



PRO **C**OBRE
La Conexión Vital.™

Instalaciones de GAS EN BAJA P R E S I O N



INSTALACIONES DE GAS EN BAJA PRESION

E L • C O B R E • E S • E T E R N O

© Inscripción N° 103.135
I.S.B.N. 956-7776-01-6
Propiedad Intelectual - PROCOBRE
Santiago - Chile

5ª Edición 2004

INACAP
Capacitación para el Desarrollo
**Confederación de la Producción y
de Comercio**

Especialista en Contenido

JACINTO FUENTES ROJAS

JORGE CELIS R.

INACAP

Diagramación

SANDRA JAQUE M.

ERICA PALUBA S.

Impresión:

López y Valencia Ltda.

lopezyvalencia@adsl.tie.cl

E L • C O B R E • E S • E T E R N O

PRESENTACION

El Centro Chileno de Promoción de Usos del Cobre, PROCOBRE, pone a disposición de los trabajadores y empresas del área, el manual “Instalaciones de Gas en Baja Presión”, cuya información será de gran utilidad a los propósitos técnicos del instalador especializado.

Este manual complementa los contenidos entregados en el manual que lo antecede (“Instalaciones de Gas Natural”). El objetivo es colaborar con los especialistas del área, para lo cual pone a su disposición los conocimientos técnicos que tienen relación con esta actividad, respondiendo de manera precisa las consultas surgidas durante la planificación y la ejecución de una instalación.

Para lograr estos propósitos, este manual entrega al instalador la información técnica que requiere, presentándola en un formato apropiado, junto a un diseño dinámico y una diagramación moderna, como un real aporte para un eficiente servicio. ■

A decorative graphic on the left side of the slide. It features a vertical stack of horizontal copper pipes. The pipes are rendered with a metallic, reflective texture, showing highlights and shadows. Some pipes are cut off at the ends, revealing circular openings. The pipes are arranged in a staggered fashion, with some overlapping others.

LAS CAÑERÍAS DE COBRE SON GARANTÍA DE DURABILIDAD EN LAS INSTALACIONES

INTRODUCCION

El propósito central de este manual es entregar a los instaladores especializados de gas natural un conjunto de datos y procedimientos, ordenados en forma lógica y descriptiva, que les permita resolver con rapidez y certeza los problemas que se presentan a su trabajo práctico.

También encontrarán en este manual toda la información técnica, descrita y desarrollada a través de cuadros y tablas actualizadas, normas vigentes y procedimientos prácticos para su aplicación, que les servirá para mantener al día sus conocimientos.

Esperamos que este manual de consulta sea un complemento a sus tareas habituales. ■



EL COBRE ES FACILMENTE SOLDABLE CON OTROS METALES

INDICE

DIMENSIONES Y PESOS DE CAÑERIAS DE COBRE./1

Cañerías de cobre en rollos./1

SOLDADURAS BLANDAS./4

Fundente para soldaduras blandas./4

DIMENSIONES DE LOS FORMATOS NORMALES DE LA SERIE A./5

Formatos y Escalas./5

INSTALACION DE CAÑERIAS PARA GAS DE CIUDAD./6

Diseño de la línea de consumo./6

Ejecución de la red./7

Sifones y cámaras sifón./8

Protecciones de la cañería bajo tierra./10

Profundidad de los arranques de la matriz interior./12

PRUEBA DE HERMETICIDAD EN INSTALACIONES DE GAS EN BAJA PRESION./13

Detección y reparación de escapes./16

Pruebas de escape./17

INSTALACION DE EQUIPOS DE GAS LICUADO./18

Cilindros de 45 kg./18

Medidas de instalación de los accesorios del equipo de gas licuado./19

Caseta para cilindros de 33 kg y 45 kg./19

MEDIDAS DE SEGURIDAD./20

Medidas de seguridad para los cilindros vacíos y de reposición./20

Distancias mínimas de seguridad para equipos de gas licuado ./21

Distancias mínimas de seguridad para estanques aéreos y subterráneos./22

Plano tipo de instalación subterránea de estanques./24

MEDIDORES UTILIZADOS HABITUALMENTE EN GASCO./25

Detalle base para el cálculo de los nichos para medidores de gas.

Plano P473. 11 - 001674./26/27/28

LLAVES DE PASO Y ALTURAS DE LOS ARTEFACTOS./29

Llaves de paso de los artefactos a gas./29

Alturas de la alimentación de los artefactos a gas licuado./29

REGULADORES PARA GAS LICUADO./30

ESTANQUES DE ALMACENAMIENTO./32

Instrumentos de un estanque y su uso./33

APLICACION DE LA NORMA NSEC 12. GP31./34

Razón de vaporización./34

Consumo diario./40

CALCULO DE LA CANTIDAD DE CILINDROS DE 45 kg EN UNA INSTALACION INTERIOR DE GAS./42

Suministro doméstico en viviendas con más de 75 m² de edificación./42

Suministro doméstico en viviendas con menos de 50 m² de edificación./44

CALCULO DEL FACTOR DE SIMULTANEIDAD./47

Aplicación de la fórmula general para obtener el factor de simultaneidad./48

Aplicación de la tabla de factores de simultaneidad./52

PERDIDA DE CARGA./54

PRESIONES DE SUMINISTRO EN BAJA PRESION PARA LOS SERVICIOS DE GAS./64

DIMENSIONAMIENTO DE CAÑERIAS DE LAS INSTALACIONES INTERIORES DE GAS EN BAJA PRESION./65

Propiedades físicas y condiciones de referencia./65

Pérdida máxima de presión./66

Diámetros de las cañerías de cobre./67

Material de las cañerías./70

Dimensionamiento./70

Variación de la presión con la altura./71

Propiedades físicas fundamentales de los gases del carbón./73

EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION DE LAS TABLAS EN BAJA PRESION./74

Procedimiento para calcular el diámetro de las cañerías./74

FAMILIA DE GASES./81

Primera familia:

Los gases manufacturados./82

Segunda familia:

Los gases naturales./84

Tercera familia:

Los gases licuados del petróleo./87

Generalidades y composición de los gases licuados del petróleo./89

Características físico-químicas./93

CURVAS PUNTO DE ROCIO./95

Propano./95

Butano./96

Procedimiento de lectura en el gráfico./97

Aplicación./98

INDICE DE WOBBE./99

Límites de inflamabilidad./104



APENDICE./111

CUADRO SIGNOS CONVENCIONALES./ 112

TABLA DE CONVENCIONES./ 114

CARACTERISTICAS DEL PROPANO Y BUTANO./ 116

LIMITES DE INFLAMABILIDAD DE UN GAS LICUADO DE PETROLEO./ 118

PESO ESPECIFICO DE UN GAS LICUADO DE PETROLEO A TEMPERATURA STANDARD./ 119

COMPARACION DE GASES COMBUSTIBLES DE USO DOMESTICO./ 120

INYECTORES GAS LICUADO. TABLA DE CAUDALES PARA GAS PROPANO./ 121

PRESIONES DE LOS VAPORES DE GASES LICUADO A PETROLEO./ 123

DIMENSIONES Y PESOS DE CAÑERÍAS DE COBRE

CAÑERÍAS DE COBRE EN ROLLOS

Las cañerías de **COBRE** suministradas en rollos de diferentes diámetros y una longitud de 18 metros. En caso de sobrepedido puede alcanzar los 45 metros o más.

Las cañerías en rollos se encuentran en el comercio en los tipos «K» y «L».

La medida de su diámetro (\varnothing) varía:

en milímetros: desde 9,53 a 22,23 mm
en pulgadas: 1/4"; 3/8"; 1/2"; 3/4"

CAÑERÍAS DE COBRE

Tipo: L

En Tiras Rectas (Temple Duro o Blando)



Diámetro Nominal pulg	Diámetro Ext. Real mm	Espesor pared mm	Presión Máxima Permitida		Peso kg/m	Largo Máximo m
			kg/cm ²	lb/pulg ²		
1/4	9.53	0.76	72	1.023	0.187	6.00
3/8	12.70	0.89	63	891	0.294	6.00
1/2	15.88	1.02	57	813	0.424	6.00
3/4	22.23	1.14	45	642	0.673	6.00
1	28.58	1.27	39	553	0.971	6.00
1 1/4	34.93	1.40	35	497	1.314	6.00
1 1/2	41.28	1.52	32	456	1.692	6.00
2	53.98	1.78	29	407	2.601	6.00
2 1/2	66.68	2.03	26	375	3.675	6.00
3	79.38	2.29	25	355	4.943	6.00
4	104.78	2.79	23	327	7.967	6.00
5	130.18	3.18	21	299	11.308	6.00

En Rollos tipo Pancake (Temple Blando)

Diámetro Nominal pulg	Diámetro Ext. Real mm	Espesor pared mm	Presión Máxima Permitida		Peso kg/m	Largo Máximo m
			kg/cm ²	lb/pulg ²		
1/4	9.53	0.76	72	1.023	0.187	18.00
3/8	12.70	0.89	63	891	0.294	18.00
1/2	15.88	1.02	57	813	0.424	18.00
3/4	22.23	1.14	45	642	0.673	18.00

Tipo: K

En Tiras Rectas (Temple Duro o Blando)

Diámetro Nominal pulg	Diámetro Ext. Real mm	Espesor pared mm	Presión Máxima Permitida		Peso kg/m	Largo Máximo m
			kg/cm ²	lb/pulg ²		
1/4	9.53	0.89	85	1.212	0.215	6.00
3/8	12.70	1.24	89	1.272	0.398	6.00
1/2	15.88	1.24	70	1.000	0.508	6.00
3/4	22.23	1.65	67	948	0.951	6.00
1	28.58	1.65	51	727	1.244	6.00
1 1/4	34.93	1.65	41	589	1.537	6.00
1 1/2	41.28	1.83	39	552	2.021	6.00
2	53.98	2.11	34	484	3.064	6.00
2 1/2	66.68	2.41	31	447	4.337	6.00
3	79.38	2.77	30	431	5.941	6.00
4	104.78	3.40	28	400	9.651	6.00
5	130.18	4.06	27	384	14.337	6.00

En Rollos Tipo Pancake (Temple Blando)

Diámetro Nominal pulg	Diámetro Ext. Real mm	Espesor pared mm	Presión Máxima Permitida		Peso kg/m	Largo Máximo m
			kg/cm ²	lb/pulg ²		
1/4	9.53	0.89	85	1.212	0.215	18.00
3/8	12.70	1.24	89	1.272	0.398	18.00
1/2	15.88	1.24	70	1.000	0.508	18.00
3/4	22.23	1.65	67	948	0.951	18.00
1	28.58	1.65	51	727	1.244	18.00

E L • C O B R E • E S • E T E R N O

SOLDADURAS BLANDAS

El término genérico «soldaduras blandas» se aplica a un grupo de aleaciones que tienen en común un punto de fusión inferior a 450°C.

La soldadura blanda consiste en unir metales a través de una aleación, cuyo punto de fusión es menor que el metal base, no superando los 450°C. Se usa en las instalaciones de gas en baja presión.

Durante años se empleó la aleación de 50% estaño (Sn) y 50% de plomo con un punto de fusión aproximado de 183°C a 216°C. En la actualidad, el uso de plomo ha sido prohibido en la mayoría de los países desarrollados por su acción nociva para la salud humana.

Por lo tanto se deben usar soldaduras sin plomo

Las alternativas vigentes que ya se están utilizando son:

ALEACION	RANGO DE FUSION (Aprox.)
Sn-Sb5	232-240°C
Sn-Ag6	221-280°C
Sn-Ag5	221-245°C
Sn-Ag3,5	221°C

(Sn = Estaño; Sb = Antimonio; Ag = Plata)

FUNDENTE PARA SOLDADURA BLANDA

La pasta para soldar o fundente está elaborada con componentes químicos de alta pureza. Básicamente, los fundentes pueden estar compuestos de:

- jalea de petróleo
- cloruro de amonio
- cloruro de zinc
- agua, agentes humectantes y otros

Por su composición, estos fundentes son aptos para ser usados con soldaduras blandas de estaño-plomo, cuyos puntos de fusión o soldabilidad oscilan entre los 180°C y 132°C.

El fundente para soldadura blanda se aplica en uniones de COBRE-latones-bronces-fierros o similares.



**EL COBRE ES FACILMENTE
SOLDABLE CON OTROS METALES**

DIMENSIONES DE LOS FORMATOS NORMALES DE LA SERIE A

FORMATOS Y ESCALAS.

El formato estará de acuerdo con la tabla dada en la norma NCh 13.Of.65, formatos normales de la serie A.

El formato normal A0 será el tamaño máximo que se aceptará para el plano.

Sólo se aceptará para el plano las escalas siguientes:

1: 110; 1: 500 y 1: 1000, las de los dibujos complementarios, de 1: 10 y 1:20.

Para los casos no contemplados en esta norma, el formato y la escala serán fijados por SEC.

(Extractado de la norma NSEC. 5.G. n 74 Instalaciones interiores de gas. Planos. Procedimientos para la ejecución).

ALGUNOS FORMATOS DE LA SERIE A

Símbolo INN	Dimensiones formato normal mm	Márgenes mm	Equivalencia formato base
Formato base A0	841 x 1.189	10	1
A1	594 x 841	10	1/2
A2	420 x 594	10	1/4
A3	297 x 420	10	1/8
A4	210 x 297	5	1/16

INSTALACIONES DE CAÑERÍAS PARA GAS DE CIUDAD

DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONSUMO

El punto inicial de la red interior de COBRE está determinado por la ubicación del medidor y el recorrido de las cañerías, hasta los artefactos.

La proyección de la línea de consumo y su ejecución se debe efectuar cumpliendo los siguientes requisitos:

- La línea de consumo debe ser instalada en lugares accesibles, de fácil ubicación en caso de ser necesarias revisiones o reparaciones.
- El recorrido entre el medidor y los artefactos deberá ser, en lo posible, corto.
- La red de cañerías de COBRE no debe interferir con otras instalaciones como las de agua, gas o alcantarillado.
- La red de cañerías de COBRE debe estar separada en lo posible a más de 0.60 m de las líneas eléctricas.

- En el interior de la vivienda, las cañerías de COBRE dispuestas en el piso no deben atravesar el dormitorio. Esto es válido para las cañerías horizontales y verticales. Atraviesan el dormitorio, sólo cuando la instalación está colocada en el entretecho del último piso de la edificación (techumbre ventilada).
- En el interior de la vivienda las cañerías de COBRE deben colocarse preferentemente en los pasillos y accesos hasta llegar a baños o cocina.
- Si se trata de conjuntos de instalaciones individuales como departamentos, oficinas, etc., cada una de estas instalaciones debe ser colocada exclusivamente en la propiedad de cada usuario. Si es necesario que en los edificios las cañerías de COBRE atraviesen los pisos, éstos se colocarán en los accesos comunes: pasillos, escalas, etc.

EJECUCION DE LA RED

Cañerías exteriores

Las cañerías de COBRE exteriores bajo tierra deben ser instaladas en una zanja, cuya medida de profundidad fluctúe entre 0.50 m a 0.60 m por 0.40 m de ancho, más o menos, con fondo plano y parejo, siguiendo la pendiente de la cañería.

Colocadas las cañerías de COBRE, se rellena la zanja con el material extraído en capas de 0.20 m para lo cual se tendrá la siguiente precaución:

- La primera capa debe estar compuesta del material más fino posible, es decir, sin piedras ni residuos duros que amenacen la constitución física de las cañerías.
- Luego, la tierra se apisona cuidadosamente. De este modo se tiene la seguridad que las cañerías quedan protegidas para recibir la segunda capa.

Cañerías interiores

Las cañerías de COBRE instaladas en el interior de la construcción pueden colocarse de diferentes formas:

- En el primer piso, las cañerías de COBRE se pueden colocar bajo el radier, para lo cual deberán estar protegidas.
- Si la instalación es por piso, las cañerías se colocarán sobre la losa o radier. En estos casos las cañerías de COBRE se ubican en el relleno del piso y no necesitan protecciones especiales.
- Cuando la instalación es entre losas, como en los casos de los edificios de varios pisos, la cañería de COBRE se coloca embutida en la losa, antes de la faena de hormigonado.
- En una instalación a la vista, las cañerías de COBRE se colocan afianzadas al muro con las correspondientes abrazaderas.

- Si la instalación es embutida en muros de hormigón armado, las cañerías de **COBRE** se colocarán antes de la faena de hormigonado.
- La instalación embutida en muro de albañilería podrá colocarse bajo el estuco.
- Las cañerías de **COBRE** pueden instalarse por el cielo siempre que éste corresponda a la vivienda del usuario.
- Una instalación se ubicará en el entretecho, si éste se realiza en el último piso y corresponda a la techumbre.

Pendiente de las cañerías

Las cañerías de **COBRE** instaladas bajo tierra deben tener una pendiente mínima del orden del 3%.

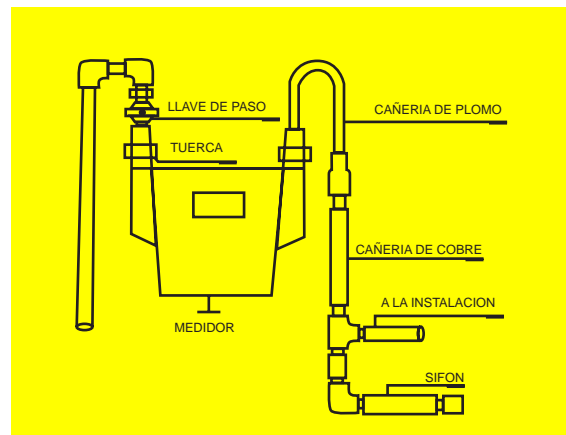
En el interior de la construcción, las cañerías instaladas por piso, como entrelosa, sobrelosa, etc., deben tener una pendiente mínima de 1 1%.

SIFONES Y CAMARA SIFON

Los sifones de **COBRE** son elementos instalados en los puntos bajos o quiebres de pendientes negativas, de la red de cañerías.

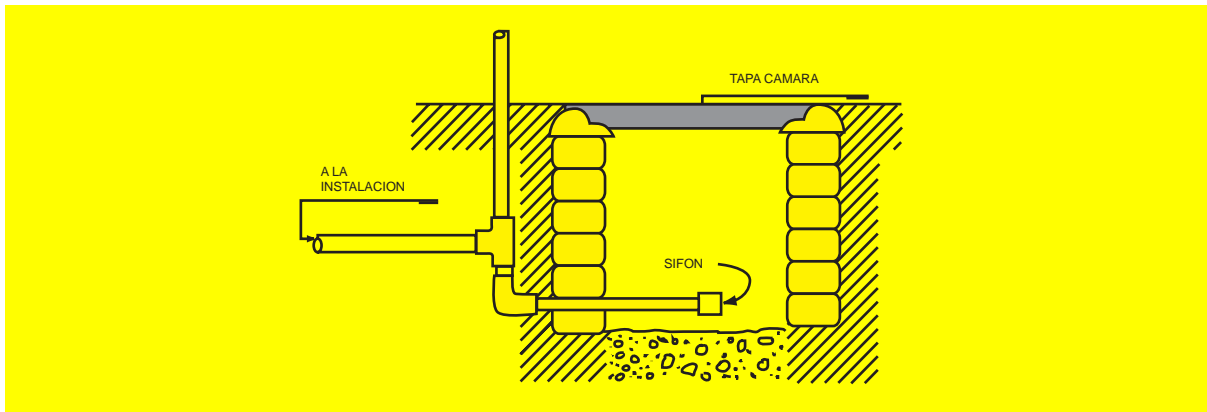
El sifón de **COBRE** consiste en un tubo de una longitud mínima de 0.30 metros con una tapa desmontable o tapa gorro o tornillo en el extremo.

Una de sus finalidades, entre otras, es recibir los residuos de gas de ciudad. Cumple también, el rol de registro.



Sifón subterráneo

El sifón de COBRE subterráneo es aquel instalado bajo tierra. Debe ser revisable en una cámara. La cámara sifón es de sección cuadrangular de dimensiones variables.



Se ejecuta generalmente de albañilería, de ladrillo fiscal, sin estucar.

En el fondo, sin radier, se deja una capa de grava para que funcione el drenaje.

En la parte superior de la cámara sifón se coloca una tapa de hormigón de cemento prefabricada.

Las dimensiones de la cámara corresponden, generalmente, a las de la tapa:

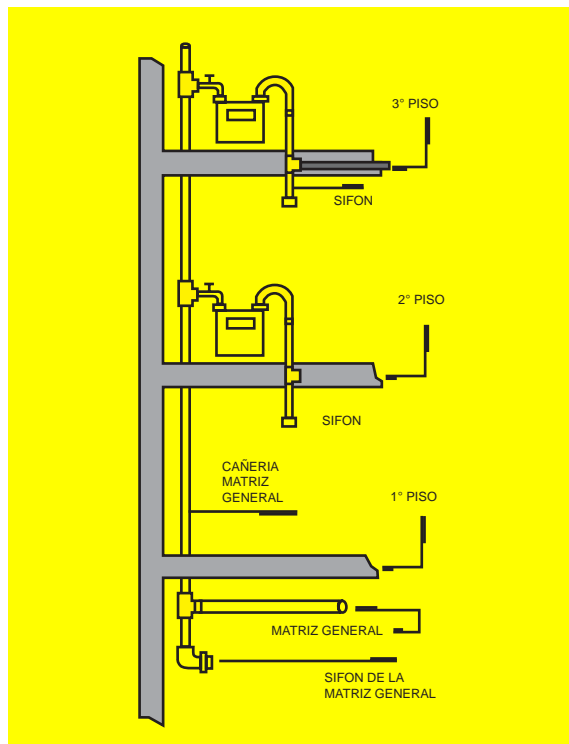
0.40 x 0.40 ó 0.50 x 0.50 ó 0.60 x 0.60 m.

La profundidad no debe sobrepasar los 0.80 m.

Sifones aéreos

Los sifones de **COBRE** aéreos son aquellos que siempre están a la vista sobre la cota de piso, o bien, bajo el cielo.

Por ejemplo, las bajadas desde los medidores colocados en el interior de los edificios de varios pisos.



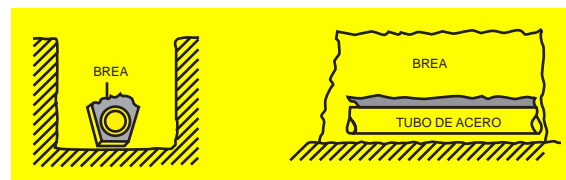
PROTECCIONES DE LA CAÑERÍA BAJO TIERRA.

La cañería de acero, negra o galvanizada, instalada en zanjas, debe protegerse contra la corrosión o impactos que pueda sufrir.

Esto no ocurre con las cañerías de COBRE que sólo deben protegerse contra impacto.

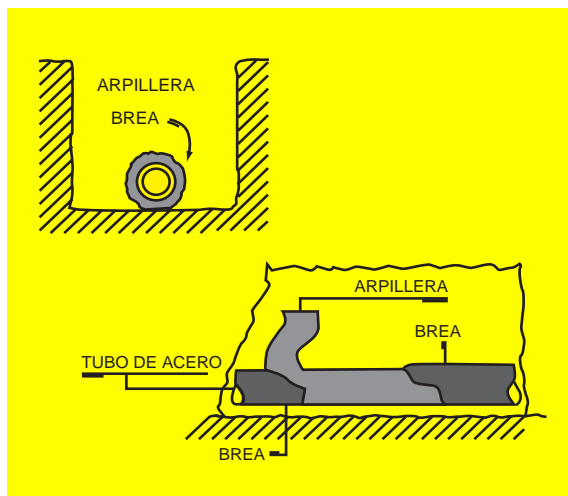
Entre las protecciones más corrientes se mencionan:

- **Canalón de brea:** Consiste en colocar la cañería en un cajón de madera y rellenarlo con brea fundida.



■ Revestimiento de arpiller y brea:

Consiste en pintar la tubería con brea caliente u otro material bituminoso. Luego se envuelve con arpiller y se remata con otra capa de brea hasta impregnar totalmente la arpillerera.



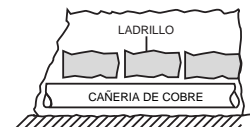
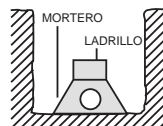
La cañería de cobre es resistente a la corrosión, pero es más blanda que la de acero.

Pero debe ser protegida contra los impactos de herramientas de excavación, de jardinería, piedras, etc.

De esto último, también hay formas de proteger la cañería:

■ Capa de ladrillos:

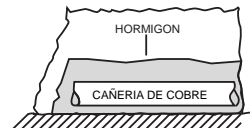
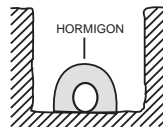
Se coloca una hilera de ladrillos, fiscales o de muralla, sobre la cañería, afianzado con una mezcla de hormigón pobre. No es necesario emboquillarlos.



■ Capa de hormigón:

Se cubre la cañería de **COBRE** con una capa de hormigón pobre de 140 kg./C/m^3 de 8 a 10 cm de espesor.

Esta unidad de medida así descrita significa que la capa de hormigón pobre tendrá 140 kilos de cemento por metro cúbico considerando un espesor de 8 a 10 cm .



PROFUNDIDAD DE LOS ARRANQUES DE LA MATRIZ INTERIOR

El Reglamento de Instalaciones de Gas, establece que el arranque de la matriz interior deberá quedar a 50 cm de profundidad bajo la vereda.

La distancia mínima de seguridad para cañerías de gas enterradas, medida desde la parte superior de la cañería al nivel del terreno o pavimento, existente en el momento de la inspección son las siguientes:

- 50 cm para instalaciones interiores.
- 60 cm para redes de distribución de gas licuado en baja o media presión.
- 80 cm para redes de baja o media presión que atraviesen calles pavimentadas.

Además de la profundidad señalada para cada caso, las cañerías que se instalen bajo tierra sin pavimento o bajo jardines, se deben proteger con ladrillos o mezcla de cemento 1 x 6 (mezcla pobre).

Sólo se permitirán cañerías de gas de ciudad por el entretecho de los dormitorios, lo que estará prohibido para el gas licuado.

Se prohíbe destinar al suministro de gas licuado las instalaciones proyectadas y aprobadas para gas de ciudad.

PRUEBA DE HERMETICIDAD EN INSTALACIONES DE GAS EN BAJA PRESION

La prueba de hermeticidad es una prueba de presión reglamentaria, exigida por la Super-intendencia de Electricidad y Combustibles, SEC.

Esta prueba de hermeticidad se ejecuta en los siguientes casos:

- Para instalaciones de gas licuado con cilindros de 45 kg.

La ejecución de la prueba es en la te de prueba ubicada en el bastón del equipo.

- Para instalaciones de gas licuado en media presión.

La ejecución de la prueba se realiza desde la te de prueba a la salida de la cañería de alimentación del estanque, entre la futura instalación del regulador de primera y segunda etapa.

- Para instalaciones de gas de ciudad.

La ejecución se realiza a la entrada de la instalación, después del medidor de gas.

Para realizar la prueba de hermeticidad se utiliza una simple bomba de aire, aquella empleada para inflar las cámaras de los neumáticos y un manómetro.

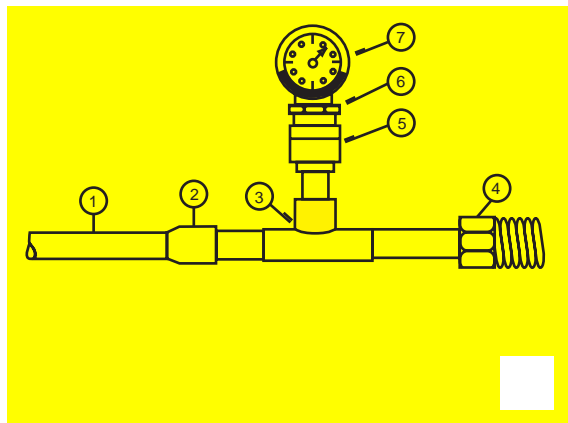


**BOMBA DE AIRE Y MANOMETRO CONECTADO
A LA INSTALACION**

El manómetro debe estar calibrado en divisiones no mayores de $1/100$ de kgf/cm^2 , o bien, $1/10$ lb/pulg^2 , graduado de 0 a 1 kgf/cm^2 ó 0 a 15 lb/pulg^2 .

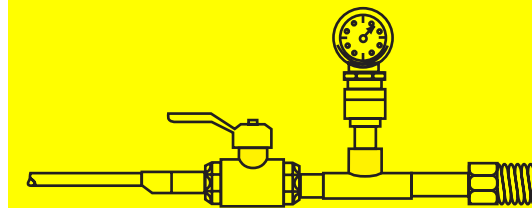
Nota: $1\text{lb/pulg}^2 = 1\text{psi}$

Detalle constructivo de una bomba de prueba:



1. Válvula de aire cámara vehículo.
2. Coplea reducción 3/8" x 1/4" SO.
3. Te de 3/8" SO.
4. Terminal 1/2" x 3/8" HE - SO.
5. Terminal 1/2" x 3/8" HI - SO.
6. Bushing 1/2" x 1/4" HE - HI.
7. Manómetro.

BOMBA DE PRUEBA CON VALVULA DE CORTE



La práctica demuestra que el resultado de la prueba de hermeticidad es en función de la presión y el tiempo.

La prueba de hermeticidad, para instalaciones de baja presión, se debe realizar de acuerdo con el siguiente procedimiento:

1. Los puntos de alimentación de los artefactos deben estar correctamente obturados.

2. En la cañería sin llave de paso y artefactos, se utiliza una presión igual o superior a 70 kPa, o su equivalente, $0,7 \text{ kgf/cm}^2$ a 10 lb/pulg^2 .

Sin embargo, esta presión debe ser inferior a 100 kPa, o su equivalente, 1 kgf/cm^2 a 15 lb/pulg^2 .

La presión elegida para la prueba debe mantenerse fija durante 5 minutos con 10 a 15 lb/pulg^2 .

3. En la instalación terminada, con los artefactos conectados y las llaves de paso cerradas, se utiliza una presión igual o superior a 15 kPa ó $0,15 \text{ kgf/cm}^2$.

Pero esta presión debe ser inferior a 20 kPa ó $0,2 \text{ kgf/cm}^2$.

La presión elegida debe mantenerse durante 10 minutos con 2,1 a $2,8 \text{ lb/pulg}^2$.

4. Cabe señalar que los puntos de unión de los artefactos deben estar debidamente conectados sin la instalación del regulador. Este punto debe estar correctamente obturado.

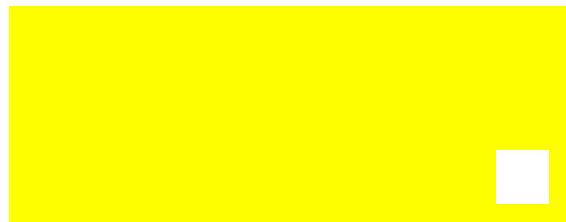
La prueba de hermeticidad debe realizarse sólo en forma individual, por departamento o casa-habitación.

Se prohíben las pruebas de hermeticidad colectivas, por el llamado sistema «peineta».

El sistema denominado «peineta» consiste en verificar, en conjunto, la hermeticidad de todas las instalaciones de los departamentos de un edificio previamente interconectados.

Las fugas de aire de las conexiones se localizan con una solución jabonosa. Esta se aplica a las conexiones empleando una brocha, a fin de que las burbujas detecten las fugas.

Una vez hecha la reparación y si aún hubiera escape, se repetirá la prueba de presión hasta que no decaiga la presión en un intervalo de 10 minutos.



DETECCION Y REPARACION DE ESCAPES

Para detectar escapes en una conexión:

1. Utilice agua jabonada o alguna solución preparada para ese uso (nunca debe usarse fósforos u otro elemento que proporciona llama)
2. Aplique el agua o la solución en cada acoplamiento de la cañería de acero y observe cuidadosamente si las burbujas aumentan, lo que indicaría la presencia de un escape. Un escape mayor puede soplar la solución antes de que se formen las burbujas.
2. Procure ajustar o lubricar la conexión en caso de que la cañería sea con uniones roscadas. Si el escape continúa, saque la conexión e inspeccione el roscado. De ser necesario haga un nuevo roscado.
3. En caso de continuar el problema después de haber efectuado las indicaciones anteriores, ubique porosidades y rajaduras en la cañería de acero. Cambie cualquier material defectuoso que encuentre.

Para reparar un escape:

1. Procure ajustar la conexión en caso de que la cañería sea de COBRE avellanada. Si esto no funciona avellánela de nuevo.

NOTA: *Escapes producidos por elementos tales como llaves de gas, artefactos, válvulas, etc., requerirán de la reparación de la parte defectuosa o el cambio de todo el aparato.*

PRUEBAS DE ESCAPE

Método de baja presión

17

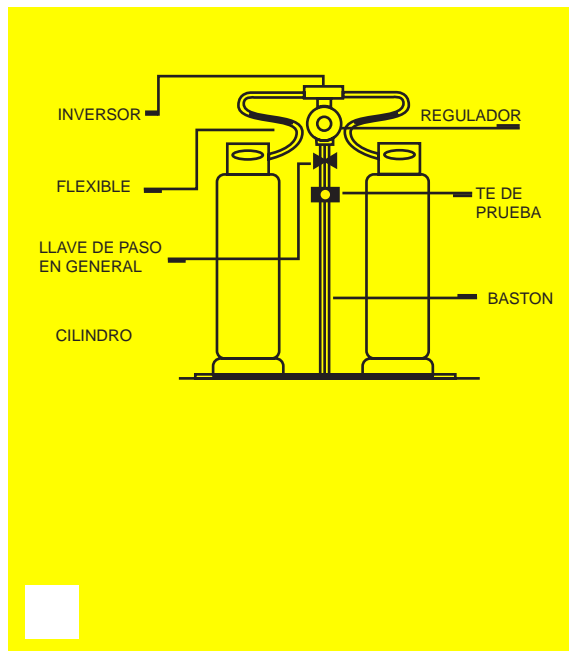
1. Inspeccione todas las conexiones y válvulas del artefacto para asegurarse que están ajustadas o cerradas. Esto incluye a las válvulas piloto.
2. Conecte un manómetro de baja presión (Fisher 5OP - 2 ó su equivalente) al orificio del quemador y abra la válvula.
3. Permita la entrada de presión al sistema abriendo la válvula de servicio. Cierre bien la válvula de servicio.
4. Cerciórese que el manómetro de baja presión marque por lo menos 11" columna de agua. Lentamente deje escapar presión abriendo la válvula de un quemador del artefacto a fin de reducir la presión exactamente a 10" columna de agua.
5. Observe la presión durante 10 minutos. Si ésta permanece en 10" columna de agua, se puede asegurar que no hay escape en el sistema.
6. Remítase a la página «Detección y reparación de escapes» en caso de que haya caída de presión.
7. Repita las indicaciones 1, 2 y 3 una vez subsanado el escape.



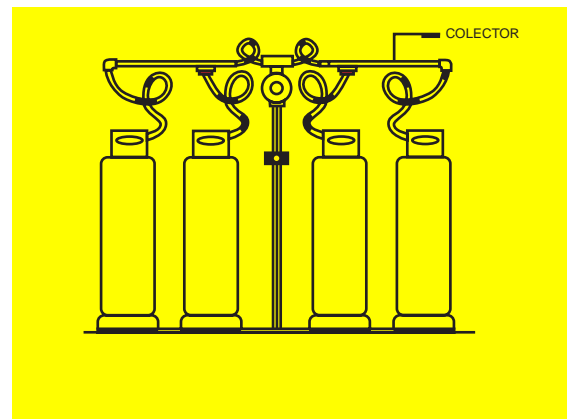
INSTALACION DE EQUIPOS DE GAS LICUADO

CILINDROS de 45 kg.

El equipo de dos cilindros está constituido por:



El equipo de cuatro cilindros tiene, además, otro elemento incorporado: el colector.



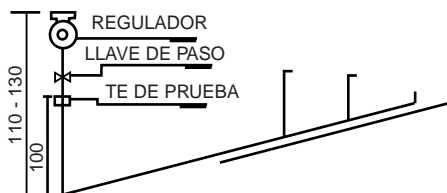
El colector es el dispositivo formado por una cañería de **COBRE**, tipo K, de 3/8" con terminales.

Uno de los terminales sirve para conectarlo al inversor y los otros a las conexiones flexibles.

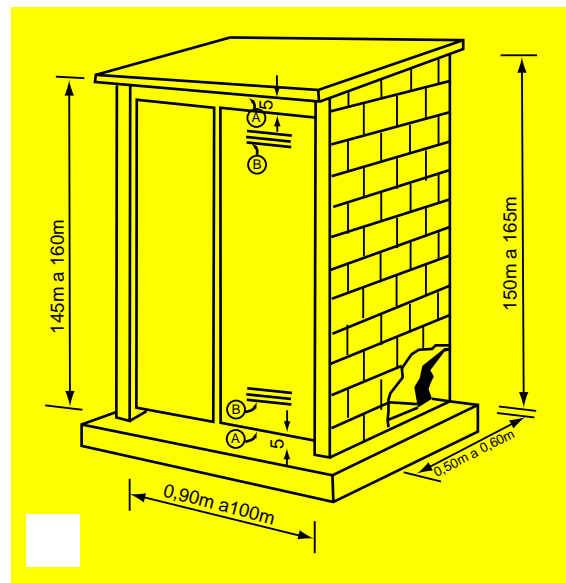
MEDIDAS DE INSTALACION DE LOS ACCESORIOS DEL EQUIPO DE GAS LICUADO.

Las alturas de la instalación de los accesorios del equipo a gas licuado son:

- Regulador: 1,10 m a 1,30 m sobre el nivel del radier.
- Te de prueba: 1.0 m sobre el nivel del radier.



CASETA PARA CILINDROS DE 33 kg y 45 kg .



- A: Aberturas de 5 cm para la ventilación en puertas, rejillas o perforaciones.
- B: Puertas de 145 cm de alto con rejillas o perforaciones para la ventilación.

La caseta debe ser de uso exclusivo de los cilindros.

Toda caseta destinada a proteger a los cilindros a gas licuado se construirá de material incombustible debiendo disponer las puertas de un cierre de fácil manejo.

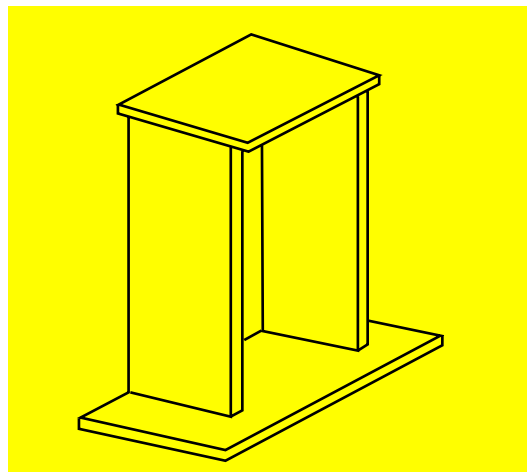
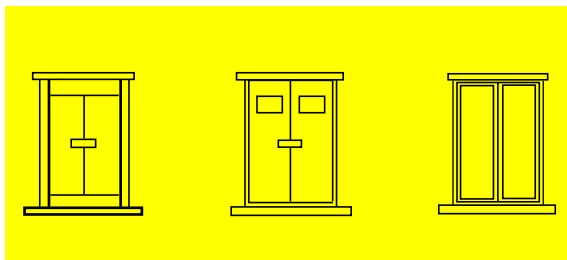
La caseta debe estar colocada sobre una base firme, debidamente nivelada, de concreto.

Su espesor fluctúa entre 0.05 m a 0.10 m sobre el nivel del piso.

Puertas para casetas

Las puertas deberán tener una capacidad de ventilación, en su parte superior e inferior, no menor de 150 cm².

Algunos tipos de puertas para casetas son los que se muestran en la siguiente ilustración:



MEDIDAS DE SEGURIDAD

MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA LOS CILINDROS VACIOS Y DE REPOSICION.

Se prohíbe guardarlos en subterráneos. Se deberán ubicar en posición normal, parados, a cierta distancia de los cilindros conectados, en un lugar adecuado y con buena ventilación. Se resguardarán de la acción del agua y de la manipulación de extraños.

DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD PARA EQUIPOS DE GAS LICUADO

Equipo de GL		Distancias mínimas de seguridad, en metros, a:	
Total de cilindros Tipo 33/45		Abertura de edificios (a).(b).(c)	Conductores eléctricos (Volt.)
Sobre	Hasta		V < 380 V > 380
0	2	1	0.3 2
2	4	2	0.3 2
4	8	3	0.5 4
8	12	5	0.5 4

Cámara de alcantarillados y otras cámaras y vías públicas (d)	Interruptores, enchufes y otros elementos productores de chispas (c)
1	1
1	2
2	2
2	2

- a) Cualquier abertura que comunique el interior con el exterior del edificio. Por ejemplo: puertas, ventanas, sótanos, ductos de basura, etc. Incluye además, distancias a fuegos abiertos como quemadores, hogares, motores, etc.
- b) Para un equipo instalado en el interior de locales, se considerará sólo distancia a fuegos abiertos como quemadores, hogares, motores, etc., y aberturas que comuniquen con sótanos. La distancia para todos ellos será de 3 m.
- c) Para un material o equipo eléctrico que reúne las condiciones de antideflagrante (antiexplosivo), no se exige distancia mínima; lo mismo es válido para conductores eléctricos embutidos.
- d) No se requiere distancia de seguridad a piletas con sifón. Para piletas sin sifón esta distancia será mínimo de 1,5 m en los equipos de hasta 4 cilindros. Para equipos instalados en el interior de locales, las distancias a cámaras de alcantarillados y otras cámaras, será de mínimo 3 m.

DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD PARA ESTANQUES AEREOS Y SUBTERRANEOS, USO EN DOMICILIO, ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES, AGRICOLAS E INDUSTRIALES.

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

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

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

ITEM	D1 ENVOLVENTE DEL ESTANQUE			D2 (a) PUNTO DE TRANSFERENCIA		
	1 m ³	2 m ³	4 m ³	1 m ³	2 m ³	4 m ³
1 A construcciones Edificaciones)	1,5	1,5	1,5	3	3	4 (*)
2 A líneas medianeras	1,5	1,5	1,5	3	3	4 (*)
3 A líneas oficiales municipales	1	1	1,5	1	1	4
4 A subterráneos	-	-	-	3	3	4 (*)
5 A vía férreas	-	-	-	3	3	4 (*)
6 A tableros eléctricos no antiexplosivos	-	-	-	3	3	4 (*)
7 A luces eléctricas	-	-	-	3	3	4 (*)
8 A cámaras de alcantarillado, sumideros, cloacas ...	-	-	-	2	2	2

ITEM	D1 ENVOLVENTE DEL ESTANQUE			D2 (a) PUNTO DE TRANSFERENCIA		
	1 m ³	2 m ³	4 m ³	1 m ³	2 m ³	4 m ³
9 A líneas de vapor	-	-	-	2	2	2
10 A otros estanques de combustible (Parafina, Petróleo) (b)	3	3	3	-	-	-
11 Entre estanques aéreos de Gas Licuado	1	1	1	-	-	-
12 A maleza; pasto seco o leña	3	3	3	-	-	-
13 A fuegos abiertos	-	-	-	4,5	4,5	4,5
14 A cajas de derivaciones no antiexplosivas	2	2	2	-	-	-
15 A motores de combustión interna, equipos de soldar.....	-	-	-	4,5	4,5	4,5
16 A cables eléctricos hasta 380 V.	2	2	2	-	-	-
17 A cables eléctricos sobre 380 a 15.000 V.	6	6	6	-	-	-
18 Entre estanques y vaporizador	3	3	3	-	-	-
19 A estacionamiento o tránsito de vehículo	Si es cercano, deben ponerse protecciones y/o barreras.					
20 Condiciones de escurrimiento de aguas lluvias	Debe prevenir la inundación del capuchón.					

a) D₂ : Puede reducirse a la mitad en caso de edificios cuya muralla no tenga aberturas.
Esto es válido para el Item 1 solamente.

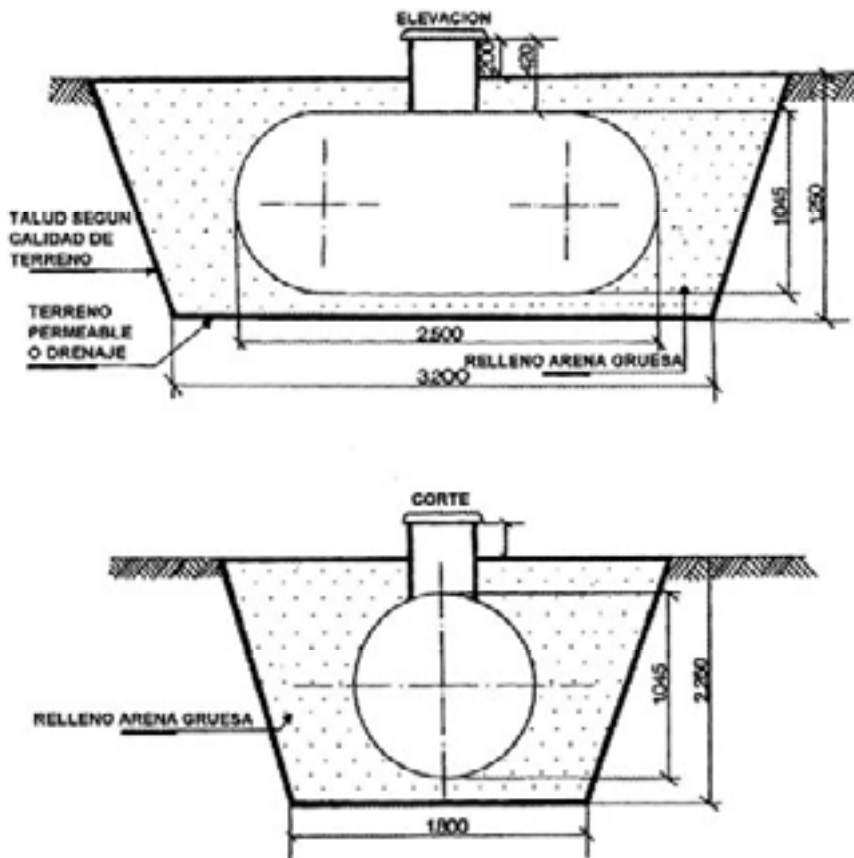
b) : Esta distancia se asimila a materiales combustibles mencionado en el Decreto N°29.
(3er. párrafo punto 3.2.2.)

(*) : Esta distancia puede ser de 3 m. en caso de un solo estanque de 4 m³
Estanque subterráneo debe quedar 15 cm. como mínimo bajo tierra.

Otras situaciones no consideradas en este manual remitirse al Decreto N°29, de 1986 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción publicado en el D.O. N°32.641 del 06.12.86, "Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento, Transporte y Expendio de Gas Licuado ».

PLANO TIPO DE INSTALACION SUBTERRANEA DE ESTANQUES

Ejemplo de estanque de 2 m³



E L • C O B R E • E S • E T E R N O

DISTANCIA DE MEDIDORES A LINEAS ELECTRICAS*

Líneas eléctricas		Distancia mínima de seguridad en m
Sobre:	Hasta:	
	1.000 V	2
1.000 V	15.000 V	6
15.000 V		20
* Aplicables a líneas aéreas o cajas de derivación		

25

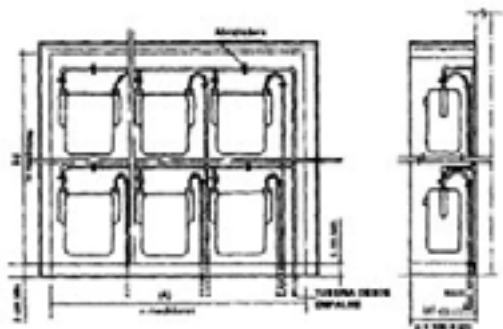
MEDIDORES UTILIZADOS HABITUALMENTE EN LA REGION METROPOLITANA

Tipo de medidor	Capacidad (m³/hr)	
	mínima	máxima
Remus 3 G. 1,6	0,016	2,5
Parkinson Cowan U-6	0,06	8,0
Elster NB-6	0,06	12,0
Elster G-16	0,16	25,0
Elster G-25	0,25	40,0
Elster G-65	0,65	100,0
Root 3 M	10,0	100,0
Root 5 M	14,0	140,0
Root 7 M	20,0	200,0
Root 16 M	45,0	450,0

E L • C O B R E • E S • E T E R N O

DETALLE BASE PARA EL CALCULO DE LOS NICHOS PARA MEDIDORES DE GAS

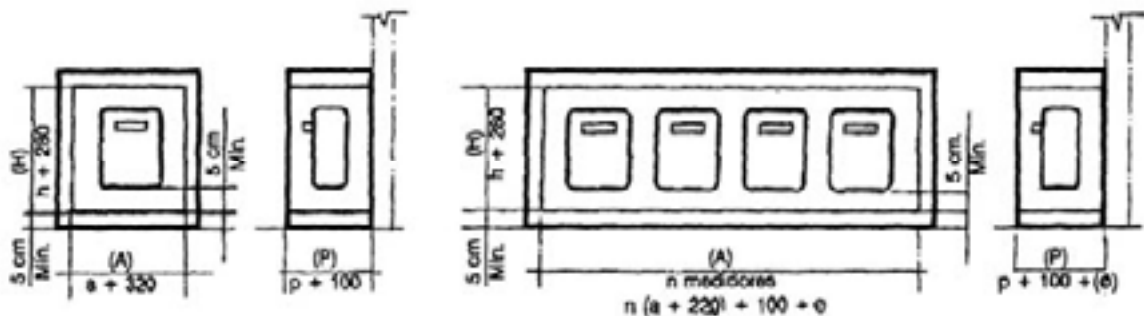
PLANO P 473.11 - 001674



BATERIA MIXTA DE n MEDIDORES HORIZONTALES Y m VERTICALES		
	DIMENSIONES (mm)	
ALTURA (H)	ANCHO (A)	PROFUNDIDAD (P)
$(h + 180) m + 100$	$(a + 220) n + 100 + \varnothing$	$p + 100 + (\varnothing)$

1. Uniones roscadas deben ir con teflón o sellante equivalente o empaquetadura correspondiente a unión medidor.
2. a) Ver observaciones de medida de seguridad.
 b) Las dimensiones interiores libres del inicio en mm son:
 H (Altura), A (Ancho) y P (Profundidad).
 c) Las dimensiones de los medidores que se instalarán son:
 h (Altura), a (Ancho) y p (Profundidad) en mm .
 d) m y n son números enteros mayores que uno.
 e) (\varnothing) es el diámetro exterior del empalme en mm .

E L • C O B R E • E S • E T E R N O

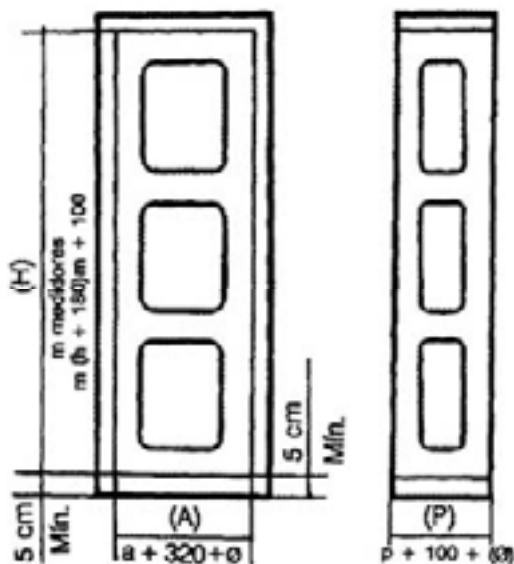


BATERIA HORIZONTAL DE n MEDIDORES

	DIMENSIONES (mm)	
ALTURA (H)	ANCHO (A)	PROFUNDIDAD (P)
$h + 280$	$(a + 220) n + 100 + \varnothing$	$p + 100 + (\varnothing)$

MEDIDORES INDIVIDUALES

	DIMENSIONES (mm)	
ALTURA (H)	ANCHO (A)	PROFUNDIDAD (P)
$h + 280$	$a + 320$	$p + 100$



BATERIA VERTICAL DE m MEDIDORES

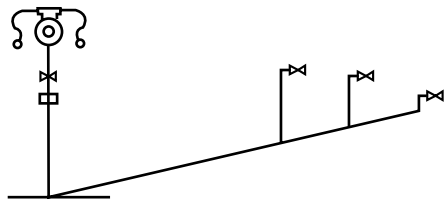
DIMENSIONES (mm)

ALTURA (H)	ANCHO (A)	PROFUNDIDAD (P)
$(h + 180) m + 100$	$a + 320 + \varnothing$	$p + 100 + (\varnothing)$

LLAVES DE PASO Y ALTURAS DE LOS ARTEFACTOS A GAS LICUADO

LLAVES DE PASO DE LOS ARTEFACTOS A GAS.

Todos los artefactos a gas deben tener una llave de paso. La finalidad de esta llave de paso es permitir el corte del suministro en una eventual emergencia, reparación o mantenimiento.

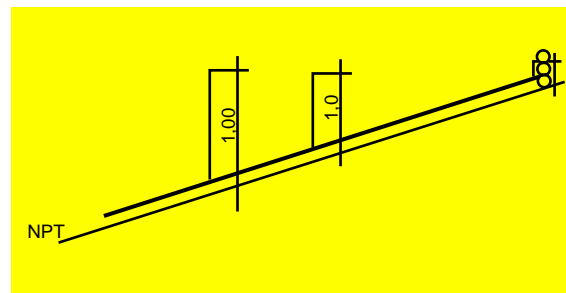


Es importante considerar que la llave de paso, fijada a la instalación de gas, permite cortar el suministro, y así poder desmontar el artefacto para su probable retiro.

De esta manera, se evita dejar sin suministro de gas a los demás artefactos.

Las llaves de paso deben quedar a la vista y ser accesibles a la operación de corte.

ALTURAS DE ALIMENTACION DE LOS ARTEFACTOS A GAS LICUADO.



Los artefactos a gas licuado se alimentan desde abajo hacia arriba.

La cañería de COBRE se instala a nivel de piso terminado.

Las alturas de alimentación de los artefactos a gas licuado son:

- Calefón : 1,00 m - 1,40 m
- Cocina : 1,00 m
- Calefactor : 0,30 m

REGULADORES PARA GAS LICUADO

REGULADORES DE 1ra. ETAPA	Mcal/h	kg/h	Entrada	Salida
Fischer 67/743	176,0	15	1/4"	1/4"
Fischer R-300-22 (C/adaptador)	315,0	27	1/4"	1/2"
Fischer R-922-H-26	315,0	27	H.I.Z	1/2"
Fischer 722-H-51 (ex-722-V-104)	630,0	53	H.I.Z	3/4"
Fischer 64-SR-23 (5 a 35 lb) (ex 64-6)	907,0	76	1/2"	1/2"
Fischer 64-SR-24 (30 a 60 lb)	1.046,0	88	1/2"	1/2"
Fischer 620-7810	2.621,0	186	1"	1"
Fischer 630-104-78	3.528,0	294	2"	2"
REGULADORES DE 2da. ETAPA				
Fischer 922-461	189,0	16	1/2"	1/2"
Fischer 932-41	315,0	27	1/2"	3/2"
Fischer 722-244 (ex-722-V-101)	630,0	53	3/4"	3/4"
REGULADORES DE SIMPLE ETAPA				
Fischer Y-200-3 c/pig-tail	31,5	2,7	1/4"	3/8"
Fischer 966-101 automático c/pig-tail	54,0	4,5	1/4"	3/8"
Fischer 922-25	121,0	10,1	1/4"	1/2"
Fischer 932-27	209,0	17,5	3/4"	3/4"
Fischer 932-26 POL x 3/4"	209,0	17,5	H.I.Z	3/4"
Fischer 722-V/41 POL x 3/4"	428,0	35,7	H.I.Z	3/4"
Fischer 922-21 POL x 1/2"	121,0	10,1	H.I.Z	1/2"
REGULADORES DE DOBLE ETAPA				
Rego 2503 C POL x 3/4"	227,0	19,0		
Fischer 722 V/41 POL x 3/4"	428,0	36,9	3/4"	3/4"

Regulador 1era. Etapa color rojo
Regulador 2da. Etapa color verde
Regulador Etapa Simple color Plomo

De presión del estanque y entrega ideal 15 PSI.
Recibe 15 PSI, entrega de 2,7 a 3,3 kPa (11" a 13,26 H₂O)
De presión del estanque y entrega 2,7 a 3,3 kPa (11" a 13,26" H₂O)

TABLA N° 58.1
SECCION INTERIOR DEL CONDUCTO COLECTIVO SEGUN POTENCIA INSTALADA (*) ()**

Consideran la potencia indicada en la placa de cada calefón y termo hasta 25Mcal/h					Sección interior para conductos colectivos circulares en cm², según número de conductos de calefactores y termos hasta 25 Mcal/h que descarguen por piso	
Caudal de Gas			Potencia Total			
Ciudad	Natural	Licuado	Equivalente			
m³/h	m³/h	m³/h	Mcal/h	MJ/h	Uno	Dos
20	10,2	4,0	100 ó menos	4,2 ó menos	440	560
30	16,8	6,0	150	6,3	540	670
40	22,5	8,0	200	8,4	640	770
60	33,7	12,0	300	12,6	N.A.	960
80	45,0	16,0	400	16,7	N.A.	1150
NOTA: N.A.= No aceptable. (*Esta tabla es aplicable a conductos colectivos de edificios de hasta 8 pisos. (**Situaciones no contempladas en esta tabla deben ser resueltas de acuerdo a prácticas reconocidas de ingeniería.						

Norma N SEGTEL II G.n. 73, la cual establece los requisitos generales que deben cumplir de calefones o termos de una instalación interior

ESTANQUES DE ALMACENAMIENTO

Los combustibles usados en estanques de gas licuado incluyen butano, propano y varias mezclas de los dos. Las presiones máximas de vapor encontradas pueden variar de una baja de 60 lb/pulg² o algo así para butano hasta una alta de más de 200 lb/pulg² para el propano. Para cubrir este alto rango de presiones el Ministerio de Econo-

mía, Fomento y Reconstrucción ha determinado que la presión mínima de diseño debe ser de 1,72 MPa (250 lb/pulg²).

Presiones de diseño inferiores, para instalaciones especiales, deberán ser aprobadas por el Ministerio referido.

TABLA DE PRESION DE VAPOR

PRESION DE VAPOR DE MEZCLAS DE GAS LICUADO COMERCIAL A 37,8°C.

COMBUSTIBLE			PRESION DE VAPOR MPa A NIVEL DEL MAR	
BUTANO			0,258	MPa (37.5 lb/pulg ²)
90%	Butano	10% Propano	0,369	MPa (53.6 lb/pulg ²)
80%	Butano	20% Propano	0,48	MPa (69.6 lb/pulg ²)
70%	Butano	30% Propano	0,593	MPa (86.0 lb/pulg ²)
60%	Butano	40% Propano	0,703	MPa (102 lb/pulg ²)
50%	Butano	50% Propano	0,827	MPa (120 lb/pulg ²)
40%	Butano	60% Propano	0,91	MPa (132 lb/pulg ²)
30%	Butano	70% Propano	1,00	MPa (145 lb/pulg ²)
20%	Butano	80% Propano	1,117	MPa (162 lb/pulg ²)
10%	Butano	90% Propano	1,2	MPa (174 lb/pulg ²)
PROPANO			1,31	MPa (190 lb/pulg ²)

INSTRUMENTOS DE UN ESTANQUE Y SU USO

33

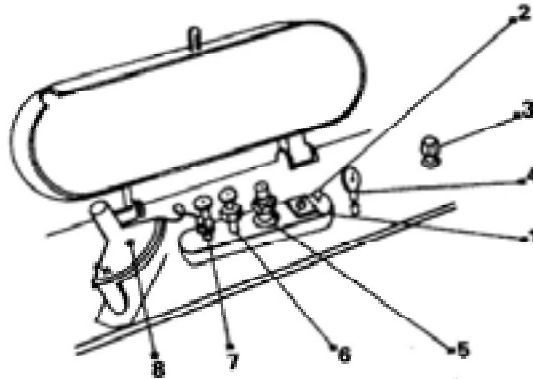


Fig.	INSTRUMENTO	PAPEL QUE DESEMPEÑA
1	INDICADOR DE VOLUMEN	Controlar el porcentaje del líquido del estanque %
2	INDICACION DE MAXIMO NIVEL DEL LIQUIDO	Controlar el máximo de nivel de líquido a que se debe llenar el estanque (80%).
3	VALVULA DE SEGURIDAD	Descargar la presión interna del estanque en caso de un aumento excesivo.
4	MANOMETRO	Controlar la presión interna del estanque.
5	VALVULA DE LLENADO	Llenar el estanque.
6	VALVULA RETORNO DE VAPOR	Establecer el circuito de retorno durante el llenado.
7	VALVULA DE SERVICIO	Abre o cierra el suministro de gas.
8	REGULADOR	Entregar una presión determinada a la instalación.

APLICACION DE LA NORMA

NSEC 12.G.P.31.

El suministro para una instalación interior de gas licuado, generalmente se proyecta con un equipo de cilindros tipo 45; en cambio, para varias instalaciones interiores de gas licuado, el suministro se proyecta con estanques.

La capacidad de los envases se calcula de acuerdo con la razón de vaporización y el consumo.

RAZON DE VAPORIZACION

La razón de vaporización de los envases se obtiene de la tabla siguiente, la cual considera como consumo intermitente al suministro doméstico y como consumo continuo al suministro industrial y comercial (hospital, hotel, etc.).

RAZON DE VAPORIZACION								
Temperatura de cálculo °C	Consumo intermitente							
	Estanques							
	Superficie m ³			Subterráneo m ³			Cilindros tipos	
	1	2	4	1	2	4	15	45
15	180	280	530	-	-	-	17	38
10	179	250	470	100	140	270	16	35
5	140	210	400	-	-	-	15	32
0	120	180	350	-	-	-	14	29
-5	100	150	240	-	-	-	13	26
-10	80	120	230	-	-	-	12	24
-15	60	90	170	-	-	-	10	20
-20	40	60	170	-	-	-	8	15

Temperatura de cálculo °C	Consumo continuo							
	Estanques							
	Superficie m ³			Subterráneo m ³			Cilindros tipos	
	1	2	4	1	2	4	15	45
15	100	150	290	-	-	-	15	33
10	90	120	260	55	80	150	14	30
5	80	110	220	-	-	-	12	27
0	70	100	190	-	-	-	11	24
-5	60	80	160	-	-	-	10	21
-10	40	60	130	-	-	-	9	18
-15	30	50	90	-	-	-	7	14
-20	20	30	60	-	-	-	5	9

Nota : Los estanques subterráneos se calculan para una temperatura constante de 10°C.

La razón de vaporización de los envases depende:

- a) Del consumo, si es intermitente o continuo;
- b) Del tipo de envase, si es estanque o cilindro;
- c) Del estanque, si es de superficie o subterráneo y de su capacidad.
- d) Del cilindro, si es tipo 15 kg ó 45 kg.
- e) De la temperatura ambiente de cálculo en °C, de acuerdo con la tabla de la página siguiente:

TEMPERATURA DE CALCULO

Comunas por orden alfabético

Comunas de:	Temperatura de cálculo °C	Comunas de:	Temperatura de cálculo °C
Ancud	- 5	Cerrillos	5
Antofagasta	10	Cerro Navia	5
Arauco	0	Colina	5
Arica	10	Combarbalá	5
Aysen	- 5	Concepción	0
Balmaceda	- 20	Conchalí	5
Baquedano	10	Constitución	5
Batuco	5	Copiapó	5
Buin	5	Coquimbo	5
Calama	- 5	Coronel	0
Caldera	10	Coyhaique	5
Calera de Tango	5	Curacaví	5
Castro	- 5	Curicó	0
Catalina	10	Chanco	5
Cauquenes	0	Chañaral	10

TEMPERATURA DE CALCULO

Comunas por orden alfabético

Comunas de:	Temperatura de cálculo °C	Comunas de:	Temperatura de cálculo °C
Chillán	0	La Cisterna	5
El Bosque	5	La Florida	5
El Monte	5	La Granja	5
El Teniente	- 15	La Pintana	5
Estación Central	5	La Reina	0
Farellones	- 20	La Serena	5
Huara	10	Lampa	5
Huasco	10	Las Condes	0
Huechuraba	5	Lebu	0
Illapel	5	Linares	0
Independencia	5	Lo Barnechea	0
Iquique	10	Lo Espejo	5
Isla Juan Fernández	10	Lo Prado	5
Isla de Maipo	5	Lonquimay	-15
Isla de Pascua	10	Los Andes	0

TEMPERATURA DE CALCULO

Comunas por orden alfabético

Comunas de:	Temperatura de cálculo °C	Comunas de:	Temperatura de cálculo °C
Los Vilos	5	Pirque	0
Macul	0	Pisagua	10
Maipú	5	Potrerillos	- 15
Malloco	5	Pozo Almonte	10
María Pinto	5	Providencia	5
María Elena	10	Pudahuel	5
Melipilla	5	Pueblo Hundido	5
Ñuñoa	5	Puente Alto	0
Ovalle	5	Puerto Montt	0
Paine	5	Puerto Natales	- 5
Pedro Aguirre Cerda	5	Punta Arenas	- 5
Peñaflor	5	Quilicura	5
Peñalolen	0	Quillagua	10
Pichilemu	5	Quinta Normal	5

TEMPERATURA DE CALCULO

Comunas por orden alfabético

Comunas de:	Temperatura de cálculo °C	Comunas de:	Temperatura de cálculo °C
Quintero	0	Talca	0
Rancagua	0	Taltal	10
Recoleta	5	Tocopilla	10
Refresco	10	Tomé	0
Renca	5	Talcahuano	0
San Antonio	5	Talagante	5
San Bernardo	5	Til - Til	5
San Felipe	5	Valdivia	0
San Joaquín	5	Valparaíso	5
San José de Maipo	0	Vallenar	5
San Miguel	5	Vicuña	5
San Pedro (Stgo.)	5	Viña del Mar	5
San Ramón	5	Vitacura	0
Santiago	5		

CONSUMO DIARIO

El consumo diario de un usuario es un cálculo muy complejo de determinar, por lo que los valores dados en la tabla siguiente son estimativos.

Se debe tener presente que:

1 mega caloría por día (Mcal/día) equivale a 1.000.000 de calorías por día (cal/día).

CONSUMO DIARIO EN Mcal/día SEGUN CLASE DE ARTEFACTOS, NIVEL DE CONSUMO Y TEMPERATURA DE CALCULO

Artefactos	Nivel	Temperatura de cálculo en °C						
		10	5	0	- 5	- 10	- 15	- 20
Calefactor	Bajo	1,5	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0
	Medio	3,0	9,0	18,0	27,0	36,0	45,0	54,0
	Alto	3,0	12,0	24,0	36,0	48,0	60,0	72,0
Calefón	Bajo	2,0	3,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	Medio	6,0	9,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
	Alto	6,0	12,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
Cocina	Bajo	3,0	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	Medio	4,0	5,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
	Alto	6,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Calefón + Cocina	Bajo	5,0	7,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
	Medio	10,0	14,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
	Alto	12,0	19,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0

CONSUMO DIARIO EN Mcal/día SEGUN CLASE DE ARTEFACTOS, NIVEL DE CONSUMO Y TEMPERATURA DE CALCULO

Artefactos	Nivel	Temperatura de cálculo en °C						
		10	5	0	- 5	- 10	- 15	- 20
Calefactor + Calefón + Cocina	Bajo	6,5	10,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0
	Medio	13,0	23,0	36,0	45,0	54,0	63,0	72,0
	Alto	15,0	31,0	50,0	62,0	74,0	86,0	98,0
2 Calefones + Cocina	Medio	13,0	18,5	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Alto	15,0	25,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
Calefactor + 2 Calefones + Cocina	Medio	16,0	27,5	42,0	51,0	60,0	69,0	78,0
	Alto	18,0	37,0	59,0	71,0	83,0	95,0	107,0
2 Calefactores + Calefón + Cocina	Medio	14,5	27,5	45,0	58,5	72,0	85,5	93,0
	Alto	16,5	37,0	62,0	80,0	98,0	116,0	134,0
2 Calefactores + 2 Calefones + Cocina	Medio	17,5	32,0	51,0	64,5	78,0	91,5	99,0
	Alto	19,5	43,0	71,0	89,0	107,0	125,0	143,0

Los valores dados en la tabla CONSUMO DIARIO son estimativos y no pueden ser aplicados a casos especiales, comerciales ni industriales ya que depende n:

- Del tipo, potencia y cantidad de los artefactos que instale el usuario.
- De la superficie construida de la vivienda para clasificar a los usuarios en bajo, medio y alto nivel de consumo, de acuerdo con la tabla que mostramos a continuación.

CLASIFICACION DE LOS USUARIOS SEGUN LA SUPERFICIE CONSTRUIDA DE LA VIVIENDA

Superficie construida m ²	Nivel de consumo
Menos de 50	Bajo
Más de 50, hasta 75	Medio
Más de 75	Alto

- De la temperatura de cálculo en °C del ambiente, según la tabla dada para ello.

CALCULO DE LA CANTIDAD DE CILINDROS DE 45 KG EN UNA INSTALACION INTERIOR DE GAS

SUMINISTRO DOMESTICO EN VIVIENDAS CON MAS DE 75 m² DE EDIFICACION

Problema 1: Calcular la cantidad de cilindros que necesita una vivienda ubicada en Las Condes, con dos calefones de 20 Mcal/h cada uno; una cocina de 8 Mcal/h y dos calefactores de 3 Mcal/h cada uno.

Datos:

- Por ser suministro doméstico, el consumo se estima intermitente.
- Por tener la vivienda más de 75 m² de edificación, se considera que el usuario tendrá alto nivel de consumo.
- La vivienda está ubicada en Las Condes, por lo tanto, de acuerdo con la tabla correspondiente, la temperatura de cálculo se considera igual a 0°C.

- La potencia instalada total, PIT, es de 54 Mcal/h, es decir:

$$\begin{array}{rcl} 20 \text{ Mcal/h} \times 2 & = & 40 \text{ Mcal/h} \\ 8 \text{ Mcal/h} \times 1 & = & 8 \text{ Mcal/h} \\ 3 \text{ Mcal/h} \times 2 & = & 6 \text{ Mcal/h} \end{array}$$

Por lo tanto: PIT = 54 Mcal/h

- Cálculo según la razón de vaporización.

Según la tabla «Razón de vaporización», para una temperatura de cálculo de 0°C con consumo intermitente para cilindros tipo 45, ésta determina el valor $R_v = 29 \text{ Mcal/h}$.

Aplicando la fórmula y reemplazando los valores, se tiene:

$$N = \frac{PIT}{R_v} \Rightarrow N = \frac{54 \text{ Mcal/h}}{29 \text{ Mcal/h}}$$

Luego: $N = 1,86$

Este valor se aproxima al entero superior, obteniéndose: $N = 2$ cilindros.

● Cálculo según consumo.

Aplicando la fórmula simplificada para cilindros tipo 45:

$$N = 0,037 \text{ (c/día)}$$

La tabla "Consumo Diario" para 2 calefactores más 2 teléfonos más cocina, en usuarios con alto nivel de consumo y 0°C de temperatura de cálculo, ésta determina el valor $c/\text{día} = 71 \text{ Mcal/día}$.

Reemplazando este valor en la fórmula, se tiene:

$$N = 0,037 \cdot 71 \Rightarrow N = 2,63$$

Este valor se aproxima al entero superior obteniéndose $N = 3$ cilindros.

● Criterio a determinar.

- De los dos valores calculados, seleccione el mayor. Este es $N = 3$.
- Para calcular la cantidad de cilindros del equipo de gas licuado el valor seleccionado se multiplica por dos; por lo tanto serán seis cilindros los que se necesitarán.
- Si durante el invierno, los cilindros de la instalación ya en servicio, entregan insuficiente cantidad de gas, baja razón de vaporización, se pueden tomar las dos alternativas siguientes:
 - Usar al mismo tiempo el mínimo de artefacto a su mínima potencia durante las horas de más frío del día.
Esta solución es de emergencia.
 - Aumentar a ocho el número de cilindros del equipo.

Esta es una solución definitiva.

SUMINISTRO DOMESTICO EN VIVIENDAS CON MENOS DE 50 m² DE EDIFICACION

Problema 2: Calcular la cantidad de cilindros que necesita una vivienda ubicada en Renca con un calefón de 20 Mcal/h, una cocina de 8 Mcal/h y un calefactor de 3 Mcal/h.

Datos:

- Por ser suministro doméstico, el consumo se estima intermitente.
- Por tener la vivienda menos de 50 m² de edificación, se considera que el usuario tendrá bajo nivel de consumo.
- La vivienda está ubicada en Renca, por lo tanto, de acuerdo con la tabla correspondiente, la temperatura de cálculo se considera igual a 5°C.
- La potencia instalada total, PIT, es de 31 Mcal/h, es decir:

$$20 \text{ Mcal/h} + 8 \text{ Mcal/h} + 3 \text{ Mcal/h} = 31 \text{ Mcal/h.}$$

- Cálculo según la razón de vaporización.

Este cálculo es análogo al descrito en el problema anterior.

Luego:

$R_v = 32 \text{ Mcal/h}$, valor calculado al aplicar la tabla «Razón de Vaporización», para una temperatura de cálculo de 5°C, con consumo intermitente y para cilindros tipo 45.

Aplicando la fórmula y reemplazando los valores se tiene:

$$N = \frac{PIT}{R_v} \Rightarrow N = \frac{31 \text{ Mcal/h}}{32 \text{ Mcal/h}}$$

Por lo tanto: $N = 0,97$

Este valor, se aproxima al entero superior, obteniéndose: $N = 1$ cilindro.

- Cálculo según consumo.

Cálculo análogo al descrito en el problema anterior.

Luego, aplicando la fórmula simplificada para cilindros tipo 45:

$$N = 0,037 \text{ (c/día)}$$

Luego:

C/día = 10 Mcal/día, valor calculado al aplicar la tabla «Consumo Diario», para calefactor + calefón + cocina, en usuario de bajo consumo y para 5°C de temperatura de cálculo.

Reemplazando este valor en la fórmula se tiene:

$$N = 0,037 \times 10 \Rightarrow N = 0,37$$

Este valor se aproxima al entero superior, obteniéndose: N = 1 cilindro.

- Criterio a determinar.

- a) De los dos valores calculados, seleccione el mayor. En este caso son coincidentes.
- b) Para calcular la cantidad de cilindros del equipo a gas licuado el valor seleccionado se multiplica por dos; por lo tanto, serán dos los cilindros que se necesitarán.
- c) Para este ejemplo no se produciría lo descrito en el problema anterior, ya que según la razón de vaporización, el cilindro se ocuparía en un 97% de su capacidad.

SUMINISTRO COMERCIAL

Problema 3: Calcular la cantidad de cilindros que necesita un edificio que funciona como Hotel ubicado en Puente Alto, con dos calefones de 20 Mcal/h cada uno, dos calefactores de 3 Mcal/h cada uno y una cocina industrial de 20 Mcal/h. Este Hotel posee calefacción central y agua caliente, por consiguiente, los calefactores y calefones son de emergencia.

Datos:

- Por ser suministro comercial, el consumo se estima continuo.
- El edificio es un Hotel ubicado en Puente Alto, por lo tanto, de acuerdo con la tabla correspondiente la temperatura de cálculo se considera igual a 0°C.
- La potencia instalada total, PIT, es de 66 Mcal/h.

- Cálculo según razón de vaporización.

Cálculo análogo al descrito en el problema 1.

Luego, si $PIT = 66 \text{ Mcal/h}$
y $R_v = 24 \text{ Mcal/h}$

Entonces, aplicando la fórmula se tiene:

$$N = \frac{PIT}{R_v} \Rightarrow N = \frac{66 \text{ Mcal/h}}{24 \text{ Mcal/h}} = 2,75$$

El valor 2,75 se aproxima al entero superior, obteniéndose: $N = 3$ cilindros.

- Cálculo según consumo.

En los suministros industriales o comerciales, como este ejemplo, no se puede aplicar la tabla que determina el consumo por día, sino que se debe calcular para cada caso específico.

Así se puede estimar que:

- Los dos calefactores de 3 Mcal/h cada uno, funcionarían durante cuatro horas al día, con un consumo total de 24 Mcal/día;
- Los dos calefones de 20 Mcal/h cada uno, funcionarían durante una hora al día, con un consumo total de 40 Mcal/día, y la cocina industrial de 20 Mcal/h, funcionaría durante 4 horas con un consumo de 80 Mcal/día total.
- Por lo tanto, se tendrá un consumo total de 144 Mcal/día.

En consecuencia, aplicando la fórmula para el cálculo de la cantidad de cilindros, se tiene que:

$$N = 0,037 \cdot (c/día) \Rightarrow N = 0,037 \cdot 144 \text{ Mcal/día}$$

Por lo tanto: $N = 5,3$

Este valor se aproxima al entero superior, obteniéndose: $N = 6$ cilindros.

● Criterio a determinar.

- a) De los dos valores calculados, seleccione el mayor. En este caso es 6 cilindros.
- b) El valor seleccionado se multiplica por 2 para obtener la cantidad de cilindros del equipo de gas licuado, resultando 12 cilindros.
- c) SEC permite mantener el valor obtenido en a) que responde a la vaporización y consumo de la instalación.

CALCULO DEL FACTOR DE SIMULTANEIDAD

Este factor se aplica para calcular la potencia de cálculo de varias instalaciones interiores de gas. Su valor se puede obtener a través de la aplicación de:

- La fórmula general, o
- La tabla de «Factores de Simultaneidad»

APLICACION DE LA FORMULA GENERAL PARA OBTENER EL FACTOR DE SIMULTANEIDAD

De esta fórmula general:

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

se desprenden las fórmulas que sirven para determinar el factor de simultaneidad de los artefactos de una instalación interior, en donde:

fs = Factor de simultaneidad
 PIT = Potencia instalada total
 a, b, c = Parámetros dependientes de los artefactos conectados.

Así, al aplicar la fórmula para calcular el factor de simultaneidad de instalaciones interiores se debe contemplar el o los artefactos conectados:

Cocina

$$fs = \frac{1,05 \cdot (PIT)^{0,76} + 5.8}{(PIT)}$$

Cocina + Calefón
 (o Termo)

$$fs = \frac{1.01 \cdot (PIT)^{0.75} + 23}{(PIT)}$$

Otros artefactos
 (Potencia total
 sobre 38\ Mcal/h)

$$fs = \frac{0,95 \cdot (PIT)^{0,85} + 33}{(PIT)}$$

Para calcular el fs de instalaciones interiores que contemplan calefón o termo, cocina y calefactor se aplica la fórmula:

$$f's = \frac{fs \text{ (cocina + calefón)} + 0,12}{1,12}$$

OBSERVACION:

Las fórmulas señaladas se aplican para más de una instalación interior, ya que para una instalación interior el fs es igual a 1.

EJEMPLO 1

Calcular el factor de simultaneidad que generan cuatro instalaciones interiores en que cada una de ellas tiene conectada una COCINA de 8 Mcal/h de potencia nominal.

Del enunciado del problema se desprende que:

$$PIT \approx 32 \text{ Mcal/h}$$

Aplicando la fórmula correspondiente se tiene:

$$f_s = \frac{1,05 (PIT)^{0,76} + 5,8}{(PIT)} \Rightarrow f_s = \frac{1,05 (32)^{0,76} + 5,8}{(32)}$$

Luego: $f_s = 64$,

EJEMPLO 2

Calcular el factor de simultaneidad que generan diez instalaciones interiores en que cada una de ellas tiene conectada una COCINA de 8 Mcal/h y un CALEFON de 20 Mcal/h.

Se desprende del problema que:

$$PIT \approx 80 \text{ Mcal/h}$$

Aplicando la fórmula correspondiente se tiene:

$$fs = \frac{1,01 \cdot (PIT)^{0,75} + 23}{(PIT)} \Rightarrow fs = \frac{1,01 \cdot (280)^{0,75} + 23}{(280)}$$

Luego: $fs = 0,33$

EJEMPLO 3:

Calcular el factor de simultaneidad que generan veinte instalaciones interiores en la cual cada una de ellas tiene conectada una COCINA de 8 Mcal/h de potencial nominal, dos CALEFONES de 20 Mcal/h cada una de potencia nominal y una CALDERA de 30 Mcal/h de potencia nominal.

Del enunciado sabemos que:

$$PIT = 1560 \text{ Mcal/h}$$

Aplicando la fórmula correspondiente a potencia total sobre 38 Mcal/h se tiene:

$$fs = \frac{0,95 \cdot (PIT)^{0,85} + 33}{(PIT)} \Rightarrow fs = \frac{0,95 \cdot (1560)^{0,85} + 33}{(1560)}$$

Luego: $fs = 0,34$

EJEMPLO 4

Calcular el factor de simultaneidad que generan 15 instalaciones interiores en la que cada una de ellas tiene conectada una COCINA de 8 Mcal/h, un CALEFON de 20 Mcal/h y un CALEFACTOR de 3 Mcal/h.

Previamente se debe calcular fs (cocina + calefón) sabiendo que PIT = 420 Mcal/h

Entonces:

$$fs = \frac{1,01 \cdot (PIT)^{0,75} + 23}{(420)} \Rightarrow fs = \frac{1,01 \cdot (420)^{0,75} + 23}{(PIT)}$$

Luego: fs = 0,28

Aplicando la fórmula para calcular f's se tiene que:

$$f's = \frac{fs \text{ (cocina + calefón)} + 0,12}{1,12} \Rightarrow f's = \frac{0,28 + 0,12}{1,12} = 0,36$$

Por lo tanto: f's = 0,36

APLICACION DE LA TABLA DE «FACTORES DE SIMULTANEIDAD»

La tabla expuesta en la página siguiente contempla los valores calculados para los factores de simultaneidad, en la cual se han considerado desde dos instalaciones interiores hasta 200 y de acuerdo con las siguientes potencias por artefactos:

Cocina= 8 Mcal/h; Calefón= 18 Mcal/h; Calefactor= 3 Mcal/h y otros artefactos de potencia diferente a la indicada.

En caso de dudas o divergencias, se deberá calcular el fs aplicando la fórmula respectiva. Este cálculo primará sobre los valores dados en la tabla.



Los factores de simultaneidad están dados en la siguiente tabla de acuerdo con la cantidad de instalaciones interiores y artefactos conectados.

FACTORES DE SIMULTANEIDAD				
Abreviatura: C = Calefactor; Ca = Calefón y Co = Cocina				
Cantidad de instalaciones interiores	Co	Ca - Co	Ca - Co - C	Otros
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,50	0,82	0,84	0,93
3	0,73	0,63	0,57	0,76
4	0,64	0,54	0,59	0,66
5	0,58	0,43	0,54	0,61
6	0,54	0,43	0,49	0,57
7	0,50	0,40	0,46	0,54
8	0,43	0,38	0,45	0,51
9	0,46	0,36	0,43	0,49
10	0,44	0,34	0,41	0,48
11 - 15	0,40	0,31	0,38	0,44
16 - 20	0,35	0,27	0,35	0,40
21 - 30	0,32	0,24	0,32	0,38
31 - 44	0,28	0,21	0,29	0,35
45 - 53	0,26	0,19	0,28	0,32
59 - 72	0,24	0,18	0,27	0,31

Cantidad de instalaciones interiores	Co	Ca - Co	Ca - Co - C	Otros
73 - 86	0,23	0,17	0,26	0,30
87 - 100	0,22	0,16	0,25	0,29
101 - 133	0,20	0,15	0,24	0,28
134 - 166	0,19	0,14	0,23	0,27
167 - 200	0,18	0,13	0,22	0,26

PERDIDA DE CARGA

Con el fin de asegurar que la presión con que llega el gas extremo o final de la cañería de **COBRE**, donde suponemos está el artefacto de consumo, sea suficiente, se deben respetar las caídas máximas acumuladas de presión. Estas caídas de presión son normadas por SEC, las cuales son:

GC Y GN = 120 Pascal en baja presión
Gas licuado = 150 Pascal en baja presión

Para determinar el valor de pérdida de carga que se produce en una cañería de **COBRE** se incluyen las tablas que se presentan en las siguientes páginas, para ser usadas con el valor de las potencias calóricas nominales de los artefactos.

TABLA 1

GAS LICUADO EN BAJA PRESION

COBRE TIPO L

55

Long en m		Δp . PERDIDA DE PRESION EN Pa																	
2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50
3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	53	60	68	75
4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	70	80	90	100
5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	88	100	113	125
6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	105	120	135	150
7	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	123	140	158	
8	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120	140	160		
9	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135	158			
10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150				
12	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168					
14	14	28	42	56	70	84	98	112	126	140	154	168							
16	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160									
18	18	36	54	72	90	108	126	144	162										
20	20	40	60	80	100	120	140	160											
22	22	44	66	88	110	132	154												
24	24	48	72	96	120	144													
26	26	52	78	104	130	156													
28	28	56	84	112	140														
30	30	60	90	120	150														
35	35	70	105	140															
40	40	80	120	160															
45	45	90	135																
50	50	100	150																
\varnothing nom		POTENCIA EN Mcal/h																	
3/8	4	6	7	8	9	10	11	12	13	13	14	14	15	15	17	18	19	20	
1/2	7	10	12	14	16	18	19	20	21	23	24	25	26	27	28	30	32	34	36
3/4	18	25	31	36	40	44	47	50	54	56	59	62	64	67	69	75	80	85	89
1	35	49	60	69	78	85	92	98	104	110	115	120	125	130	134	145	155	165	173
1.14	65	91	112	129	144	158	171	183	194	204	214	224	233	241	250	270	289	306	323
1.12	100	141	173	199	223	244	264	282	299	315	331	345	360	373	386	417	446	473	499
2	217	307	376	434	486	532	575	614	652	687	720	752	783	813	841	909	971	1030	1086
2.12	373	528	647	747	835	915	988	1056	1120	1181	1238	1294	1346	1397	1446	1562	1670	1771	1867
3	631	892	1093	1262	1411	1545	1669	1784	1893	1995	2092	2185	2275	2360	2443	2639	2821	2992	3154
4	1322	1869	2289	2643	2955	3237	3496	3738	3965	4179	4383	4578	4765	4945	5118	5528	5910	6268	6608

Fórmula de Pole modificada:

$$P = 0,0017621 \times K (\Delta p/L)^{1/2} \times (D^5)^{1/2}$$

P= potencia a consumir en Mcal/h

K= factor en función del \varnothing

D= diámetro interior de la cañería en cm

Δp = pérdida de presión en Pa

L= longitud de la cañería en m

TABLA 2

GAS CIUDAD EN BAJA PRESION
REGION METROPOLITANA (COBRE TIPO L)

Long en m																			
Δp . PERDIDA DE PRESION EN Pa																			
2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50
3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	53	60	68	75
4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	70	80	90	100
5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	88	100	113	125
6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	105	120		
7	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	123			
8	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120				
9	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126					
10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120							
12	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120									
14	14	28	42	56	70	84	98	112	126										
16	16	32	48	64	80	96	112	128											
18	18	36	54	72	90	108	126												
20	20	40	60	80	100	120													
22	22	44	66	88	110														
24	24	48	72	96	120														
26	26	52	78	104															
28	28	56	84	112															
30	30	60	90	120															
35	35	70	105																
40	40	80	120																
45	45	90																	
50	50	100																	
Fórmula de Pole modificada:																			
$P = 0,0053417 \times K (\Delta p/L)^{1/2} \times (D^5)^{1/2}$																			
P = potencia a consumir en Mcal/h																			
K = factor en función del Ø																			
D = diámetro interior de la cañería en cm																			
Δp = pérdida de presión en Pa																			
L = longitud de la cañería en m																			
Ø nom																			
POTENCIA EN Mcal/h																			
1/2	2	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	8	9	10	10	11
3/4	5	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	21	23	24	26	27
1	11	15	18	21	24	26	28	30	32	33	35	36	38	39	41	44	47	50	53
1 1/4	20	28	34	39	44	48	52	55	59	62	65	68	71	73	76	82	87	93	99
1 1/2	30	43	52	60	67	74	80	86	91	96	100	105	109	113	117	126	135	143	151
2	66	93	104	132	147	161	174	186	198	208	218	228	237	246	255	275	294	312	329
2 1/2	113	160	196	226	253	277	299	320	340	358	375	392	408	424	438	474	506	537	666
3	191	270	331	382	428	460	506	541	574	605	634	682	690	716	741	800	855	907	956
4	401	567	694	801	896	981	1060	1133	1202	1267	1329	1389	1444	1499	1552	1676	1792	1900	2003

TABLA 3
GAS CORRIENTE EN BAJA PRESION
VIII REGION COBRE TIPO L)
57

Long en m		Δp . PERDIDA DE PRESION EN Pa																	
2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50
3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	53	60	68	75
4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	70	80	90	100
5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	88	100	113	125
6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	105	120		
7	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	123			
8	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120				
9	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126					
10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120							
12	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120									
14	14	28	42	56	70	84	98	112	126										
16	16	32	48	64	80	96	112	128											
18	18	36	54	72	90	108	126												
20	20	40	60	80	100	120													
22	22	44	66	88	110														
24	24	48	72	96	120														
26	26	52	78	104															
28	28	56	84	112															
30	30	60	90	120															
35	35	70	105																
40	40	80	120																
45	45	90																	
50	50	100																	
\varnothing nom		POTENCIA EN Mcal/h																	
1/2	2	3	4	4	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	10	10	11
3/4	5	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	18	19	20	21	22	24	25	27
1	10	15	18	21	23	25	27	29	31	33	34	36	37	39	40	43	46	49	52
1.1/4	19	27	33	38	43	47	51	54	58	61	64	67	69	72	74	80	86	91	96
1.1/2	30	42	51	59	66	73	79	84	89	94	99	103	107	111	115	124	133	141	148
2	65	91	112	129	145	158	171	183	194	204	214	224	233	242	250	270	289	307	323
2.1/2	111	157	192	222	249	272	294	314	333	351	369	385	401	416	430	465	497	527	556
3	188	266	325	376	420	460	497	531	563	594	623	650	677	703	727	785	840	891	939
4	393	556	681	787	879	963	1041	1112	1180	1244	1305	1362	1418	1472	1523	1645	1759	1866	1967

Fórmula de Pole modificada:

$$P = 0,00052444 \times K (\Delta p/L)^{1/2} \times (D^5)^{1/2}$$

P= potencia a consumir en Mcal/h

K= factor en función del \varnothing

D= diámetro interior de la cañería en cm

Δp = pérdida de presión en Pa

L= longitud de la cañería en m

TABLA 4

GAS CORRIENTE EN BAJA PRESION
V REGION (COBRE TIPO L)

Long en m		Δp . PERDIDA DE PRESION EN Pa																	
2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50
3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	53	60	68	75
4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	70	80	90	100
5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	88	100	113	125
6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	105	120		
7	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	123			
8	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120				
9	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126					
10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120							
12	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120									
14	14	28	42	56	70	84	98	112	126										
16	16	32	48	64	80	96	112	128											
18	18	36	54	72	90	108	126												
20	20	40	60	80	100	120													
22	22	44	66	88	110														
24	24	48	72	96	120														
26	26	52	78	104															
28	28	56	84	112															
30	30	60	90	120															
35	35	70	105																
40	40	80	120																
45	45	90																	
50	50	100																	
\varnothing nom		POTENCIA EN Mcal/h																	
1/2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3/4	5	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	9	13	16	20	22	24	25	27	28	30	31	32	34	35	38	40	43	45	47
1.1/4	17	24	29	34	37	41	44	47	50	53	56	58	60	63	65	70	75	79	84
1.1/2	26	37	45	52	58	63	68	73	78	82	86	90	93	97	100	108	116	123	129
2	56	80	98	113	126	138	149	159	169	178	187	195	203	211	218	236	252	267	282
2.1/2	97	137	168	194	217	237	256	274	291	306	321	336	349	363	375	405	433	460	485
3	164	232	284	327	366	401	433	463	491	518	543	567	590	613	634	685	732	777	819
4	343	485	594	686	767	840	908	970	1029	1085	1138	1188	1237	1283	1328	1435	1534	1627	1715

Fórmula de Pole modificada:

$$P = 0,00045736 \times K (\Delta p/L)^{1/2} \times (D^5)^{1/2}$$

P= potencia a consumir en Mcal/h

K= factor en función del \varnothing

D= diámetro interior de la cañería en cm

Δp = pérdida de presión en Pa

L= longitud de la cañería en m

TABLA 5

GAS NATURAL EN BAJAPRESION
REGION METROPOLITANA COBRE TIPO D

59

Long en m		Δp . PERDIDA DE PRESION EN Pa																	
2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50
3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	53	60	68	75
4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	70	80	90	100
5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	88	100	113	125
6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	105	120		
7	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	123			
8	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120				
9	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126					
10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120							
12	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120									
14	14	28	42	56	70	84	98	112	126										
16	16	32	48	64	80	96	112	128											
18	18	36	54	72	90	108	126												
20	20	40	60	80	100	120													
22	22	44	66	88	110														
24	24	48	72	96	120														
26	26	52	78	104															
28	28	56	84	112															
30	30	60	90	120															
35	35	70	105																
40	40	80	120																
45	45	90																	
50	50	100																	
\varnothing nom		POTENCIA EN Mcal/h																	
3/8	3	4	5	5	6	7	7	8	8	9	9	9	10	10	10	11	12	13	13
1/2	5	7	8	10	11	12	13	14	15	15	16	17	17	18	19	20	22	23	24
3/4	12	17	21	24	27	30	32	34	36	38	40	42	43	45	47	50	54	57	60
1	23	33	41	47	52	57	62	66	70	74	78	81	85	88	91	98	105	111	117
1.1/4	40	62	76	87	98	107	115	123	131	138	145	151	157	163	169	183	195	207	218
1.1/2	67	95	117	135	151	165	178	191	202	213	224	234	243	252	261	282	302	320	337
2	147	208	254	294	328	360	389	415	441	464	487	509	530	550	569	614	657	697	734
2.1/2	253	357	437	505	565	619	668	714	758	799	837	875	910	945	978	1056	1129	1198	1263
3	427	603	739	853	954	1045	1129	1207	1280	1349	1415	1478	1538	1596	1652	1785	1908	2024	2133
4	894	1264	1548	1787	1998	2189	2365	2528	2681	2826	2964	3096	3222	3344	3461	3738	3997	4239	4468

Fórmula de Pole modificada:

$P = 0,0011916 \times K (\Delta p/L)^{1/2} \times (D5)^{1/2}$

P= potencia a consumir en Mcal/h

K= factor en función del \varnothing

D= diámetro interior de la cañería en cm

Δp = pérdida de presión en Pa

L= longitud de la cañería en m

Para quienes gustan del cálculo directo pueden emplear la fórmula de pérdida de carga modificada de Pole, reemplazando el valor de la constante, dependiendo del gas a emplear. Las constantes son:

En cañería de cobre

- Gas Licuado	: 0,0017621
- GC. Región Metropolitana	: 0,00053417
- GC. VIII Región	: 0,00052444
- GC. V Región	: 0,00045736
- G. Natural	: 0,0011916

La fórmula de pérdida o caída de presión de Pole modificada para gas licuado medida en Pascal es la siguiente:

$$\Delta P = L \times \left[\frac{P}{0,0017621 \times k \times \sqrt{D^5}} \right]^2$$

- ΔP = Caída de Presión en Pascal
 L = Longitud de la cañería en m
 P = Potencia a consumir en Mcal/h
 K = Factor de fricción en función del diámetro
 D = Diámetro interior de la cañería en cm

VALOR DEL FACTOR DE FRICCIÓN K

Designación convencional	K
3/8 "a 1"	1.800
1 1/4 "a 1 1/2"	1.980
2 "a 2 1/2"	2.160
3"	2.340
4"	2.420

A continuación se presentan otras derivaciones de la fórmula de Pole modificada para determinar:

- Potencia a consumir en Mcal/h
- Longitud de la cañería de **COBRE** en m
- Diámetro interior en cm

■ FORMULAS PARA CALCULAR:

A. Potencia en Mcal/h

$$P = \text{FACTOR} \cdot K \cdot \sqrt{\frac{\Delta P}{L}} \cdot \sqrt{D^5}$$

B. Longitud de la cañería de **COBRE** en metros

$$L = \Delta P \cdot D^5 \cdot \left[\frac{\text{FACTOR} \cdot K}{P} \right]^2$$

C. Diámetro interior de la cañería de **COBRE** en milímetros

$$D = \left[\frac{L \cdot \Delta P}{\text{FACTOR} \cdot K} \right]^{\frac{1}{5}}$$

Aplicación de las fórmulas mencionadas tomando como ejemplo para su desarrollo al gas licuado.

EJEMPLO 1:

Determinar la caída de presión en una cañería de cobre tipo “L” de 1 1/2” de diámetro (3.824 cm Δ int.) que transporta 360 Mcal/h en una longitud de 10 m .

$$\Delta P = L \cdot \left[\frac{P}{0,0017621 \cdot K \cdot \sqrt{D^5}} \right]^2$$

$$\Delta P = 10 \cdot \left[\frac{360}{0,0017621 \cdot 1980 \cdot \sqrt{3,824^5}} \right]^2$$

$$\Delta P = 130,207 \text{ Pascal}$$

EJEMPLO 2:

Determinar la longitud máxima de una cañería de cobre tipo “L” de 3" de diámetro (7.480 cm Ø int.) que transporta 1.093 Mcal/h, con una caída de presión igual a 150 Pascal.

$$L = \Delta P \cdot D^5 \cdot \left[\frac{0,0017621 \cdot K}{P} \right]^2$$

$$L = 150 \cdot 7480^5 \cdot \left[\frac{0,0017621 \cdot 2340}{1093} \right]^2$$

Long. = 49,98 ≈ 50 metros.

EJEMPLO 3:

Calcular el diámetro de una cañería de cobre tipo “L” de una longitud de 30 m que transporta 2.955 Mcal/h con una caída de presión máxima de 150 Pascal.

$$D = \varnothing = \left[\frac{L}{\Delta P} \cdot \left[\frac{P}{0,0017621 \cdot 2420} \right]^2 \right]^{\frac{1}{5}}$$

$$\varnothing = \left[\frac{30}{150} \cdot \left[\frac{2.955}{0,0017621 \cdot 2420} \right]^2 \right]^{\frac{1}{5}}$$

$$\varnothing = 9,920 \text{ cm.} = 4"$$

EJEMPLO 4:

Calcular la potencia que puede consumir una cañería de cobre tipo “L” de 1 1/4" de diámetro (3,212 cm Ø int.) con una longitud de 20 m y una pérdida de presión máxima de 140 Pascal.

$$P = 0,0017621 \cdot K \cdot \sqrt{\Delta P/L} \cdot \sqrt{D^5}$$

$$P = 0,0017621 \cdot 1980 \cdot \sqrt{140/20} \cdot \sqrt{3,212^5}$$

$$P = 171 \text{ Mcal/h}$$

De acuerdo a la nueva reglamentación, en la cual las Mcal/h son reemplazadas por kW, unidad del Sistema Internacional (SI), SEC aceptará indistintamente el empleo de la fórmula siguiente:

$$P = 2,68 \cdot 10^{-5} \cdot K \cdot \left[\frac{D^5 \cdot H}{d \cdot L} \right]^{1/2} \cdot PCS$$

donde:

K	= Factor de fricción en función del diámetro
D	= Diámetro interior de la cañería en cm
H	= Caída de presión en Pascal
d	= Densidad relativa del gas
L	= Longitud de la cañería en m
PCS	= Poder calórico superior en MJ/m³

Los datos y PCS los puede obtener directamente de la tabla «Propiedades físicas de los gases y condiciones de referencia» indicada más adelante.

EJEMPLO 5:

Una cañería de cobre tipo “L” de 2” de diámetro (5.042 cm de Δ int.) con una longitud de 22 m, que transporta gas licuado, con una pérdida de presión de 132 Pascal, ¿Cuántos kW puede transportar en una hora?

PCS	= 93,78 MJ/m³
d	= 1,5 densidad gas licuado
D	= 5.042 cm Ø int.
K	= 2.160 valor del factor de fricción K para cañerías de 2"
L	= 22 m
H	= 132 Pascal

Aplicando la fórmula:

$$P = 2,68 \cdot 10^{-5} \cdot K \cdot \left[\frac{D^5 \cdot H}{d \cdot L} \right]^{1/2} \cdot PCS$$

Reemplazando se tiene:

$$P = 2,68 \cdot 10^{-5} \cdot 2160 \cdot \left[\frac{5042^5 \cdot 132}{1,5 \cdot 22} \right]^{1/2} \cdot 93,78$$

$$P = 1,959 \cdot 10^{10} \text{ kW}$$

PRESIONES DE SUMINISTRO EN BAJA

PRESION PARA LOS SERVICIOS DE GAS

Gas corriente:

Presión nominal: 1,3 kPa (135 mm H₂O)

Presión mínima : 0,6 kPa (61 mm H₂O)

Presión máxima : 1,5 kPa (153 mm H₂O)

Gas natural:

Presión nominal: 1.8 kPa (184 mm H₂O)

Presión mínima : 1.5 kPa (153 mm H₂O)

Presión máxima : 2.2 kPa (224 mm H₂O)

Gas licuado
de petróleo:

Presión nominal: 2.7 kPa (276 mm H₂O)

Presión mínima : 2.2 kPa (224 mm H₂O)

Presión máxima : 3.3 kPa (337 mm H₂O)

Los valores señalados anteriormente corresponden a presiones manométricas.

Estas presiones se entenderán medidas en el punto de entrega a la instalación interior cuyo suministro se desea controlar, que será la salida del medidor o regulador según corresponda.

Para circunstancias de excepción, SEC aplica ciertas consideraciones para juzgar una instalación. Así tenemos por ejemplo, que se ha tolerado que el ajuste del regulador se modifique en los siguientes casos:

- a) Cuando los edificios tengan una altura superior a los 10 metros, para el gas licuado se podrá desestimar la pérdida de presión por altura, h, aumentando la salida del regulador, hasta un máximo de 3.24 kPa (330 mm H₂O) 13" columna de agua.
- b) Que el ajuste del regulador se modifique en forma tal que la pérdida de presión que se origina por el paso del gas a través de medidores, generalmente de 10 mm H₂O (0,1 kPa), aproximadamente 1/2" columna de agua, quede compensado con tal ajuste.

DIMENSIONAMIENTO DE CAÑERÍAS DE LAS INSTALACIONES INTERIORES DE GAS EN BAJA PRESION

Los requisitos para dimensionar cañerías de las instalaciones interiores de gas en baja presión se establecen en la norma NSEC 21. G. p 82

Esta norma se aplicará para dimensionar cañerías de todas las instalaciones interiores de gas en baja presión, de uso doméstico, comercial e industrial, para los distintos gases combustibles de servicio público.

PROPIEDADES FISICAS Y CONDICIONES DE REFERENCIA

Para fines de cálculo, las propiedades físicas y sus respectivas condiciones de referencias, para los distintos gases combustibles de servicio público, serán las que se ilustran en la siguiente tabla:

PROPIEDADES FISICAS DE LOS GASES Y CONDICIONES DE REFERENCIA

Tipo de Gas	Empresa Ciudad	Propiedades físicas		Condiciones de referencia
		Densidad relativa	Poder calorífico superior, PCS	288,16 K (15-C)
Corriente	VIII Región	0,54	16,75 MJ/m ³ (1) (4,00 Mcal/m ³)	101,3 kPa (760 mm Hg)
	Región Metropolitana	0,65	18,71 MJ/m ³ (4,47 Mcal/m ³)	95,6 kPa (717 mm Hg)
	V Región	0,71	16,75 MJ/m ³ (4,00 Mcal/m ³)	101,3 kPa (760 mm Hg)
Nota: (1) 1 Mcal = 4,1868 MJ.				

Tipo de Gas	Empresa Ciudad	Propiedades físicas		Condiciones de referencia
		Densidad relativa	Poder calorífico superior, PCS	288,16 K (15-C)
Licuada	Todo el país	1,5	93,78 MJ/m ³ (22,40 Mcal/m ³)	101,3 kPa (760 mm Hg)
Natural	XII Región	0,59	39,77 MJ/m ³ 9.5 Mcal/m ³	278,16 K (5-C) 99,7 kPa (748 mm Hg)
Nota : (1) 1 Mcal = 4,1868 MJ.				

PERDIDA MAXIMA DE PRESION

De acuerdo con el tipo de gas, en una instalación interior se aceptará la pérdida máxima de presión señalada en la tabla adjunta entre cada uno de los artefactos conectados.

Tipo de gas	Pérdida máxima de presión aceptable. Pa (1)	Descripción
Corriente	120	Entre la salida del medidor y cada uno de los artefactos.
Licuada	150	Entre el regulador de 2a. etapa y de simple etapa y cada uno de los artefactos.
Natural	120	Entre la salida del regulador de 2a. etapa y cada uno de los artefactos.
(1): Pa, Pascal, unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades, SI. 1 kPa = 0,010197 kgf/cm ² ; 0,145038 lbf/in ² .		

DIAMETROS DE LAS CAÑERIAS DE COBRE

Para los efectos de cálculo en la cañería de **COBRE** se considerará el diámetro interior normalizado según Nch 951.

En este caso, el diámetro nominal adoptado será igual o inmediatamente superior al resultante del cálculo.

CAÑERIAS DE COBRE

Tipo: L

En Tiras Rectas (Temple Duro o Blando)

Diámetro Nominal pulg	Diámetro Ext. Real mm	Espesor pared mm	Presión Máxima Permitida		Peso kg/m	Largo Máximo m
			kg/cm ²	lb/pulg ²		
1/4	9.53	0.76	72	1.023	0.187	6.00
3/8	12.70	0.89	63	891	0.294	6.00
1/2	15.88	1.02	57	813	0.424	6.00
3/4	22.23	1.14	45	642	0.673	6.00
1	28.58	1.27	39	553	0.971	6.00
1 1/4	34.93	1.40	35	497	1.314	6.00
1 1/2	41.28	1.52	32	456	1.692	6.00
2	53.98	1.78	29	407	2.601	6.00
2 1/2	66.68	2.03	26	375	3.675	6.00
3	79.38	2.29	25	355	4.943	6.00
4	104.8	2.79	23	327	7.967	6.00
5	130.8	3.18	21	299	11.308	6.00

En Rollos, tipo Pancake (Temple Blando)

Diámetro Nominal pulg	Diámetro Ext. Real mm	Espesor pared mm	Presión Máxima Permitida		Peso kg/m	Largo Máximo m
			kg/cm ²	lb/pulg ²		
1/4	9.53	0.76	72	1023	0.187	1800
3/8	12.70	0.89	63	891	0.294	1800
1/2	15.88	1.02	57	813	0.424	1800
3/4	22.23	1.14	45	642	0.673	1800
1	28.58	1.27	39	553	0.971	1800

Tipo: K
En Tiras Rectas (Temple Duro o Blando)

Diámetro Nominal pulg	Diámetro Ext. Real mm	Espesor pared mm	Presión Máxima Permitida		Peso kg/m	Largo Máximo m
			kg/cm ²	lb/pulg ²		
1/4	9.53	0.89	85	1.212	0.215	6.00
3/8	12.70	1.24	89	1.272	0.398	6.00
1/2	15.88	1.24	70	1.000	0.508	6.00
3/4	22.23	1.65	67	948	0.951	6.00
1	28.58	1.65	51	727	1.244	6.00
1 1/4	34.93	1.65	41	589	1.537	6.00
1 1/2	41.28	1.83	39	552	2.021	6.00
2	53.98	2.11	34	484	3.064	6.00
2 1/2	66.68	2.41	31	447	4.337	6.00
3	79.38	2.77	30	431	5.941	6.00
4	104.78	3.40	28	400	9.651	6.00
5	130.18	4.06	27	384	14.337	6.00

En Rollos, tipo Pancake (Temple Blando)

Diámetro Nominal pulg	Diámetro Ext. Real mm	Espesor pared mm	Presión Máxima Permitida		Peso kg/m	Largo Máximo m
			kg/cm ²	lb/pulg ²		
1/4	9.53	0.89	85	1212	0.215	18.00
3/8	12.70	1.24	89	1272	0.398	18.00
1/2	15.88	1.24	70	1000	0.508	18.00
3/4	22.23	1.65	67	948	0.951	18.00
1	28.58	1.65	51	727	1.244	18.00

MATERIAL DE LAS CAÑERÍAS

Para la ejecución de la cañería se aceptará emplear:

Cañerías de **COBRE** soldadas con costura (1) o sin costura (2); tipo K o L.

NOTA:

- (1) Fabricados según Norma Chilena NCh 1644 OF79
- (2) Fabricados según Norma Chilena NCh 951, EOF72

DIMENSIONAMIENTO

A los proyectos que consulten instalaciones interiores de gas en baja presión se le acompañará una memoria de cálculo, donde se indicará el procedimiento empleado para dimensionar la cañería.

Para el dimensionamiento de la cañería, SEC aceptará indistintamente las dos siguientes situaciones:

- a) El empleo de la fórmula siguiente:

$$P = 2,68 \cdot 10^{-5} \cdot K \cdot \left[\frac{D^5 \cdot \Delta P}{d \cdot L} \right]^{1/2} \cdot PCS$$

donde:

- P = Potencia de cálculo, en kW
 K = Factor de fricción (Ver tabla)
 D = Diámetro interior de la cañería, en cm
 ΔP = Pérdida de presión en Pa
 d = Densidad relativa del gas
 PCS = Poder calorífico superior en MJ/m³
 L = Longitud de la cañería en m

VALOR DEL FACTOR DE FRICCIÓN K

Designación convencional	K
3/8" a 1"	1.800
1 1/4" a 1 1/2"	1.980
2" a 2 1/2"	2.160
3"	2.340
4"	2.420

- b) Que el proyectista utilice otro método para dimensionar la cañería, siempre que en la memoria del cálculo respectivo, se justifique que el sistema utilizado corresponde a procedimientos de general aceptación en Ingeniería.

VARIACION DE LA PRESION CON LA ALTURA

Para ambas alternativas, cuando los edificios tengan una altura superior a los 10 m se debe considerar la variación de la presión con la altura. Para estos efectos, se acepta aplicar la fórmula siguiente:

$$\Delta p_h = 11,932 (1 - d) h$$

donde,

Δp_h = Variación de la presión con la altura, en Pa

d = Densidad relativa del gas

h = Altura en m

Para el GL se podrá desestimar la pérdida de presión por altura, cuando ella se compense aumentando la presión de salida del regulador hasta un máximo de 3,24 kPa (330 mm. H₂O).

Si eventualmente existieran discrepancias entre los resultados obtenidos a través del uso de la fórmula o utilizando otro método aceptado, estas situaciones se resolverán verificando el dimensionamiento de la instalación interior de gas, mediante la aplicación de la fórmula racional y las correspondiente tablas de longitudes equivalentes de las piezas de cañería de COBRE y accesorios.

VARIACION DE LA PRESION CON LA ALTURA

ALTURA		PRESION EN Pa				
m	N° Pisos	Incremento			Disminución	
		REGION METROPOLITANA	VIII Y V REGIONES	GN	Propano	Butano
5	2	18	22	25	27	56
10	4	36	44	50	55	113
15	6	54	66	75	82	169
20	8	72	89	100	110	226
25	10	89	111	125	137	282
30	12	107	133	149	164	338
35	14	125	155	174	192	395
40	16	143	177	199	219	451
45	18	161	199	224	247	508
50	20	179	221	249	274	564
55	22	197	244	274	301	620
60	24	215	266	299	329	677
65	26	233	288	324	356	733
70	28	250	310	349	383	790
75	30	268	332	374	411	846
80	32	286	354	398	438	902
85	34	304	376	423	466	959

ALTURA		PRESION EN Pa				
m	N° Pisos	Incremento			Disminución	
		REGION METROPOLITANA	VIII Y V REGIONES	GN	Propano	Butano
90	36	322	399	448	493	1.015
95	38	340	421	473	520	1.072
100	40	358	443	498	548	1.128

PROPIEDADES FISICAS FUNDAMENTALES DE LOS GASES DEL CARBON

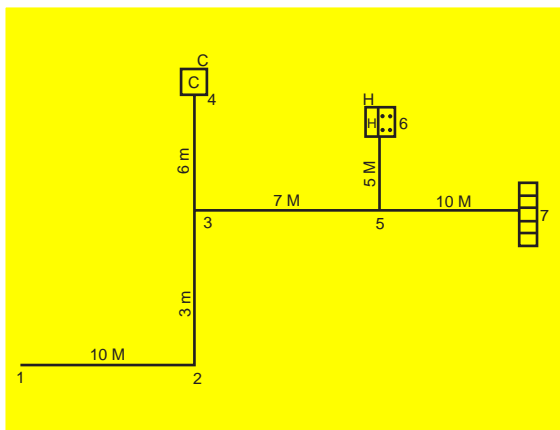
Gases	Densidad relativa a 288,15 °K (15°C)	Poder calorífico Mcal/m ³			
		Superior a:		Inferior a:	
		272,11°K (0°C)	288,15 °K (15°C)	273,11 °K (0°C)	288,15 °K (15°C)
Alto Horno	-	0,90	-	-	-
R. Metropolitana	0,707	5,00	4,74	4,76	4,52
VIII Región	0,635	4,22	4,00	4,02	3,72
V Región	0,680	4,22	4,00	4,02	3,81

EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION DE LAS TABLAS EN BAJA PRESION

(Calculados de acuerdo con NSEC 21.G. p82).

Se ejecuta una instalación de G.L (Gas Licuado) en cañerías de cobre tipo “L”, para una cocina con Pn (Potencia Nominal) de 8,0 Mcal/h, un calefactor de 3 Mcal/h (3,5 kW) y un calefón de 20 Mcal/h. Resulta una potencia total instalada de 31,0 Mcal/h.

El esquema de la instalación es el siguiente:



PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR EL DIAMETRO DE LAS CAÑERIAS.

Para este ejemplo se emplea la Tabla 1 que corresponde al GAS LICUADO EN BAJA PRESION COBRE TIPO “L”.

Los datos se deben registrar en una Tabla, como la que se presenta en el ejemplo dado.

Se empezará por el artefacto cuya cañería tenga una mayor potencia nominal (Pn) y/o mayor longitud. En este caso es el calefón.

Cálculo para el calefón

1. Como las pérdidas máximas admisibles son 150 Pa para el total de las caídas parciales de los distintos tramos, se procederá a calcular, como en una primera tentativa, los proporcionales de los tramos de acuerdo con la expresión de la página siguiente:

$$\Delta P \text{ Proporcional} = \frac{\Delta P \text{ Máximo}}{\text{Long.Total}} \cdot \text{Long.Tramo}$$

Luego:

$$\text{Tramo 1 - 2 : } \frac{150}{19} \cdot 10 = 79 \text{ Pa}$$

$$\text{Tramo 3 - 4 : } \frac{150}{19} \cdot 6 = 47 \text{ Pa}$$

$$\text{Tramo 2 - 3 : } \frac{150}{19} \cdot 3 = 24 \text{ Pa}$$

Estos valores se trasladan a la correspondiente columna de la Tabla que usted ha confeccionado al estilo de la siguiente:

TRAMOS	L m	ΔP Proporc.	P.real Mcal/h	P.tabla Mcal/h	\varnothing	ΔP	
						PARCIAL	TOTAL
1-2	10	79					
2-3	3	24					
3-4	6	47					

Enseguida se calculan los diámetros, en una primera aproximación, mediante el uso de la Tabla «GAS LICUADO EN BAJA PRESION COBRE TIPO L»

El cálculo del diámetro para el tramo 1-2 es:

- a) Ingresar a la tabla por la fila correspondiente a $L = 10$ m, hasta intersectar con la columna $P = 80$ Pa.

TABLA 1
GAS LICUADO EN BAJA PRESION
COBRE TIPO L

Long en m		p. PERDIDA DE PRESION EN Pa											
2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22		
3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33		
4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44		
5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55		
6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60			
7	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70			
8	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80			
9	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90			
10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100			
12	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120			
14	14	28	42	56	70	84	98	112	126	140			
16	16	32	48	64	80	96	112	128	144				
18	18	36	54	72	90	108	126	144	162				
20	20	40	60	80	100	120	140	160					
22	22	44	66	88	110	132	154						
24	24	48	72	96	120	144							
26	26	52	78	104	130	156							
28	28	56	84	112	140								
30	30	60	90	120	150								
35	35	70	105	140									
40	40	80	120	160									
45	45	90	135										

- b) Descender por la columna hasta encontrar una potencia igual o superior a 31,0 Mcal/h.
En este caso particular es 50 Mcal/h

TABLA 1
GAS LICUADO EN BAJA PRESION
COBRE TIPO L

Long en m		p. PERDIDA DE PRESION											
2	2	4	6	8	10	12	14	16	18				
3	3	6	9	12	15	18	21	24	27				
4	4	8	12	16	20	24	28	32	36				
5	5	10	15	20	25	30	35	40	45				
6	6	12	18	24	30	36	42	48	54				
7	7	14	21	28	35	42	49	56	63				
8	8	16	24	32	40	48	56	64	72				
9	9	18	27	36	45	54	63	72	81				
10	10	20	30	40	50	60	70	80	90				
12	12	24	36	48	60	72	84	96	108				
14	14	28	42	56	70	84	98	112	126				
16	16	32	48	64	80	96	112	128	144				
18	18	36	54	72	90	108	126	144	162				
20	20	40	60	80	100	120	140	160					
22	22	44	66	88	110	132	154						
24	24	48	72	96	120	144							
26	26	52	78	104	130	156							
28	28	56	84	112	140								
30	30	60	90	120	150								
35	35	70	105	140									
40	40	80	120	160									
45	45	90	135										

Ø nom		POTENCIA EN											
3/8	4	6	7	8	9	10	11	12	13				
1/2	7	10	12	14	16	18	19	20	21				
3/4	18	25	31	36	40	44	47	50	54				
1	35	49	60	69	78	85	92	98	104				
1.1/4	65	91	112	129	144	158	171	183	194				
1.1/2	100	141	173	199	223	244	264	282	299				
2	217	307	376	434	486	532	575	614	652				
2.1/2	373	528	647	747	835	915	988	1056	1120				
3	631	892	1093	1262	1411	1545	1669	1784	1893				
4	1322	1869	2289	2643	2955	3237	3496	3738	3965				

- c) Continuar hacia el extremo izquierdo de la fila, hasta la primera columna «nominal».

Allí se obtiene el diámetro de la cañería que cumple por exceso con la condición impuesta.

Para este caso: $\varnothing = 3/4"$.

El cálculo para los tramos 2-3 y 3-4 es análogo al descrito.

\varnothing nom	PC									
3/8	4	6	7	8	9	10	11	11		
1/2	7	10	12	14	16	18	19	20		
3/4	18	25	31	36	40	44	47	50		
1	35	49	60	69	78	85	92	98		
1.1/4	65	91	112	129	144	158	171	183		
1.1/2	100	141	173	199	223	244	264	282		
2	217	307	376	434	486	532	575	614		
2.1/2	373	528	647	747	835	915	988	1056		
3	631	892	1093	1262	1411	1545	1669	1784		
4	1322	1869	2289	2643	2955	3237	3496	3738		

Por lo tanto, los registros en la tabla son:

**DATOS DEL CALCULO DE LOS DIAMETROS DE LOS TRAMOS
(1ra. TENTATIVA)**

TRAMOS	L (metros)	ΔP Proporc.	P. Real Mcal/h	P.Tabla Mcal/h	\varnothing (pulgada)	ΔP	
						Parcial	Acumulada
1-2	10	79	31,5	50,0	3/4"	80	-
2-3	3	24	31,5	50,0	3/4"	24	104
3-4	6	47	20,0	20,0	1/2"	48	152

Ajuste de los valores encontrados

Del estudio de la tabla anterior se puede visualizar que las potencias de cálculo son mayores que las reales en los tramos 1-2 y 2-3, lo que produce un sobredimensionamiento de la cañería. Se hace necesario un nuevo cálculo, destinado a ajustar los valores encontrados, para ver si se pueden obtener diámetros menores.

El procedimiento de ajuste normalmente se lleva a cabo a partir del tramo más cercano al artefacto.

- Ajuste de los valores al tramo 2-3.

Es posible reducir el diámetro como se ve a continuación:

Para $\varnothing = 1/2"$; P tabla = 32 Mcal/h; L = 3 m, se obtiene $\Delta P = 60$ Pa

- Ajuste de los valores al tramo 1-2.

Se mantiene $\varnothing = 3/4"$; P tabla = 36 Mcal/h; L = 10 m, se obtiene $\Delta P = 40$ Pa.

Estos valores se traspasan a otra tabla de iguales columnas, dando un P total para el tramo 1 - 4 de 148 Pa, menor que el admisible de 150 Pa. Por lo tanto estaría correcto.

(1er. AJUSTE DE VALORES)

TRAMOS	L m	P. real Mcal/h	P. tabla Mcal/h	\varnothing	ΔP	
					PARCIAL	TOTAL
1-2	10	31,5	36,0	3/4"	40	
2-3	3	31,5	32,0	1/2"	100	3-4
5	20,0	20,0	1/2"	48	148	

En aquellos casos en que ΔP resultase inferior al cálculo realizado se podría ajustar aún más, diversificando los diámetros de un mismo tramo.

Cálculo para la cocina y calefactor

A la caída de presión del tramo 1-3 que es común para ambos (100 Pa), se calculan los tramos 3-5, 5-6 y 5-7 de forma similar a la indicada para el cálculo del calefón.

Estos valores podrían ser los que se entregan en la siguiente tabla:

TRAMOS	L m	P. real Mcal/h	P. tabla Mcal/h	Ø	Δ P	
					PARCIAL	TOTAL
1-3					100	
3-5	7	11,5	12	1/2"	21	121
5-6	5	8,5	9	3/8"	25	146
5-7	10	3,0	4	3/8"	10	131

RESUMEN

En la tabla adjunta se encuentran los diámetros de una de las tantas alternativas que satisfacen la condición de que la pérdida total de presión sea menor que 150 Pa.

TRAMOS	L m	P. real Mcal/h	P. tabla Mcal/h	Ø	Δ P		Punto
					PARCIAL	TOTAL	
1-2	10	31,5	36,0	3/4 «	40		2
2-3	3	31,5	32,0	1/2 «	60	100	3
3-4	6	20,0	20,0	1/2 «	48	148	4
3-5	7	11,5	12,0	1/2 «	21	121	5
5-6	5	8,5	9,0	3/8 «	25	146	6
5-7	10	3,0	4,0	3/8 «	10	131	7



**LAS INSTALACIONES REALIZADAS CON MATERIAL DE COBRE SON LAS QUE
MEJOR SATISFACEN LAS EXIGENCIAS DE LOS PROFESIONALES DEL AREA**

FAMILIA DE GASES

81

Los cuerpos gaseosos combustibles se pueden clasificar en tres grandes grupos o familia de gases:

- ☐ Los gases manufacturados.
- ☐ Los gases naturales.
- ☐ Los gases licuados del petróleo.

□ LOS GASES MANUFACTURADOS

Los *gases manufacturados* no son propiamente productos naturales, sino elaborados por el hombre. Pertenecen a la primera familia de gases y tienen como su principal exponente el «GAS DE CIUDAD».

■ CONSUMO

La forma usual de consumo de los *gases manufacturados* es mediante una red de distribución, formada por tuberías de diversos diámetros, que tienen su origen en la fábrica de gas.

En las grandes ciudades, el gas de ciudad se distribuye a través de canalizaciones, soterradas o aéreas.

■ OBTENCION

Los *gases manufacturados* se pueden lograr por métodos físico-químicos, los que pueden combinarse por :

- Destilación de un combustible sólido o líquido.
- Acción del vapor sobre un combustible sólido, líquido o gaseoso.

■ Destilación de un combustible, sólido o líquido

La destilación de un combustible, sólido o líquido, se logra por descomposición térmica a altas temperaturas de sustancias sólidas, como el carbón, mediante la aplicación indirecta del calor y sin la presencia de aire o vapor de agua.

Cuando la destilación corresponde a sustancias líquidas, como el petróleo, el proceso se denomina generalmente « Cracking » y en él se produce la ruptura o disgregación molecular del líquido.

■ Acción del vapor sobre un combustible sólido, líquido o gaseoso.

Los gases obtenidos por este procedimiento son producidos por la combinación química del hidrógeno y el oxígeno del vapor de agua, a altas temperaturas, con el carbono de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos. Ello da lugar a gases como el hidrógeno, metano, etano, etileno, etc.

□ LOS GASES NATURALES

Los *gases naturales* son una mezcla de hidrocarburos livianos, en estado gaseoso. Pertenecen a la segunda familia de gases.

Estos gases suelen encontrarse en las capas superiores de los yacimientos petrolíferos, en condiciones normales de temperatura y presión o en yacimientos que podemos considerar como gasíferos.

■ OBTENCION

El *gas natural* se obtiene directamente de la tierra, sin necesidad de ningún tipo de fabricación.

El *gas natural* puede surgir directamente de capas gasíferas o bien encontrarse con el combustible líquido en capas petrolíferas.

Las capas gasíferas son aquellas en las cuales los hidrocarburos livianos que constituyen el *gas natural* se encuentran desvinculadas de yacimientos petrolíferos.

Una forma de obtener *gas natural*, en aquellos países donde éste no se produce, es transportándolo a través de gasoductos desde el país productor al país consumidor.

Si el *gas natural* llega a un país en forma de gas natural licuado (GNL), entonces se vuel-

ve a gasificar en una planta de **gas natural**, para enviarlo por redes de distribución, las cuales forman mallas o anillos cerrados y ramificados, alimentando los puntos de consumo, domésticos e industriales.

■ COMPOSICION

La composición del **gas natural** es variable, dependiendo del lugar donde se encuentre el yacimiento. No obstante, el Metano suele ser el principal componente del **gas natural**. Están presentes, también, el Etano, Propano, Butano, Pentano y otros gases existentes en menor proporción.

■ ALMACENAMIENTO

Las plantas que almacenan el **gas natural** licuado son grandes tanques, construidos especialmente para mantener gas en baja y media presión.

■ Tanques de baja presión

Los tanques de baja presión tienen gran capacidad, sobrepasando generalmente los 240 m³. Almacenan el gas a una presión prácticamente nula, pues reducen la presión atmosférica ($0 \text{ kgf/cm}^2 = 1 \text{ kgf/cm}^2$ absolutos).

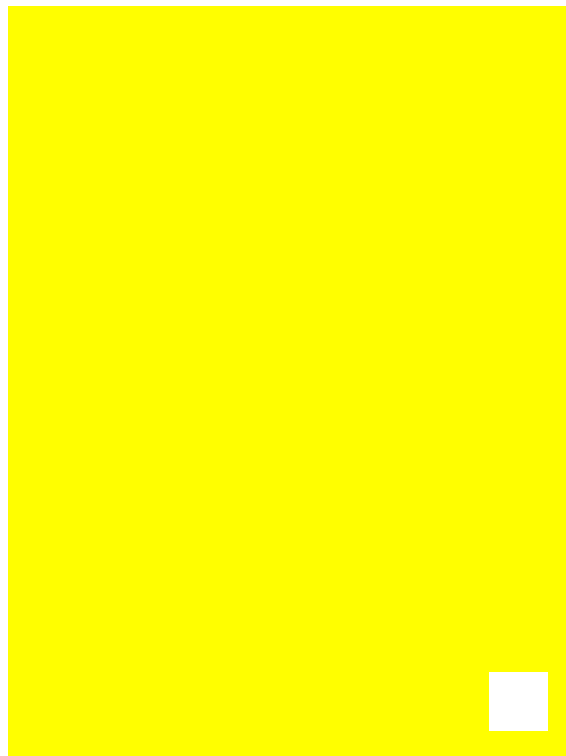
Los depósitos de baja presión mantienen el **gas natural** licuado a -160°C. Mantienen la misma presión los vehículos que suministran el gas (buque, ferrocarril etc.), generándose el trasvasije a base de equipos de bombas.

■ Tanques de media presión

Los depósitos de media presión están contruidos por dos depósitos concéntricos: el interior de acero inoxidable, el que está en contacto directo con el **gas natural** licuado y el exterior, de acero al carbono, separados ambos por perlita.

El gas se almacena a una presión aproximada a los 5 (kgf/cm²).

En estos depósitos, el trasvasije se efectúa por diferencia de presión. Así, la presión de este gas, al ser superior a la presión atmosférica, permite el trasvasije desde el vehículo de transporte al depósito.



❑ LOS GASES LICUADOS DEL PETROLEO

Los *gases licuados del petróleo* están conformados fundamentalmente por el butano y el propano.

Pertenecen a la tercera familia de gases.

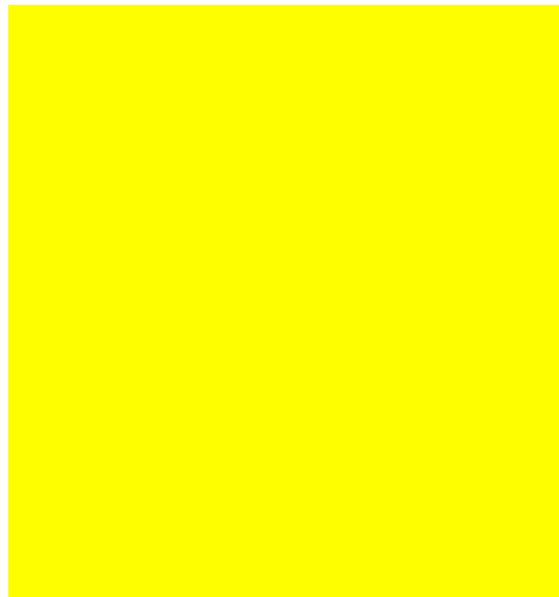
Los *gases licuados del petróleo* son productos derivados de la destilación del petróleo, conservándose en forma líquida en depósitos especialmente contruidos para ello. Se los identifica por la sigla GLP.

OBTENCION

Algunos hidrocarburos pueden obtenerse de yacimientos de gas natural o de las destilerías del petróleo. Bajo determinadas condiciones de presión y temperatura, estos gases pueden ser licuados y en tales condiciones envasados. Por tal razón reciben la denominación de *gases licuados*.

El petróleo se somete a una operación, denominada destilación, mediante la cual se separan en forma ordenada, por densidades y puntos de ebullición, los diversos componentes: gasolinas ligeras, kerosenes, serbutano, propano, gas-oil, fuel-oil y aceites pesados.

Debido a que el butano y el propano son hidrocarburos, éstos están conformados por Hidrógeno y Carbono. Son compuestos que responden a la fórmula general de hidrocarburos $C_n H_{(2n+2)}$.



Generalidades y composición de los gases licuados del petróleo

89

Mezcla Típica de Butano Comercial

COMPONENTES		PORCENTAJES EN VOLUMEN
Etano	(C ₂ H ₆)	0,46
Propano	(C ₃ H ₈)	9,14
Isobutano	(iC ₄ H ₁₀)	30,80
Butano Normal	(nC ₄ H ₁₀)	59,60

Densidad

COMPONENTES	DENSIDAD RELATIVA
Etano	1,049
Propano	1,562
Isobutano	2,064
Normal butano	2,091

Densidad Relativa Media	2,0295402
Peso Específico	2,0295402 • 1,293 (kgf/Nm ³) = 2,624 (kgf/Nm ³)

Poder Calorífico

COMPONENTES		PODER CALORIFICO
		(kcal/Nm ³)
Etano		16860
Propano		24350
Isobutano		31580
Normal butano		32060
Poder Calorífico Mezcla		31138,000 (kcal/Nm ³)

Mezcla Típica de Propano Comercial

COMPONENTES		PORCENTAJES EN VOLUMEN
Etano	(C ₂ H ₆)	0,63
PropanoI	(C ₃ H ₈)	87,48
sobutano	(iC ₄ H ₁₀)	6,30
Butano Normal	(nC ₄ H ₁₀)	5,59

Densidad

COMPONENTES	DENSIDAD RELATIVA
Etano	1,0490
Propano	1,5621
Isobutano	2,0640
Normal butano	2,0910

Densidad Relativa Media	1,61996
Peso Específico	$1,61996 * 1,293 \text{ (kgf/Nm}^3\text{)}$ $= 2,09 \text{ (kgf/Nm}^3\text{)}$

Poder Calorífico

COMPONENTES	PODER CALORIFICO
	(kcal/Nm ³)
Etano	16860
Propano	24350
Isobutano	31580
Normal butano	32060

Poder Calorífico Mezcla	25189,000 (kcal/Nm ³)
-------------------------	-----------------------------------

Todos estos datos han sido considerados bajo condiciones normales. Esto es, cuando la presión que actúa sobre el gas es sólo la atmosférica; es decir, sólo la que equivale al peso de la atmósfera o aire que lo rodea, sin ninguna clase de presión adicional.

Lo anterior se puede resumir con la siguiente expresión:

Presión relativa = 0 kgf/cm² a temperatura de 0° C

Lo normal es que el gas, encerrado en una tubería o envase, esté a una presión y a una temperatura distinta de cero, llamadas condiciones reales.

Cuando el gas está en condiciones reales, se hace necesario hacer la corrección de la densidad y el peso específico.

Al comprimir el gas y pasar de presión cero o normal a una presión superior o real, la masa, siendo la misma, ocupa menor volumen, aumentando su densidad absoluta (kg/m³).

Respecto a la temperatura, los cuerpos se dilatan al aumentar ésta, especialmente los gases, disminuyendo su densidad absoluta.

La masa específica (masa por unidad de volumen = densidad absoluta) de un gas que pasa de una presión absoluta $H_0 = 1 \text{ kgf/cm}^2$ a otra de valor absoluto H_i ; de temperatura 0°C a otra T_i , variará de valor M_0 inicial, en esas condiciones normales, a otra M_i , en las condiciones reales de presión H_i y temperatura T_i según la siguiente expresión:

$$M_i = M_o \left(\frac{H_i}{H_o} \right) \left(\frac{273}{273 + T_i} \right)$$

y como la presión atmosférica $H_o = 1$, resulta:

$$M_i = M_o H_i \left(\frac{273}{273 + T_i} \right)$$

CARACTERISTICAS FISICO - QUIMICAS

Los gases se condensan bajo determinadas **condiciones de presión y temperatura**, pasando del estado gaseoso al estado líquido. Pero, todos los gases no se licúan a las mismas presiones y temperaturas.

Punto de Rocío

El *punto de rocío* es la temperatura en la cual, para una determinada presión, se produce la condensación de ese gas en particular.

La ley de DALTON dice :

En una mezcla de dos gases, cada uno de ellos tiene una presión proporcional a la dosificación o tanto por ciento en que está en aquella.

Así, si mezclamos propano y aire en la proporción 40/60, es decir, un 40% de propano con un 60% de aire, el propano tendrá el 40% de la presión que tenga la mezcla.

Dicho de otra forma, mientras mayor sea la proporción del propano en la mezcla con el aire, más fácilmente se producirá la condensación de aquellos a una determinada presión.

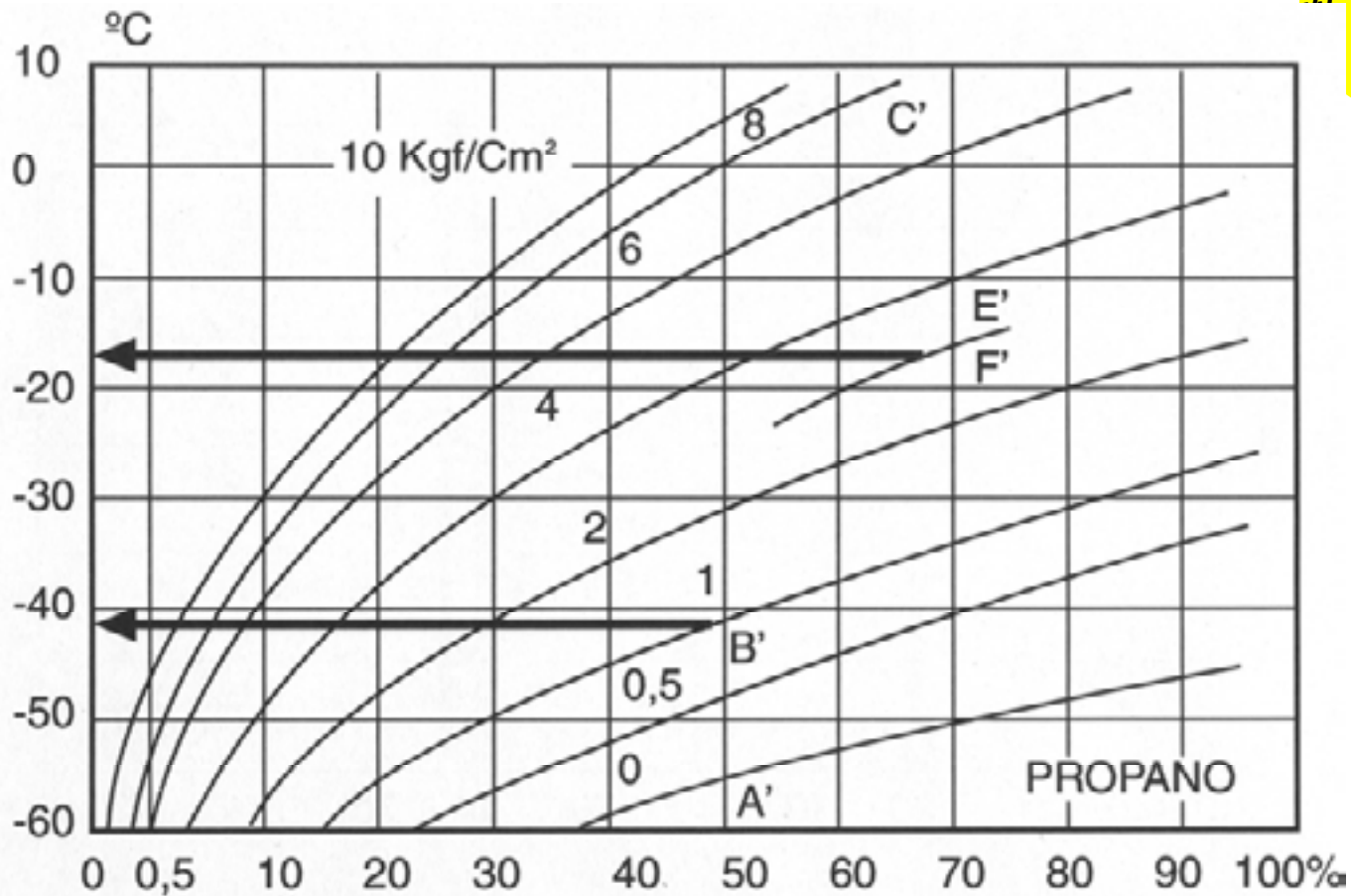
Se debe evitar el fenómeno de la condensación en las instalaciones

En el butano es más fácil de producir la condensación que en el propano.

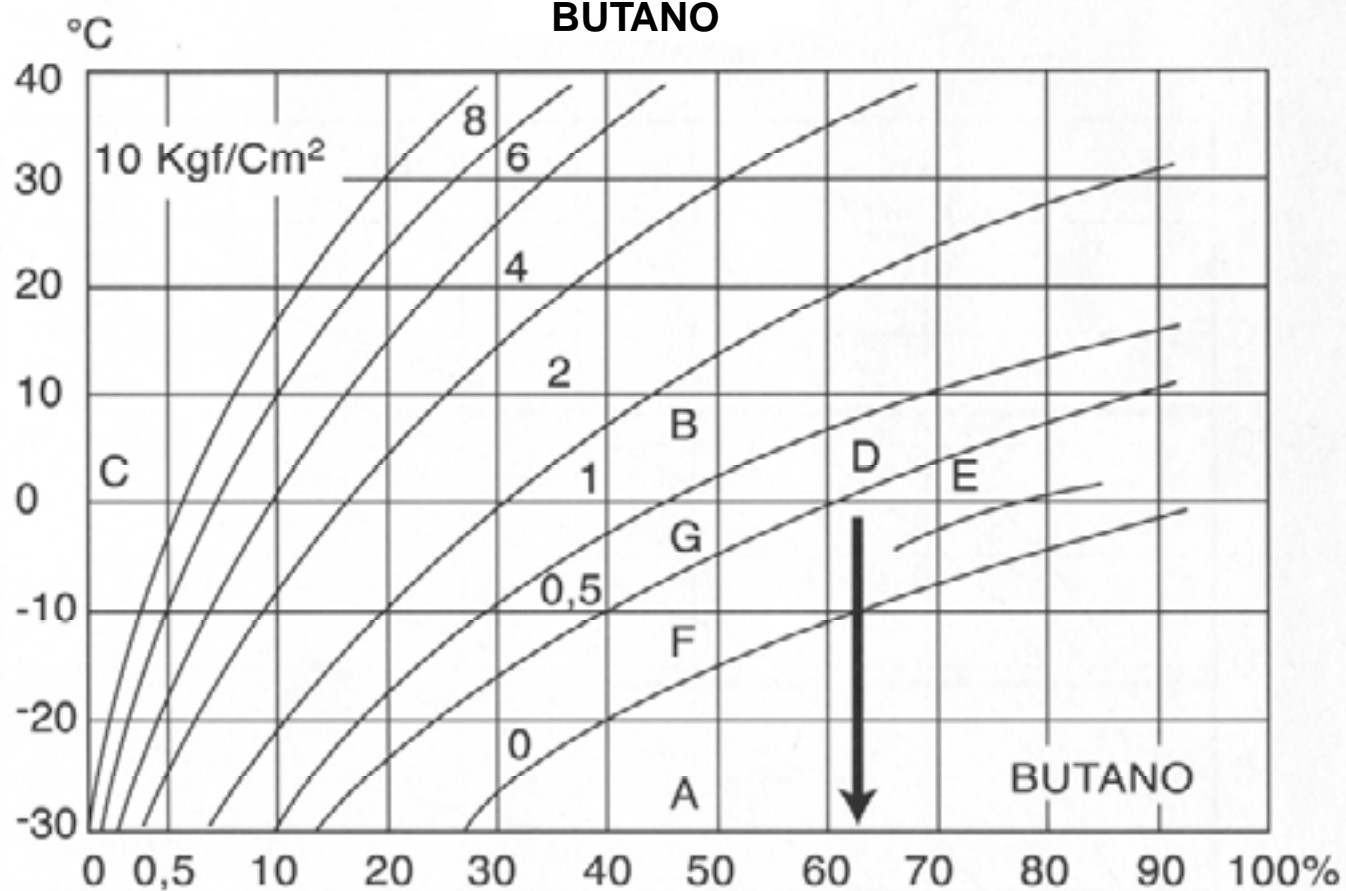
CURVAS PUNTO DE ROCIO

PROPANO

95



BUTANO



Las curvas de los gráficos representan las diversas presiones relativas o manométricas a que se encuentran las mezclas de propano - aire y butano - aire.

En el eje de las ordenadas, se ubican las temperaturas desde -30°C hasta $+40^{\circ}\text{C}$.

En el eje de las abscisas se ubican los porcentajes de propano o de butano, en una mezcla imaginaria con aire.

El cero por ciento expresa ausencia absoluta de butano y la presencia total de aire. El cien por ciento expresa presencia total de butano y ausencia absoluta de aire.

Por ejemplo, en el gráfico inferior se ilustran las curvas de las mezclas de butano y aire, las que determinan a qué temperaturas normales o relativamente altas se pueden producir

las condensaciones de este gas licuado del petróleo (GLP).

PROCEDIMIENTO DE LECTURA EN EL GRAFICO

Para averiguar el *punto de rocío* o temperatura a la cual se produce la condensación o *licuefacción* de la fracción de butano existente en una determinada mezcla, se procede como sigue:

- Ubicar en el eje de las abscisas el porcentaje conocido de la mezcla con butano.
- Subir por la vertical que corresponde a ese porcentaje hasta la intersección con la curva que indica presión.
- Proyectar el punto perpendicularmente al eje de las ordenadas.

- La ubicación del punto en el eje de las ordenadas indica la temperatura a la cual se condensa el butano de dicha mezcla.

APLICACION

Suponiendo, por ejemplo, una mezcla del 50% de butano y 50% de aire, que se comprime a una presión de 1 kgf/cm^2 relativos.

Aplicando el procedimiento descrito se tiene:

- Elevar la perpendicular en el punto A (50%) hasta la intersección con el punto B de la curva, conforme a la presión de 1 kgf/cm^2 .
- Enseguida se traza la horizontal hacia la intersección con el eje de ordenadas (punto C).

- El punto C corresponde al 0°C , aproximadamente.

Esto significa que en un depósito o tubería donde se almacene una mezcla formada por la mitad de butano y la otra mitad por aire, si se comprime a 1 kgf/cm^2 relativos, se producirá la condensación para temperaturas iguales o inferiores a 0°C .



INDICE DE WOBBE

El quemador es un dispositivo donde se lleva a cabo la reacción de combustión de un gas combustible.

El objetivo del quemador es graduar convenientemente el caudal de gas y de aire, necesarios para que la combustión sea correcta.

La necesidad de utilizar un gas diferente del que se ha empleado en el quemador implica, muchas veces, realizar ajustes en algunos elementos del quemador.

Para determinar si es posible intercambiar un gas por otro, se utilizan índices empíricos, denominados **INDICE DE WOBBE** y **POTENCIAL DE COMBUSTION**.

El Índice de Wobbe y el potencial de combustión se aplican a gases de la primera y la segunda familia, como también a las mezclas de aire butanado y aire propanado.

El Índice de Wobbe se representa por la letra **W** y se define a partir de la siguiente expresión:

$$W = \frac{PCS}{\sqrt{\partial r}}$$

donde :

PCS : Poder calorífico superior del gas

∂r : Densidad relativa respecto al aire

Para que dos gases sean libremente intercambiables deben tener el mismo valor del Índice de Wobbe, lo cual indica que darán la misma potencia calorífica en el quemador.

La siguiente tabla entrega los valores del Índice de Wobbe para los gases combustibles más habituales.

INDICE COMBUSTIBLE	INDICE DE WOBBE (kcal / Nm³)
Gas manufacturado	6000 - 8000
Gas natural	13400
Butano comercial	21900
Propano comercial	19800

La tabla que se presenta a continuación, entrega el valor del poder calorífico de algunos hidrocarburos combustibles.

HIDROCARBUROS		PODER CALORIFICO SUPERIOR (KJ / Nm ³)	PODER CALORIFICO INFERIOR (KJ / Nm ³)
Metano	C H ₄	39776,5	35736
Etano	C ₂ H ₆	70383,5	64333
Propano	C ₃ H ₈	101744	93663
Butano	C ₄ H ₁₀	132351	122260
Pentano	C ₅ H ₁₂	158185	146084,5
Etileno	C ₂ H ₄	63391	59859,5
Acetileno	C ₂ H ₂	58869	56859,5
Benceno	C ₆ H ₆	147341	141269,5

La siguiente tabla entrega los valores de la densidad absoluta y relativa de algunos gases combustibles.

GASES COMBUSTIBLES	DENSIDAD ABSOLUTA (kg / Nm³)	DENSIDAD RELATIVA (kg/ Nm³)
Gas natural	0,802	0,62
Butano comercial	2,625	2,03
Propano comercial	2,095	1,62

OTROS GASES

GASES COMBUSTIBLES	DENSIDAD ABSOLUTA (kg / Nm³)	DENSIDAD RELATIVA (kg / Nm³)
Metano CH ₄	0,716	0,554
Etano C ₂ H ₆	1,356	1,049
Propano C ₃ H ₈	2,02	1,562
Butano C ₄ H ₁₀	2,704	2,091

El siguiente ejemplo emplea las tablas que se han expuesto para su resolución:



Calcular el índice de Wobbe del metano puro.

Según la tabla, la densidad relativa del metano es: $\partial r = 0,554$

y el poder calorífico es :

$$PCS = 39.776,5 \text{ (Kj / Nm}^3\text{)} = 9.500 \text{ (kcal / Nm}^3\text{)}$$

Por lo tanto, el valor del índice de Wobbe resulta:

$$W = \frac{PCS}{\sqrt{\partial r}} \Rightarrow W = \frac{9.500}{\sqrt{0,554}}$$

luego :

$W = 12.763,5$

❑ LIMITES DE INFLAMABILIDAD

• TEMPERATURA DE COMBUSTION

Un gas logra la temperatura de combustión cuando arde en condiciones ideales.

A temperatura de combustión se logra el mayor rendimiento del poder calorífico del gas.

■ TEMPERATURA DE INFLAMACION

El valor absoluto de la temperatura de inflamación de un gas, es siempre menor que el valor absoluto de la temperatura de combustión.

Ejemplo :

Para el Metano, la temperatura de inflamación es 580° C y la de combustión es 1940° C.

Para el Propano, la temperatura de inflamación es 480° C y la de combustión es 1950° C.

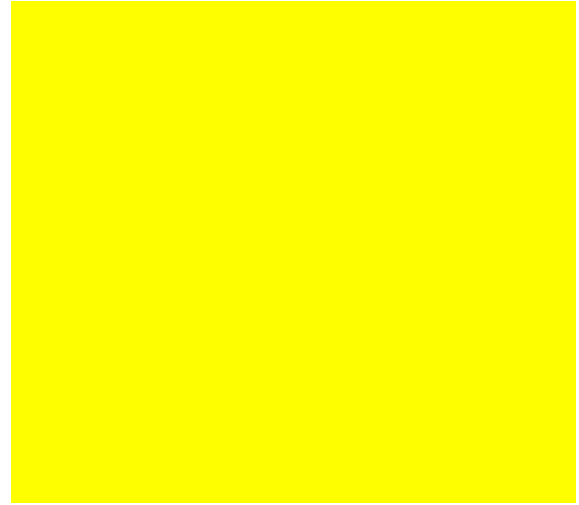
Un gas inflamable es aquel capaz de arder cuando se le aplica una temperatura igual o superior a la temperatura de inflamación.

Para arder, el gas inflamable precisa estar mezclado con el oxígeno contenido en el aire, y en una determinada proporción para lograr el poder calorífico ideal.

La cantidad de aire que se requiere para que se produzca esa combustión es variable.

La mezcla de los gases es inflamable en la medida que la variabilidad oscile dentro de los límites en los cuales se produce la combustión.

Esos límites que delimitan el campo del gas, expresados en tanto por ciento de la mezcla gas/aire, son los llamados **límites de inflamabilidad**.



En la siguiente tabla se aprecian los límites superiores e inferiores de inflamabilidad diversos tipos de gases.

DENOMINACION		LIMITES DE INFLAMABILIDAD en %	
GAS	Fórmula	Inferior	Superior
Hidrógeno	H ₂	4,00	75,00
Metano	CH ₄	5,00	15,00
Etano	C ₂ H ₆	3,22	12,45
Propano	C ₃ H ₈	2,37	9,50
Isobutano	C ₄ H ₁₀	1,80	8,44
n-Butano	C ₄ H ₁₀	1,86	8,41
n-Pentano	C ₅ H ₁₂	1,40	7,80
Monóxido de Carbono	CO	12,50	74,20

El empleo de la tabla se puede explicar en el ejemplo siguiente:

En 100 m^3 de una mezcla de propano y aire, se deducirá que es una mezcla inflamable, solamente si el propano (combustible) está presente en la mezcla en una cantidad que puede oscilar entre un mínimo de $2,37 \text{ m}^3$ y un máximo de $9,50 \text{ m}^3$.

El resto de la mezcla, hasta completar los 100 m^3 , pertenece al otro componente: el aire (comburente).

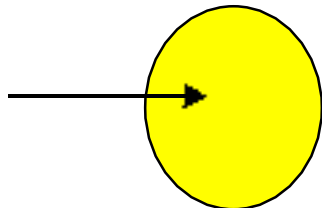
Si en esos 100 m^3 de mezcla hay menos de $2,37 \text{ m}^3$ o más de $9,50 \text{ m}^3$ de propano, dicha mezcla no es inflamable.

En efecto, no basta con aplicar una llama o que salte una partícula encendida a un combustible para que éste arda o explote. Es preciso que el combustible esté homogéneamente mezclado con el aire y, en una proporción tal que esté dentro del campo de inflamabilidad.

Por lo tanto, una chispa o llama, aplicada en el interior de un depósito de cualquier gas, no tiene por qué producir una explosión, en el supuesto de no existir aire en la proporción regida por los límites de inflamabilidad.

En la figura siguiente se explica gráficamente lo expuesto:

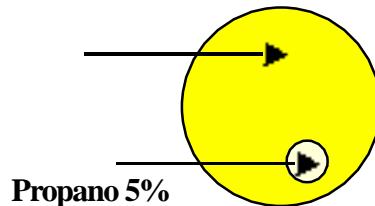
Aire 100%



Sin efecto

La esfera del dibujo representa una bolsa de masa de aire, con un contenido del 100% de éste fluido. Una llama aplicada a esta bolsa no produce ningún efecto, como no sea incremento de su temperatura.

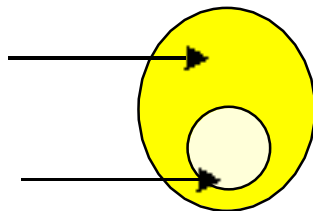
Aire 95%



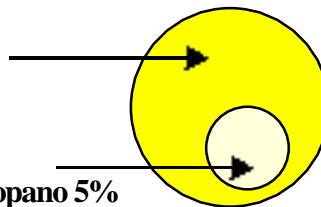
Propano 5%

Sin efecto

Se extrae de esta bolsa el 5% de aire y se sustituye por gas propano, formando una bolsa más pequeña, perfectamente aislada y separada. Aplicada la llama al conjunto tampoco produce una inflamación, ni explosión, ya que el combustible (propano) y el comburente (aire) no están mezclados.

Aire 95%**Propano 5%****Sin efecto**

Al aplicar llama directamente a la bolsa de propano, tampoco se produce la inflamación, puesto que se aplica sólo al combustible que no tiene mezcla de comburente.

Aire 95%**Propano 5%****Inflamación**

Al mezclar en la bolsa el aire con el propano, por ejemplo, en la proporción 5 (combustible) por 100 (mezcla aire-combustible), la mezcla estará comprendida entre los límites inferior (2,37 por 100) y superior (9,5 por 100), produciéndose inevitablemente la inflamación.



**LAS INSTALACIONES REALIZADAS CON MATERIAL DE COBRE SON LAS QUE
MEJOR SATISFACEN LAS EXIGENCIAS DE LOS PROFESIONALES DEL AREA**















APENDICE

CUADRO SIGNOS CONVENCIONALES

DENOMINACION	SIMBOLOS	DENOMINACION	SIMBOLOS
Anafe		Evaporador	
Baño María		Freidora	
Caldera		Horno	
Calefactor ambiental		Calefactor corriente	
Calefactor con ducto		Calefón sin ducto	
Cocina doméstica		Cocina industrial	
Criadora de pollos		Quemador industrial	
Lámpara		Lonchera	
Marmita		Mechero	
Soplete		Termo	
Ducto colectivo		Llave	
Equipo de cilindros		Medidor	
Estanque de superficie		Estanque subterráneo	

CUADRO SIGNOS CONVENCIONALES

113

DENOMINACION	SIMBOLOS	DENOMINACION	SIMBOLOS
Camión granelero		Cañería a la vista	
Regulador de presión simple etapa		Cañería por entretecho	
Regulador de presión primera etapa		Cañería por tubos	
Regulador de presión segunda etapa		Cañería embutida en losa	
Sifón con su diámetro nominal		Cañería embutida en muro	
Reducción en cañería		Cañería por tierra en baja presión	
Cañería con tapón		Cañería por tierra en media presión	

E L • C O B R E • E S • E T E R N O

TABLA DE CONVERSIONES

UNIDADES DE PRESION

1 Pulgada columna de agua equivale a:

0,002539	Kg/cm ²
0,03613	lb/pulg ²
0,574	Onza/pulg ²
0,0735	Pulg.col.Hg.
0,2490196	kPa
249,0196	Pascal
0,0024901	Bar
2,490196	Milibar

1 Onza por Pulgada² equivale a:

0,004396	Kg/cm ²
0,06250	lb/pulg ²
1,732	Pulg.col.H ₂ O
3,201094	mm.col.Hg
43,53488	mm.col.H ₂ O
0,4268	kPa
426,81254	Pascal
0,0042681	Bar
4,2681254	Milibar

1 Libra por pulgada² equivale a:

0,070306	Kg/cm ²
16,0	Onza/pulg ²
27,673	Pulg.col.agua
2,0416	Pulg.col.Hg
51,695588	mm.col.Hg.
703,06	mm.col.agua
6,892745	kPa.
6.892,745	Pascal
68,92745	Milibar

1 Kilogramo por cm² equivale a:

14,2235	lb/pulg ²
227,568	Onza/pulg ²
394,05	Pulg.col.agua
28,95886	Pulg.col.Hg.
735,29411	mm.col.Hg.
10.000,0	mm.col.agua
98,039	kPa
98.039,215	Pascal
0,9803921	Bar
980,392215	Milibar

UNIDADES DE PESO

1 Gramo	=	0,0353	Onzas
1 Kilogramo	=	2,2046	Libras
1 Libra	=	0,4536	Kilogramos
1 Libra	=	16,0	Onzas
1 Onza	=	28,35	Gramos

UNIDADES DE LONGITUD

1 Centímetro	=	0,3937	Pulgadas
1 Metro	=	3,280833	Pies
1 Metro	=	39,37	Pulgadas
1 Metro	=	1,09361	Yardas
1 Milla	=	1.609,3472	Metros
1 Pie	=	0,3048012	Metros
1 Pie	=	30,48012	Centímetros
1 Pie	=	12,0	Pulgadas
1 Pulgada	=	2,54	Centímetros
1 Pulgada	=	25,4	Milímetros
1 Pulgada	=	0,0254001	Metros

UNIDADES DE VOLUMEN

1 Centímetro Cúbico	=	0,06103	Pulg. cúbicas
1 Galón	=	231,0	Pulg. cúbicas
1 Galón	=	0,1337	Pies cúbicos
1 Galón agua	=	3,785	Litros Kilogramos.
1 Pie cúbico	=	0,028317	Metro cúbicos
1 Pie cúbico	=	7,4805	Galones
1 Galón agua	=	8,34	Libras
1 Galón por minuto	=	0,063	Litros x segundo
1 Litro	=	0,26417	Galones
1 Litro	=	0,0353	Pies cúbicos
1 Metro cúbico	=	1.000,0	Litros
1 Metro cúbico	=	35,31	Pie cúbico
1 Pulgada cúbica	=	16,378021	Centímetros cúbicos
1 Pulgada cúbica	=	0,00433	Galones
1 Yarda cúbica	=	0,764553	Metros cúbicos
1 Litro	=	1,000	Decímetro cúbico

UNIDADES DE ENERGIA

*** 1 Mega caloría equivale a:**

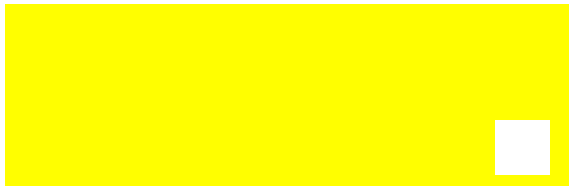
1.000.000,0	Calorías (chicas)
1.000,0	Kilo caloría
3.986,2539	BTU
1,163	KW
4,1868	Mega joule

*** 1 Kilo Watt equivale a:**

0,86	Mega caloría
860,0	Kilo caloría
3.412,6984	BTU
3,600648	Mega Joule

*** 1 Kilo caloría equivale a:**

0,001	Mega caloría
3,9682539	BTU
0,00116227	kW
4,1868	Kilo Joule



CARACTERISTICAS DEL PROPANO Y BUTANO

Características	Propano	Butano
- Densidad del Gas (aires = 1)	1,52	2,01
- Densidad del líquido a 15-C (agua=1)	0,51	0,58
- Límite de inflamabilidad, % de gas en mezcla gas-aire para límite inferior.	2,0 a 2,4	1,5 a 1,9
- Gas para límite superior explosivo	7,0 a 9,5	5,7 a 8,5
- Litros de gas por litro de líquido	272,7	244,8
- Peso de un litro en kg	0,508	0,567
- Litros de Gas por kg de líquido	536,6	431,5
- m³ de aire para quemar 1 m³ de gas	24	30
- Poder calorífico: Kcal/ l líquido	6.100	6.800
- Poder calorífico: Kcal/ kg líquido	12.000	11.900
- Poder calorífico: Kcal/ m³ vaporizado	22.400	27.800

En el Butano y Propano, al igual que en todos los líquidos, aumenta la tensión de vapor al aumentar la temperatura. En estos casos, los gases licuados del petróleo, la TENSION DE VAPOR varía de la forma siguiente:

Tensión de Vapor:

Para el Butano Comercial

50 ° C	5,2	kg/cm ²
40 ° C	4,3	kg/cm ²
30 ° C	3,2	kg/cm ²
15 ° C	2,0	kg/cm ²
0 ° C	1,2	kg/cm ²
-10 ° C	0,875	kg/cm ²

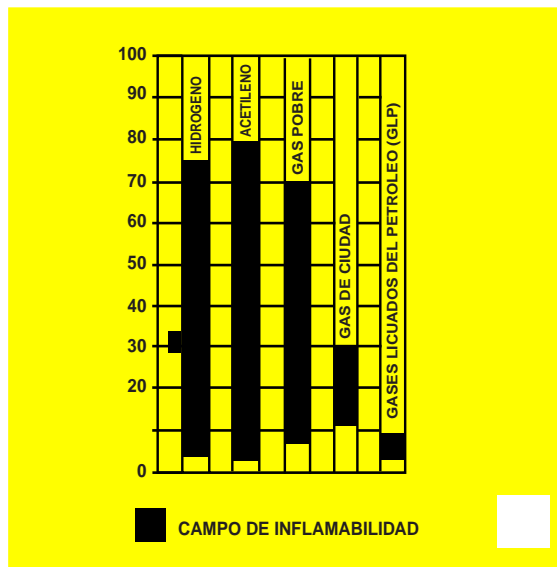
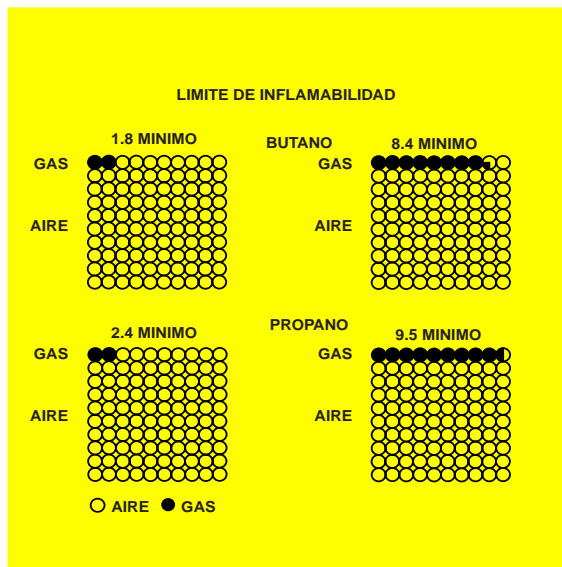
Para Propano Comercial

50 ° C	18	kg/cm ²
40 ° C	13,125	kg/cm ²
30 ° C	11,250	kg/cm ²
15 ° C	5,500	kg/cm ²
0 ° C	5,000	kg/cm ²
-10 ° C	3,800	kg/cm ²
-20 ° C	2,750	kg/cm ²
-30 ° C	1,880	kg/cm ²
-40 ° C	1,250	kg/cm ²

LIMITES DE INFLAMABILIDAD DE UN GAS LICUADO DE PETROLEO

Si el “Límite mínimo o inferior de inflamabilidad” de un gas licuado de petróleo de 1.8%, quiere decir que de las 100 partes que constituye una mezcla, cuando menos 1.8 partes deben ser de gas licuado de petróleo; las restantes 98.2 deben ser de aire.

El mismo argumento se aplica al “límite máximo o superior de inflamabilidad” de un gas licuado petróleo.

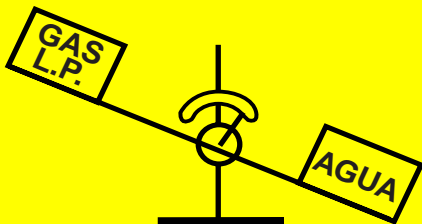


PESO ESPECIFICO DE UN GAS LICUADO DE PETROLEO A TEMPERATURA ESTANDAR

Tratándose de líquido, el peso específico de un gas licuado de petróleo a temperatura estándar, es la relación que hay entre el peso de un litro de agua y el peso de un litro de líquido del gas licuado de petróleo de que se trate, a la temperatura que para estos trabajos se ha escogido como estándar, o sea la de 15,5 °C.

Líquidos

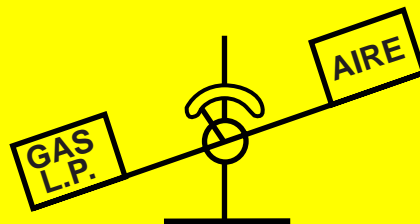
Agua	1.000
Butano	0.584
Propano	0.508
Mezcla 61% B 39% P	0.554



Tratándose de vapor, el peso específico de un gas licuado de petróleo a temperatura estándar, es la relación que hay entre el peso de un litro de aire y el peso de un litro de vapor del gas licuado de petróleo de que se trate, a presión atmosférica.

Vapores

Aire	1.000
Butano	2.006
Propano	1.552
Mezcla 61% B 39% P	1.818



COMPARACION DE GASES COMBUSTIBLES DE USO DOMESTICO (Valores promedio)

Tipo de Gas Química	Fórmula Calorífico Superior	Poder (Aire=1)	Densidad Suministro (en medidor o regulador)	Presión de	Ventajas	Desventajas
Gas Refinado Región Metropolitana	H ²	5.000 kcal/m ³ N	0,7	5 c.a. ± 0,5" c.a.	<ul style="list-style-type: none"> - Comodidad de uso - Más liviano que el aire - No se necesita almacenamiento domiciliario - Seguridad de suministro - Se paga después de consumido. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es tóxico - Comparativamente bajo poder calorífico - Alto costo de instalación de rede de distribución.
Gas Licuado PROPANO BUTANO	C ₃ H ₈ C ₄ H ₁₀	12.000 kcal/Kg 11.800 Kcal/Kg	1,53 2,00	11" c.a. 11" c.a.	<ul style="list-style-type: none"> - No es tóxico - Alto poder calorífico - Económico en sectores donde no hay redes de gas - Comparativamente bajo costo de instalación de redes de distribución. 	<ul style="list-style-type: none"> - Más pesado que el aire - Se requiere almacenamiento domiciliario.
Gas Natural XIIa. Región	CH ₄	9.500 Kcal/m ³ N	0,6	7" c.a.	<ul style="list-style-type: none"> - Comodidad de uso - Más liviano que el aire - No es tóxico - Alto poder calorífico - No se requiere almacenamiento domiciliario - Comparativamente bajo costo de instalación de redes de distribución - Se paga después de consumido. 	<ul style="list-style-type: none"> - No tiene.

TABLA DE CAPACIDAD DE ORIFICIOS INYECTORES GLP-GN Y GM

Drill mm	Número MTD	Kcal/h GLP	KW/h	Kcal/h GN	KW/h	Kcal/h GM	KW/h
0.32	81	316.54	0.36806977	167.05	0.19424419	60.36	0.07018605
0.35	80	378.67	0.44031395	199.84	0.23237209	72.21	0.08396512
0.38	79	446.37	0.51903488	235.56	0.27390698	85.11	0.09896512
0.40	78	494.60	0.57511628	261.01	0.30350000	94.31	0.10966279
0.45	77	625.97	0.72787209	330.34	0.38411628	119.36	0.13879070
0.50	76	772.81	0.89861628	407.83	0.47422093	147.36	0.17134884
0.52	75	835.87	0.97194186	441.11	0.51291860	159.38	0.18532558
0.58	74	1039.89	1.20917442	548.78	0.63811628	198.29	0.23056977
0.60	73	1112.84	1.29400000	587.28	0.68288372	212.20	0.24674419
0.65	72	1306.04	1.51865116	689.23	0.80143023	249.04	0.28958140
0.68	71	1429.38	1.66206977	754.32	0.87711628	272.56	0.31693023
0.70	70	1514.7	1.76127907	799.35	0.92947674	288.82	0.33583721
0.75	69	1738.81	2.02187209	917.62	1.06700000	331.56	0.38553488
0.80	68	1978.38	2.30044186	1044.04	1.21400000	377.24	0.43865116
0.82	67	2078.54	2.41690698	1096.90	1.27546512	396.34	0.46086047
0.85	66	2233.41	2.59698837	1178.63	1.37050000	425.87	0.49519767
0.90	65	2503.89	2.91150000	1321.37	1.53647674	477.44	0.55516279
0.92	64	2616.41	3.04233721	1380.75	1.60552326	498.90	0.58011628
0.95	63	2789.83	3.24398837	1472.27	1.74194186	531.97	0.61856977
0.98	62	2968.81	3.45210465	1566.72	1.82176744	566.10	0.65825581
1.00	61	3091.22	3.59444186	1631.32	1.89688372	589.44	0.68539535
1.02	60	3216.11	3.73966279	1697.23	1.97352326	613.25	0.71308140
1.05	59	3408.07	3.96287209	1798.53	2.09131395	649.86	0.75565116
1.07	58	3539.14	4.11527907	1867.70	2.17174419	674.85	0.78470930
1.10	57	3740.38	4.34927907	1973.90	2.29523256	713.22	0.82932558
1.20	56	4451.36	5.17600000	2349.10	2.73151163	848.79	0.98696512
1.30	55	5224.16	6.07460465	2756.93	3.20573256	996.15	1.15831395
1.40	54	6058.79	7.04510465	3197.39	3.71789535	1155.3	1.34337209
1.50	53	6955.25	8.08750000	3670.47	4.26798837	1326.96	1.54297674
1.60	52	7913.53	9.20177907	4176.18	4.85602326	1508.96	1.75460465
1.70	51	8933.63	10.3879419	4714.52	5.48200000	1703.48	1.98079070
1.80	50	10015.56	11.6460000	5285.48	6.14590698	1909.78	2.22067442
1.85	49	10579.70	12.3019767	5583.19	6.49208140	2017.35	2.34575581
1.95	48	11754.37	13.6678721	6203.09	7.21289535	2241.34	2.60620930
2.00	47	12364.88	14.3777674	6525.28	7.58753488	2357.75	2.74156977
2.05	46	12990.86	15.1056512	6855.62	7.97165116	2477.11	2.88036047
2.10	45	13632.29	15.8515000	7194.12	8.36525581	2599.42	3.02258140

TABLA DE CAPACIDAD DE ORIFICIOS INYECTORES GLP-GN Y GM (Cont.)

Drill mm	Número MTD	Kcal/h GLP	KW/h	Kcal/h GN	KW/h	Kcal/h GM	KW/h
2.20	44	14961.51	17.3971047	7895.59	9.18091860	2852.88	3.31730233
2.25	43	15649.31	18.1968721	8258.56	9.60297674	2984.03	3.46980233
2.35	42	17071.27	19.8503140	9008.97	10.47554650	3255.17	3.78508140
2.45	41	18555.06	21.5756512	9792.00	11.38604650	3538.10	4.11406977
2.50	40	19320.13	22.4652674	10195.75	11.85552330	3683.99	4.28370930
2.55	39	20100.67	23.3728721	10607.66	12.33448840	3832.82	4.45676744
2.60	38	20896.66	24.2984419	11027.72	12.82293020	3984.60	4.63325581
2.65	37	21708.10	25.2419767	11455.95	13.32087210	4139.33	4.81317442
2.70	36	22535.00	26.2034884	11892.32	13.82827910	4297.00	4.99651163
2.75	35	23377.36	27.1829767	12336.86	14.34518600	4457.63	5.18329070
2.80	34	24235.17	28.1804302	12789.55	14.87156980	4621.19	5.37347674
2.85	33	25108.44	29.1958605	13250.40	15.40744190	4787.71	5.56710465
2.95	32	26901.35	31.2806395	14196.56	16.50762790	5129.58	5.96462791
3.00	31	27820.99	32.3499884	14681.88	17.07195350	5304.94	6.16853488
3.30	30	33663.40	39.1434884	17765.08	20.65706980	6418.98	7.46393023
3.50	29	37867.46	44.0319302	19983.67	23.23682560	7220.62	8.39606977
3.55	28	38957.12	45.2989767	20558.71	23.90547670	7428.39	8.63766279
3.60	27	40062.23	46.5839884	21141.91	24.58361630	7639.12	8.88269767
3.70	26	42318.82	49.2079302	22332.77	25.96833720	8069.41	9.38303488
3.80	25	44637.23	51.9037558	23556.26	27.39100000	8511.49	9.89708140
3.85	24	45819.63	53.2786395	24180.24	28.11655810	8736.95	10.15924420
3.90	23	47017.47	54.6714767	24812.38	28.85160470	8965.35	10.42482560
3.95	22	48230.78	56.0823023	25452.67	29.59612790	9196.71	10.69384880
4.00	21	49459.54	57.5110930	26101.12	30.35013950	9431.01	10.96629070
4.10	20	51963.43	60.4225930	27422.49	31.88661630	9908.45	11.52145350
4.20	19	54529.14	63.4059767	28776.49	33.46103490	10397.69	12.09033720
4.30	18	57156.68	66.4612558	30163.11	35.07338370	10898.71	12.67291860
4.40	17	59846.04	69.5884186	31582.36	36.72367440	11411.52	13.26920930
4.50	16	62597.23	72.7874767	33034.23	38.41189530	11936.12	13.87920930
4.55	15	63996.01	74.4139651	33772.41	39.27024420	12202.84	14.18934880
4.60	14	65410.24	76.0584186	34518.73	40.13805810	12472.51	14.50291860
4.70	13	68285.08	79.4012558	36035.86	41.90216280	13020.69	15.14033720
4.80	12	71221.74	82.8159767	37585.62	43.70420930	13580.65	15.79145350
4.85	11	72713.25	84.5502907	38372.73	44.61945350	13865.06	16.12216280
4.90	10	74220.22	86.3025814	39168.00	45.54418600	14152.41	16.45629070
5.00	9	77280.53	89.8610814	40783.00	47.42209300	14735.95	17.13482560

PRESIONES DE LOS VAPORES DE GASES LICUADO DE PETROLEO

123

TEMPERATURA		PRESION APROXIMADA (PSIG)	
(° F)	(° C)	PROPANO	BUTANO
-40	-40	3.6	-
-30	-34	8.0	-
-20	-29	13.5	-
-10	-23	20.0	-
0	-18	28.0	-
10	-12	37.0	-
20	-7	47.0	-
30	-1	58.0	-
40	4.4	72.0	3.0
50	10.0	86.0	6.9
60	15.6	102.0	11.5
70	21.0	120.0	16.5
80	26.7	140.0	22.0
90	32.0	165.0	29.0
100	37.8	190.0	37.0
110	43.0	220.0	46.0

Los valores en la columna de grados centígrados (° C) son aproximados.

E L • C O B R E • E S • E T E R N O