 Entrada superior, salida superior  
 110mm de centro a centro  
 130mm de centro a centro  
 Entrada inferior, salida superior

Tamaño de la conexión  
 10 luces (ANSI)  
 M26-1.5 (ISO 724)  
 G 7/8" (ISO 228)  
*Otras conexiones disponibles sobre pedido*

Dirección del flujo  
 De derecha a izquierda  
 De izquierda a derecha

### Sus contactos

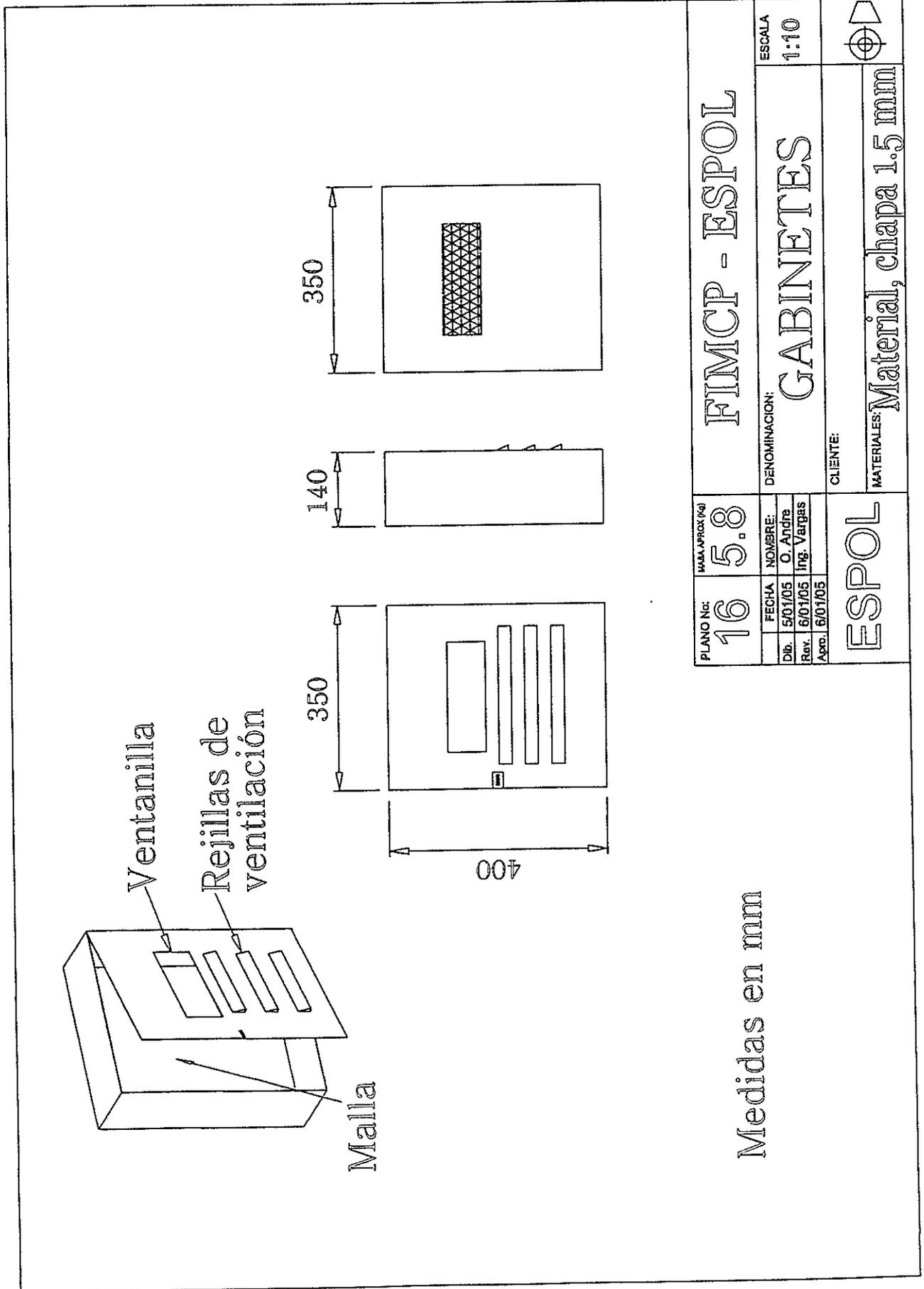
**México**  
 Elster AMCO de México  
 Circuito México No. 145  
 Parque Industrial Tres Naciones  
 C.P. 78395 San Luis Potosí,  
 S.L.P.  
 Tel: (4) 833-3007  
 Fax: (4) 833-3008

**Argentina**  
 ABB Elster  
 J. I. Rucci 1051 - (1822) Valentin  
 Alsina  
 Pcia. de Buenos Aires -  
 Argentina  
 Tel: (54-1) 229-5500  
 Fax: (54-1) 229-5500

**Asia**  
 Amacan Meter Company  
 80 Marine Parade Road  
 #09-04 Parkway Parade  
 Singapore 449269

**Continente Americano,**  
 Australia, Nueva Zelanda  
 American Meter Company  
 300 Welsh Road, Building One  
 Horsham, PA 19044-2234 E.U.A.  
 Tel: (001) (215) 830-1800  
 Fax: (001) (215) 830-1890

**Europa y**  
**Medio Oriente**  
 Elster Handel GmbH  
 P.O. Box 129  
 D-55248 Mainz-Kastel, Alemania  
 Tel: +49(0)6134/605-0  
 Fax: +49(0)6134/605-390



Medidas en mm

PLANO No:	16	MAA APROX (kg)	5.8	FIMCIP - ESPOL		ESCALA	1:10
FECHA	5/01/05	NOMBRE:	O. Andre	GABINETES		CLIENTE:	
Dib.	5/01/05	Ing.	Vargas	MATERIALES:		Material, chapa 1.5 mm	
Rev.	6/01/05	Aprd.	6/01/05	ESPOL			

# APENDICE X

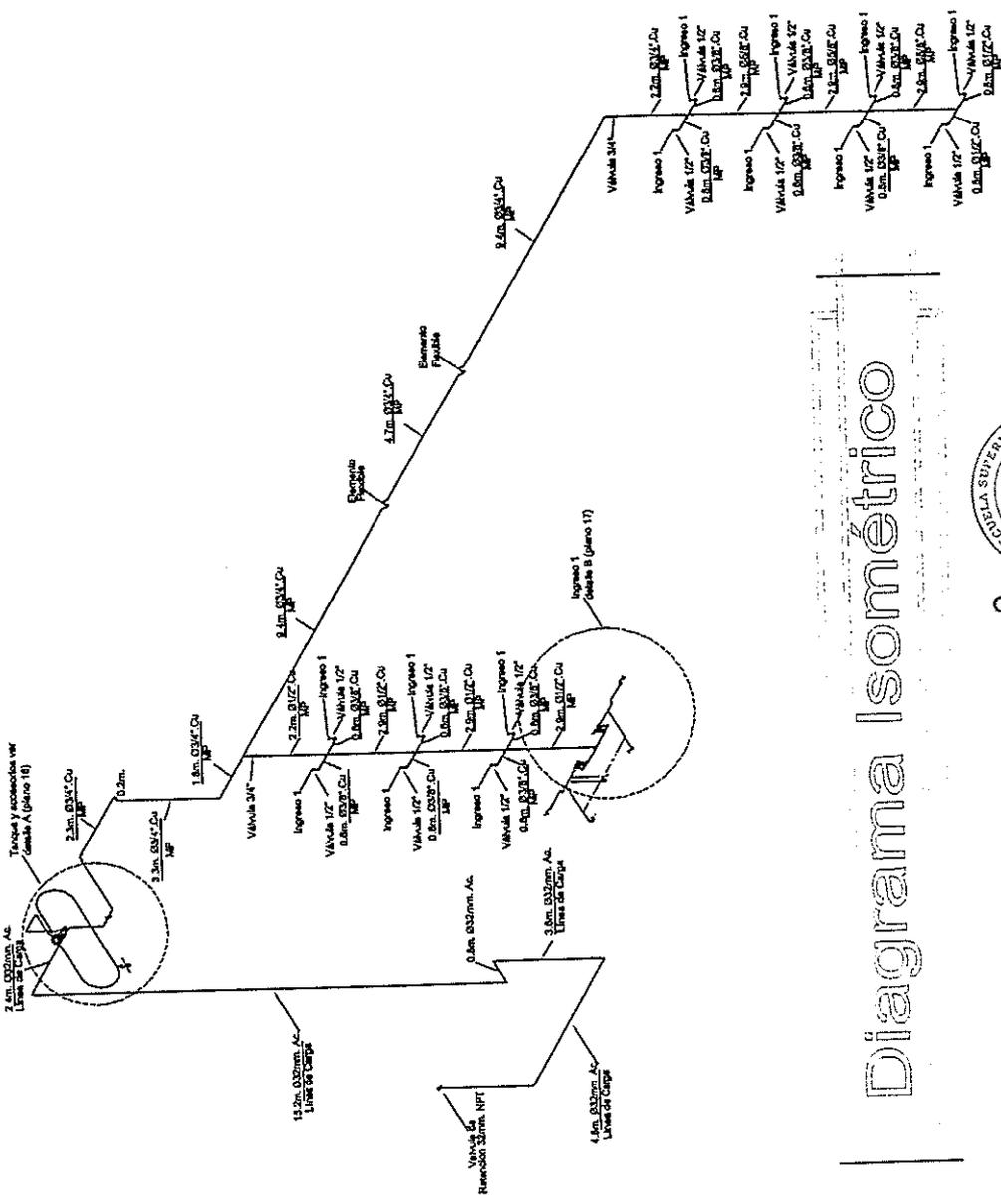
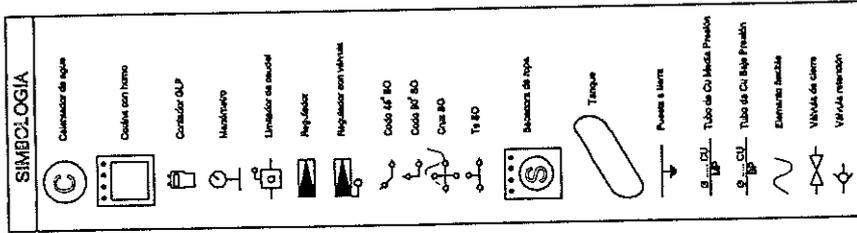


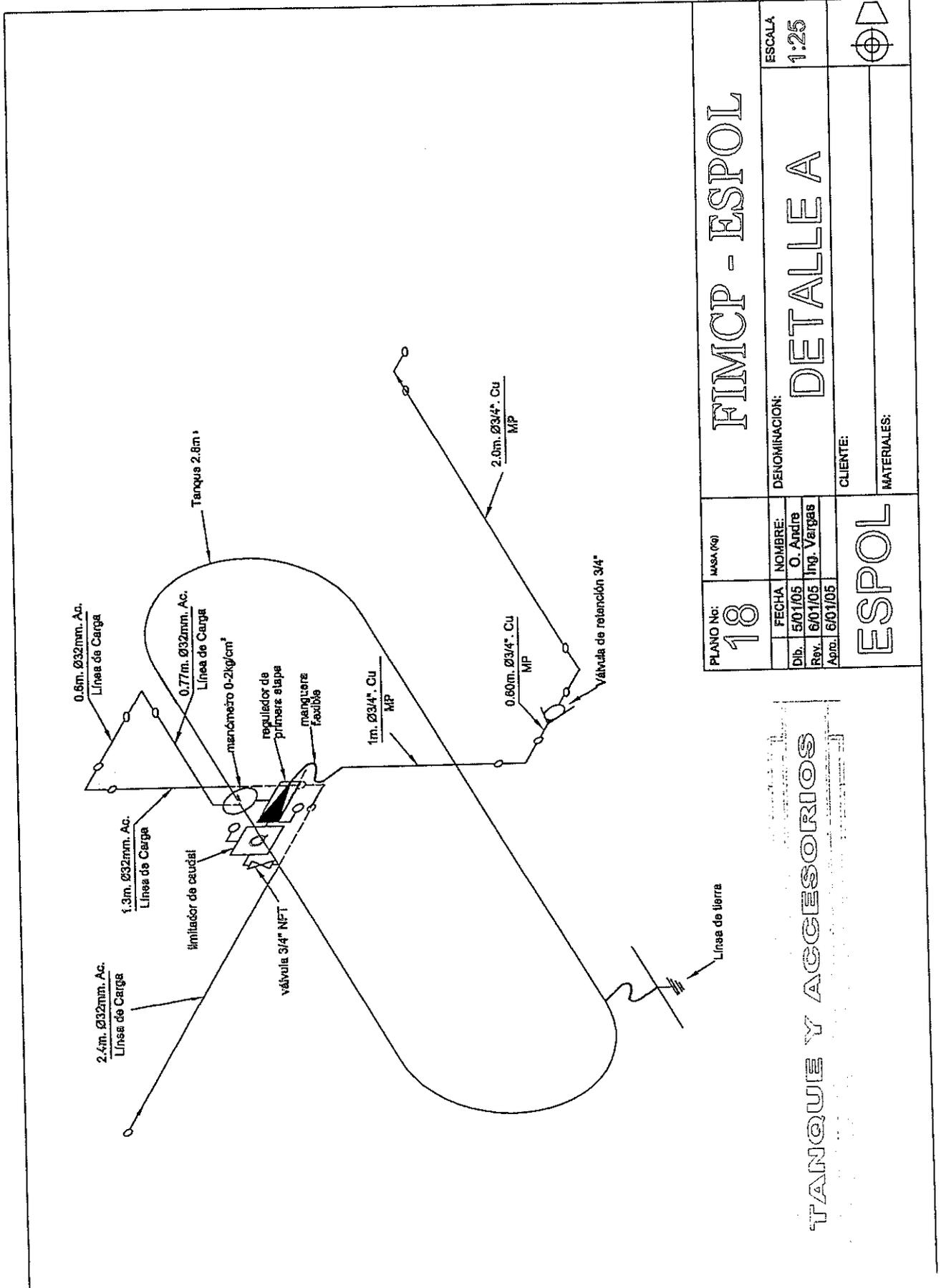
Diagrama Isométrico



CIB-ESPOL

PLANO No:	17	ESCALA:	ESPOL
FECHA:	16/01/08	DESIGNACION:	TRAZADO FINAL
PROYECTANTE:	O. Ayala	CLIENTE:	
REVISOR:	Dr. J. Rodríguez	MATERIALES:	
APROBADO:	J. Rodríguez		

APENDICE Y

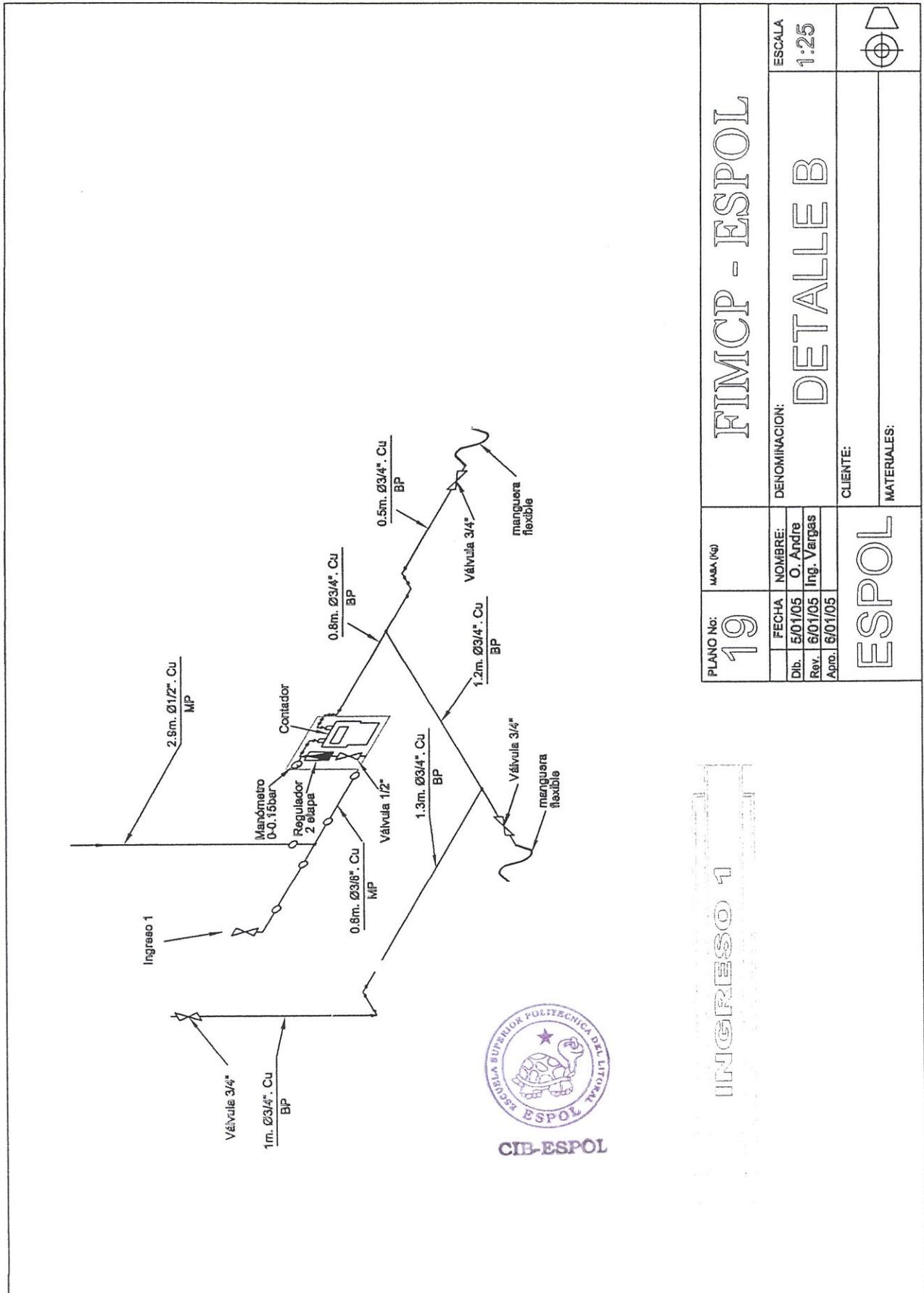


PLANO No: <b>18</b>		MASA (kg)	<b>FIMCIP - ESPOL</b>	
FECHA	NOMBRE:	DENOMINACION:		
Dib. 5/01/05	O. Andre	<b>DETALLE A</b>		
Rev. 6/01/05	Ing. Vargas	ESCALA <b>1:25</b>		
Aprob. 6/01/05		CLIENTE:		
		MATERIALES:		
		<b>ESPOL</b>		

TANQUE Y ACCESORIOS



APENDICE Z



INGRESO 1

PLANO No:	19	MABA (kg)		FIMCP - ESPOL	
FECHA:	5/01/05	NOMBRE:	O. Andre		
Dib.:	5/01/05	Rev.:	6/01/05	DENOMINACION:	
Apr.:	6/01/05			DETALLE B	
				CLIENTE:	
				MATERIALES:	
				ESPOL	